



ÖZEL SAYI/SPECIAL ISSUE 36
MAYIS/MAY 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 AHMED
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 TR Index, Scilit, Index Copernicus, CiteFactor, International Innovative Journal Impact Factor, Eurasian Scientific Journal Index, SJIFactor, DRJI, Scientific Indexing Services and Google Scholar.



İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS

- ZrN İnce Film Kaplamasının 1.2379 Soğuk İş Takım Çeliğindeki Aşınma Özelliğine Etkisinin İncelenmesi
Yaşar SERT, Hüccet KAHRAMANZADE, Tevfik KÜÇÜKÖMEROĞLU
Sayfa: 1 - 5
- Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi ile Koronavirüs Hastalığının Sınıflandırılması
Elif AKARSU
Sayfa: 6 - 9
- Bazı mikro yapıların geometrik modelleri
Ali ÖZDEMİR
Sayfa: 10 - 14
- Bir Çimento Firmasında İstatistiksel Zaman Serileri Yöntemleri ve Derin Öğrenme ile Talep Tahminleme
Fatma DEMİRCAN KESKİN, Haluk SOYUER
Sayfa: 15 - 20
- Yakıt Karışımlarında Adyabatik Alev Sıcaklığının Hesaplanması
Mehmet Özgün KORUKÇU
Sayfa: 21 - 25
- Borik Asit-Gliserin' in Reolojik Özelliklerinin Deneysel Olarak İncelenmesi
Gamze TOPAL CANBAZ, Neşe KEKLİKÇİOĞLU ÇAKMAK
Sayfa: 26 - 31
- El Hareketlerinden İşaret Dilini Algılayıp Yazıya Dönüştürme
Pınar KIRCI, Burçin Berk DURUSAN, Baha ÖZŞAHİN
Sayfa: 32 - 35
- Tedarik Zinciri Yönetimi Performansını Etkileyen Kritik Faktörlerin Değerlendirilmesi
İrem DUZDAR ARGUN, Deniz KAYA
Sayfa: 36 - 40
- Ankara/Türkiye'deki PV sistemlerinin arıza tespiti için termal görüntü analizi
Hale BAKIR
Sayfa: 41 - 44
- Saplama Kaynağının 6060, 6082, 6005 Alüminyum Alaşımlara Uygulanma Parametrelerinin Ve Metalografiye Etkisinin Araştırılması
Mehmet BABACAN, Faruk TOSUN, Mustafa CAN
Sayfa: 45 - 49
- Bilişim Teknolojileri Öğretmenlerinin Blok Tabanlı Kodlama Araçlarına İlişkin Öz Yeterlik İnançlarının Evrimsel Sinir Ağı ile Sınıflandırılması
Burak KOCA, Kemal ADEM
Sayfa: 50 - 54
- Bazı Dosya Türlerinin Pandas Verisini Kaydetmedeki Performansları
Hakan TEMİZ
Sayfa: 55 - 60
- Peynir Teknolojisinde Kullanılan Hayvansal Kaynaklı Enzimler ile İlgili Güncel Araştırmalar
Hasan Alptuğ AKGÜN, Tugba KÖK TAŞ
Sayfa: 61 - 66
- Kumlu zeminler için sonlu elemanlar yöntemi ve analitik yöntemlerle bulunan taşıma gücü faktörü Ny karşılaştırılması
Emrah DAĞLI
Sayfa: 67 - 72
- Önceden Eğitilmiş Modeller Kullanılarak Çöp Sınıflandırması
Selim SÜRÜCÜ, İrem Nur ECEMİŞ
Sayfa: 73 - 77
- Yüz Tanıma ile Hızlı Yoklama Alma
Hakan TEMİZ
Sayfa: 78 - 86

Konuşma Tanıma için Kodlayıcı Olarak Paralel Kapılı Tekrarlayan Birim Ağları

Zekeriya TÜFEKÇİ, Gökay DİŞKEN

Sayfa: 87 - 90

Zigzag Dönüşümü ve Kanallar Arası Permütasyona Dayalı Bir Renkli Görüntü Karıştırma Yöntemi

Mehmet DEMİRTAS

Sayfa: 91 - 95

Determination of Weibull Coefficients for Hatay Region by Polynomial Curve Fitting in Matlab

Ayşe Gül KAPLAN, Alper KAPLAN

Sayfa: 96 - 100

5xxx Serisi Alüminyum Alaşımları için TIG Kaynak İşleminin Mekanik Davranışlarına Olan Etkisinin İncelenmesi

Furkan Emin BUĞAN, Tufan ALTIPARMAK, Yasin AKGÜL, Muhammet Mevlüt KARACA

Sayfa: 101 - 105

Mezbaha Atıksularından Elektrooksidasyon Sistemi ile KOİ ve Renk Giderilmesi Üzerine pH ve Akım Yoğunluğunun Etkisi

Onur SÖZÜDOĞRU, Sermin GÜNASLAN, Baybars Ali FİL

Sayfa: 106 - 110

Plazma Kaynak İşleminin Farklı Tipteki Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Sıcaklık Altındaki Mekanik Davranışlarına Olan Etkisinin İncelenmesi

Furkan Emin BUĞAN, Tufan ALTIPARMAK, Yasin AKGÜL, Muhammet Mevlüt KARACA

Sayfa: 111 - 115

Topraktaki Ağır Metallerin Güncel Analiz Yöntemleri

Ebubekir İZOL, Orhan İNİK

Sayfa: 116 - 120

Konuşma Tanımaya Uygulanan BiRNN, BiLSTM ve BiGRU Modellerinin Performans Değerlendirmesi

Halil İbrahim YALMAN, Zekeriya TÜFEKÇİ

Sayfa: 121 - 127

5G Hücreli Haberleşme Sistemlerinde Yeni Teknolojiler

Burak TÜREK, Mümtaz YILMAZ

Sayfa: 128 - 133

Kıvrımlı Döngü Rezonatörlü Çift Bantlı Bant Geçiren Ayarlanabilir Filtre

Mert DEMİREL

Sayfa: 134 - 138

Peumus boldus Yaprağı Ekstresi Kullanılarak Sentezlenen Bakır Nanopartiküllerin Antibakteriyel Aktivitesi

Hamdi KAMÇI, Recep TAŞ, Hasan Ufuk ÇELEBİOĞLU

Sayfa: 139 - 142

L Bandı Kablosuz Haberleşme Uygulamaları İçin Yeni Kuplör Tasarımı

Gudrat HEYDARLI

Sayfa: 143 - 146

Sülfonat Esaslı Katkı Yüzdesinin Çimento Harçlarının Mekanik ve Mikroyapısal Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi

Deniz Tuğçe ALGAN, Evren ARIÖZ, Ö. Mete KOÇKAR

Sayfa: 147 - 150

Bor Fabrikası Bileşenlerinin Epoksi Kompozitin Termofiziksel Özelliklerine Etkisi

Mustafa DAĞ, Cenk YANEN, Ercan AYDOĞMUŞ

Sayfa: 151 - 154

Kolemanit, Üleksit ve Tinkal Takviyeli Polyester Kompozitlerin Termofiziksel Özelliklerinin İncelenmesi

Cenk YANEN, Mustafa DAĞ, Ercan AYDOĞMUŞ

Sayfa: 155 - 159

- Farklı Analitik ve Nümerik Yöntemlerle Fotopiklerdeki Gama Işını Miktarının CERN'ün ROOT Analiz Programıyla Hesaplanması
İlker Can ÇELİK
Sayfa: 160 - 167
- Farklı Taban Sayımı Genişliği Seçimleriyle Sayım Sayısı Optimizasyonunun 137Cs Örneği
İlker Can ÇELİK, Kadir DAĞLI
Sayfa: 168 - 174
- Türkiye'nin Tarım Politikalarında Neo-Liberalleşen Yasal-Yönetmelik Çerçevesindeki Değişimin İzleri (1961-2021)
Aziz Cumhur KOCALAR
Sayfa: 175 - 184
- Tribonacci Sayıları ile İlişkili Bir Tamsayı Dizisini Genelleyen Polinom Dizisi
Barış ARSLAN, Kemal USLU
Sayfa: 185 - 190
- Covid-19'u Önlemek İçin Termal Değeri Ölçerek Yüz Tespiti
Kubilay TUNA, Bayram AKDEMİR
Sayfa: 191 - 196
- Büyük Ölçekli Mimo Sistemlerde Pilot Kirliliğini Azaltmaya Yönelik Çağdaş Yaklaşımlar
Esra Cansu KÖSE, Abdulkadir YAYILKAN, Selman KULAC, Hakkı İLK
Sayfa: 197 - 206
- 617 Alaşımının Kuru Hava Atmosferindeki Yüksek Sıcaklıklarda Oksidasyon Davranışları
Şevval KAPLAN, Hakan US
Sayfa: 207 - 213
- Bitki Korumada Mikrobiyal Pestisitlerin Kullanım Olanakları ve Etki Mekanizmaları
Çiğdem IŞIK, Aycan ÇINAR
Sayfa: 214 - 221
- Kızılötesi Isıtma ile Yüksek Mekanik Özelliklere Sahip Poliamid - Sürekli Karbon Elyaf Takviyeli Termoplastik Kompozit Üretimi
Mert NERGÜN, Nafiz ÖNEL, Bahri Barış VATANDAŞ, Altuğ UŞUN, Recep GÜMRÜK
Sayfa: 222 - 226
- Hibrit Bir Model Oluşturarak Diyabetik Retinopati Sınıflandırılması
Kemal AĞCA, Hidayet TAKCI
Sayfa: 227 - 236
- İnce Ayarlı Görüntü Transformatörü ve MobileNet Modelleri Kullanılarak Kırmızı Et Türlerinin Belirlenmesi
Nagham ALHAWAS, Zekeriya TÜFEKÇİ
Sayfa: 237 - 242
- Dizel Enjektör Yakıt Deliğinin Aşındırıcı Akış ile İşlenmesi (AFM) Sonrası Kalıntı Macundan Temizlenmesine Yönelik Makinenin Geliştirilmesinde Kullanılacak Kompakt Isı Eşanjörü Tasarım Analizi
Alp BÜYÜKBAYRAKTAR, Hasan Melih KINAGU, İbrahim ALTIN, Alper ÖZALP, Elif ÖÇÜT, N. Kamil SALİHOĞLU, Gülçin DENİZ, Semih ALAN, Ahmet Gökhan POYRAZ, Mehmet ATAK, Serhat EKMEKÇİ, Gülcan ULUDAĞ MUTAF
Sayfa: 243 - 254
- Düz Bir Mikrokanal İçerisindeki Hibrid Nanoakışkanın Akış ve Isıl Karakteristiklerinin İncelenmesi
Hakan TÜRKER, Elif ÖÇÜT
Sayfa: 255 - 261
- ECE R58.03 Yönetmeliğine Uygun Treyler Kayar Arka Koruma Donanımı Tasarımı ve Yapısal Analizi
Eray Resul ÖZCAN, Sinan Serdar ÖZKAN, Miraç MUTLU
Sayfa: 262 - 268

İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS

- Zonguldak İlinde Meydana Gelen Heyelanların Doğalgaz Dağıtım Hatlarına Etkisi
Serdar DAL, Hüseyin KEMALDERE
Sayfa: 269 - 275
- Ağ Trafikinin Akış Tabanlı Sınıflandırılmasında Akış Sürelerinin Makine Öğrenimi Algoritmalarına Etkisi
Ramazan BOZKIR, Murtaza CİCİOĞLU, Cengiz TOĞAY, Ali ÇALHAN
Sayfa: 276 - 283
- The Current Situation of the Development of Electric Vehicle Technology in Turkey
İsa KARAHAN, Yusuf KAPLAN, Gülizar Gizem ÜNALDI
Sayfa: 284 - 287
- EMG ve Esnek Algılayıcı Sensör İle Kontrol Edilebilen Robot El Sisteminin Geliştirilmesi
Cengiz SERTKAYA
Sayfa: 288 - 292
- Meme Kanseri Teshişinde Mikrodalga Yama Antenlerinin Kullanılması
Merve KURT, Merve KAYA
Sayfa: 293 - 297
- Geçmişin ve Geleceğin Yapı Malzemesi Olarak Ahşap: Yapı Mühendisliği Çerçevesinde Bir İnceleme
Hüseyin Kürşat ÇELİK, Gökhan ŞAKAR
Sayfa: 298 - 304
- Turistik Yerler ile İlgili Sosyal Medya Paylaşımlarının Duygu Analizi: Karadeniz Bölgesi Örneği
Mertkan SİNOPLU, Eyüp Burak CEYHAN
Sayfa: 305 - 315
- IoT Teknolojisi Kullanan Pratik ve Güvenilir Akıllı Kapı Kilidi Tasarımı
Ayşegül KALYONCU, Metin TURAN
Sayfa: 316 - 316
- Yapay Sinir Ağı Kullanılarak Anomali Tabanlı Saldırı Tespit Modeli Uygulaması
Mehmet Salih KARAMAN, Metin TURAN, Muhammed Ali AYDİN
Sayfa: 317 - 317
- Sulama/İlaçlama Robotu için Nesne Tanıma Çalışmaları
Haluk ÖZGEN, Metin TURAN
Sayfa: 318 - 318
- Video Duygu Analizi
Emre ARIÇ, Metin TURAN
Sayfa: 319 - 319
- Cebirsel Şifrelenmiş LSB Yöntemi
Ali KARADURAN, Metin TURAN
Sayfa: 320 - 320
- Görüntülü Mobil İletişimde Hologram Teknolojisinin Kullanımı
Şafak KAYIKÇI, Ahmet YÜREKLİ
Sayfa: 321 - 321
- Dinamik Tüketici Talep Yönetimi Yapabilen Blokzincir/Kripto Para Tabanlı Elektrik Piyasası İşletme Modeli
Alper ÖZPINAR
Sayfa: 322 - 322
- Pnömatik Yapay Kaslar için Yapay Sinir Ağı Esaslı Ters Modelleme
Cabbar Veysel BAYSAL
Sayfa: 323 - 323



ZrN İnce Film Kaplamasının 1.2379 Soğuk İş Takım Çeliğindeki Aşınma Özelliğine Etkisinin İncelenmesi

Yaşar Sert^{1*}, Hüccet Kahramanzade¹, Tevfik Küçükömeroğlu¹

^{1*} Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-7742-0335), yasarsert@ktu.edu.tr

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Tabzon, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9078-1933), h.kahramanzade@ktu.edu.tr

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Tabzon, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4392-9966), tkomer@ktu.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1091504)

ATIF/REFERENCE: Sert, Y., Kahramanzade, Hüccet. & Küçükömeroğlu, T. (2022). ZrN İnce Film Kaplamasının 1.2379 Soğuk İş Takım Çeliğindeki Aşınma Özelliğine Etkisinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 1-5.

Öz

Bu çalışmada katodik ark buharlaştırma yöntemi kullanılarak üretilen ZrN kaplamaların morfolojik, yapısal, sertlik ve sürtünme-aşınma özellikleri incelenmiştir. Kaplama işlemi için endüstride soğuk iş takım çeliği olarak sıklıkla kullanılan 1.2379 (AISI D2), taban malzeme olarak seçilmiştir. Üretilen ZrN kaplamasının yüzey özellikleri optik mikroskop ile tespit edilmiştir. Kaplamada oluşan fazlar ve yönelmeler X-Işını difraksiyonu kullanılarak analiz edilmiştir. Hem taban hem de kaplanmış malzemenin sertlikleri Vickers tipi mikrosertlik cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Aşınma deneyleri ise bilye-disk tipi aşınma test cihazında 2 N sabit yük altında 2500 ve 5000 çevrimlerde Al₂O₃ aşındırıcı yüzey kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Oluşan aşınma oranları, aşınma izlerinin optik profilometre incelemeleri neticesinde belirlenmiştir. Aşınma mekanizmaları ise, oluşan aşınma izlerinin SEM'den elde edilen görüntüleri vasıtasıyla karakterize edilmiştir. ZrN kaplamada, NaCl tipi kübik kristal kafese sahip ZrN (111) fazının baskın yoğunlukta olduğu görülmüştür. ZrN kaplamasının sertliği yaklaşık 1882 HV_{0,01} değerinde olduğu ve taban malzemenin sertliği 448 HV_{0,01} değerinde olduğu görülmüştür. Bu durumda ZrN kaplanmış malzemenin sertlik değerinin taban malzemeye nazaran yaklaşık %300 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Her iki çevrimde ZrN kaplamanın aşınma performansı taban malzemeye göre daha yüksek olduğu görülmüştür. İşlemsiz malzemede baskın aşınma mekanizması plastik deformasyon ve adeziv aşınma iken, ZrN kaplanmış malzemede pullanma kaynaklı soyulmaların baskın mekanizma olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Katodik ark buharlaştırma, 1.2379, ZrN, Sertlik, Aşınma.

Investigation of the Effect of ZrN Thin Film Coating on the Wear Properties of 1.2379 Cold Work Tool Steel

Abstract

In this study, the morphological, structural, hardness and friction-wear properties of ZrN coatings produced by the cathodic arc evaporation method were investigated. 1.2379 (AISI D2), which is frequently used as a cold work tool steel in the industry, was chosen as the substrate material for coating process. The surface properties of the ZrN coating were determined using optical microscope. The phases and orientations of the coating were analyzed by X-Ray diffraction. The hardness of both the substrate and the coated material was determined using a Vickers type microhardness tester. Wear tests were carried out using Al₂O₃ ceramic abrader at 2500 and 5000 cycles under 2 N constant load in ball-disc type tribometer. The wear rates of materials were determined as a result of optical profilometer examinations of the wear tracks. The wear mechanisms were characterized by SEM images of the wear tracks. In the ZrN coating, it was observed that the ZrN (111) phase with a NaCl type cubic crystal lattice was dominant. It was observed that the hardness value of the ZrN coating was approximately 1882 HV_{0,01} and the hardness value of the substrate material was 448 HV_{0,01}. In this case, it has been determined that the hardness value of the ZrN coated material is approximately 300% higher than the substrate material. It was observed that the wear performance of ZrN coatings was higher than the untreated material in both cycles. While the dominant wear mechanism in the untreated material was plastic deformation and adhesive wear, the flaking-induced peeling was the dominant wear mechanism in the ZrN coating.

Keywords: Cathodic arc evaporation, 1.2379, ZrN, Hardness, Wear.

* Sorumlu Yazar: yasarsert@ktu.edu.tr

1. Giriş

Endüstriyel uygulamalarda kullanılan kesici takımlar, zimbalar, derin sıvama ve soğuk ekstrüzyon kalıpları gibi mekanik bileşenlerin iş parçası ile temas eden yüzeyleri, sürtünme nedeniyle süreç içerisinde aşınmaya maruz kalmaktadır [1], [2]. Aşınma mekanizmalarına ve aşınmayı azaltmak amacıyla alınacak önlemlere ayrıntılı bir bakış açısı, temas halindeki parçaların servis ömrünü ve çıktı kalitesini artıracak, bunun yanında bakım maliyetlerini ise azaltacaktır. Literatüre bakıldığında yüzey işlemleri malzemelerin aşınma performanslarının geliştirilmesi amacıyla uygulanan en başarılı yöntem olarak dikkat çekmektedir [3], [4]. Söz konusu yüzey işlemlerine örnek olarak nitrürleme, borlama ve özellikle vakum teknolojisi ile uygulanan yüzey kaplamaları göze çarpmaktadır. Literatürde bu yüzey işlemleriyle ilgili birçok çalışma olmasına rağmen, yıllar içerisinde vakum teknolojilerindeki gelişmelerle bağlantılı olarak Fiziksel Buhar Biriktirme (FBB) yöntemi ile oluşturulan yüzey kaplamaları aşınmaya karşı sergilediği etkin koruma sayesinde endüstriyel uygulamalardaki cazibesini artırmıştır [5] - [7]. FBB yüzey kaplamaları arasında geçiş metal hedefleri kullanılarak oluşturulan nitrür esaslı kaplamalar oldukça popülerdir. Literatürdeki ilgili çalışmalara bakıldığında, düşük sürtünme katsayısı, yüksek plastik deformasyon direnci, başarılı kimyasal stabilite ve altını andıran etkileyici rengi nedeniyle TiN ikili geçiş metal kaplamaları endüstride çeşitli alanlarda kullanılmaya başlanarak öncü olmuştur [8] - [10]. TiN kaplamalı takımların süreç içerisindeki devam eden başarısıyla birlikte, artan üretim ihtiyacı ve piyasa rekabeti ve günden güne gelişen vakum teknolojisi, TiN kaplamalardan daha yüksek sürtünme ve aşınmaya karşı koruyuculuk verimliliği sunan ikinci nesil FBB kaplamaların (CrN, ZrN, NbN) ticari olarak geliştirilmesine yol açmıştır [11]. Bu kaplamalar arasında ZrN, TiN kaplamalara kıyasla daha yüksek sertlik (%30 daha sert), düşük sürtünme katsayısı ve yüksek aşınma performansı sayesinde çeşitli uygulamalar için ilgiyi üzerine çekmiştir. Bununla birlikte literatür çalışmalarına bakıldığında, ZrN kaplamasının özellikle kesici takım uygulamalarındaki performansının araştırıldığı ve etkileyici sonuçlar alındığı raporlanmıştır. Jianxin ve çalışma arkadaşlarının gerçekleştirdiği bir çalışmada, YG6 sementit karbür kesici takım malzemesi üzerine kaplanan ZrN tabakasının aşınma performansı yüksek hızlı blok bilezik (block on ring) aşınma test cihazı kullanılarak belirlenmiştir [12]. Çalışma sonucunda ZrN kaplı takımların, büyük sertlik artışı ve yüksek aşınma direnci ile bağlantılı olan YG6 kaplamasız takımlara kıyasla çok daha yüksek kesme performansı gösterdiği rapor edilmiştir. Bu temel faktörler, kaplamalı takımlar için takım yan aşınma oranını engellemekte ve işleme sırasında takım aşınmasının azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte ilgili çalışmada, ZrN kaplamalarda taban malzemeye yapışma kritik yük değerinin ise 70 N olduğu tespit edilmiştir. Bir diğer çalışmada, yine kesici takım malzemesi (YT15 sementit karbür) üzerine kaplanan ZrN kaplamaların aşınma performansı taban malzemeyle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Elde edilen bulgulara bakıldığında, ZrN kaplı takımların YT15 taban malzemesine göre daha yüksek sıyrılmaya ve yan aşınma dayanımı sergilediği belirlenmiştir [13]. ZrN kaplamalarda küçük oranda meydana gelen adeziv aşınmanın eşlik ettiği abrasif aşınmaların baskın aşınma mekanizması olduğu vurgulanmıştır. Yukarıdaki çalışmalardan da görüleceği üzere ZrN kaplamaların uygulama alanı olarak kesici takımlar üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Endüstrideki diğer uygulama alanlarında (özellikle soğuk dövme

veya ekstrüzyon) söz konusu kaplamanın uygulanabilirliği üzerinde durulması gereken, literatürdeki bir eksiklik olarak tespit edilmiştir. Bu eksikliği sistematik bir çalışmayla giderebilmek için endüstride soğuk iş takım çeliği olarak sıklıkla kullanılan 1.2379 (AISI D2) çelik malzemeler, katodik ark FBB yöntemi kullanılarak ZrN tabakası ile kaplanmıştır. Oluşturulan kaplamanın, morfolojik ve yapısal özellikleri için taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve X-ışını difraktometresi (XRD) kullanılmıştır. Elde edilen kaplamanın sertlik değeri Vickers tipi mikrosertlik test cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Son olarak malzemelerin aşınma performansları Al₂O₃ seramik karşı yüzeyler kullanılarak bilye disk esaslı aşınma test cihazı ile belirlenmiştir. Elde edilen aşınma izleri ise SEM ile karakterize edilerek oluşan aşınma mekanizmaları detaylandırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, 30 mm çapındaki AISI D2 (C ~ 1,5 - Mn ~ 0,6 - Si ~ 0,6 - Co ~ 1,00 - Cr ~ 12,00 Mo ~ 1,00 - V ~ 1,1) çelik malzemeleri katodik ark buharlaştırma kaplama işlemi için taban malzeme olarak kullanılmıştır. Kaplama işlemi öncesinde taban malzeme yüzeyleri 400, 800, 1500, 2000 numara SiC zımparalar kullanılarak yüzeyindeki talaşlı imalattan kaynaklı kesme izleri ve istenmeyen kirlilikler giderilmiştir. Sonrasında malzemeler 1 µm Al₂O₃ solüsyonu kullanılarak parlatma işlemine tabi tutulmuştur. Metalografik işlemlerden sonra taban malzemeler etanol ile temizlenip kurutulmuş kaplama işlemine hazır hale getirilmiştir. ZrN kaplama tabakası, Şekil 1'de görülen ve endüstriyel olarak kullanılan Platit π411 Plus (İsviçre) katodik ark buharlaştırma düzeneği kullanılarak, endüstriyel olarak uygulanan kaplama parametrelerine müdahale edilmeden kaplanmıştır.



Şekil 1. Katodik ark buharlaştırma kaplama düzeneği

ZrN kaplamasının yapısal, topografik ve kristalografik analizleri sırasıyla optik mikroskop (Zeiss, Almanya), optik profilometre (NANOFOCUS, µscan Custom, Almanya) ve XRD (Panalytical X'Pert3, Birleşik Krallık) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Vickers tipi Struers Duramin 3 (Danimarka) marka mikrosertlik test cihazında 10 gr yük ve 10 saniye batma süresi uygulanarak malzemelerin sertlik değerleri belirlenmiştir. Malzemelerin aşınma performansları DUCOM (TR-2001, Hindistan) marka bilye disk tipi aşınma test düzeneği kullanılarak belirlenmiştir. Aşınma testlerinde, karşı yüzey olarak ise 6 mm çapında Al₂O₃ seramik bilye kullanılmıştır. Bununla birlikte, aşınma testleri 2 N sabit yük altında 2500 ve 5000 çevrim olmak üzere 2 farklı çevrim sayısında gerçekleştirilmiştir. Aşınma testleri sonucunda, malzemelerin yüzeylerinde meydana gelen aşınma yollarının, optik profilometre kullanılarak incelenmesiyle

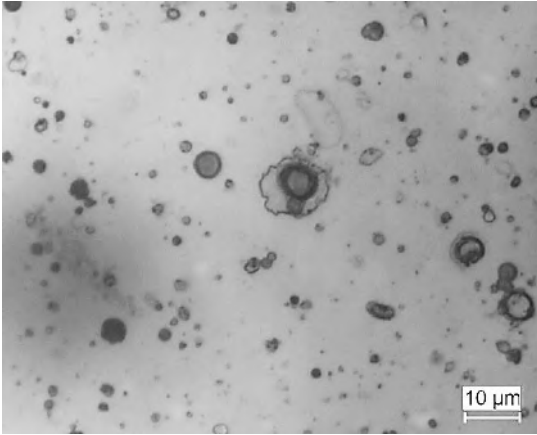
birlikte malzemelerde oluşan aşınma hacimleri tespit edilmiştir. Elde edilen aşınma hacimleri ve aşınma test parametreleri dikkate alınarak, aşağıda verilen Archard denklemi vasıtasıyla aşınma oranları belirlenmiştir.

$$\text{Archard Denklemi: } W = V / (P \cdot d) \quad (1)$$

Bu denklemde, W: Aşınma oranı (mm³/N.m), V: Aşınma hacmi (mm³), P: uygulanan yük (N) ve d: kayma mesafesi (m) olarak ifade edilmektedir. Ayrıca malzemelerde oluşan aşınma yollarının SEM incelemeleriyle birlikte, meydana gelen aşınma mekanizmaları karakterize edilmiştir.

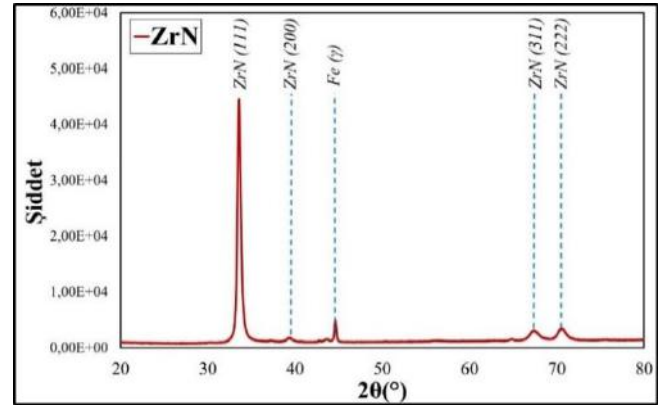
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

AISI D2 çelik malzemeleri yüzeyine kaplanan ZrN kaplamasının yüzey morfolojisi Şekil 2’de görülmektedir. Şekilde görüldüğü üzere, katot noktalarından yayılan mikro damlacıklar olarak adlandırılan erimiş Zr kürecikleri, kaplama işlemi sırasında yüzeyde oluşmaktadır. Literatüre göre söz konusu mikro damlacıkların oluşumu, kaplama işlemi sırasında ortamdaki azot ile yeterince reaksiyona giremeyen Zr hedef malzemesinin buharlaşması ve sonrasında yüzeye birikmesinden kaynaklanmaktadır [14]. Kaplama tabakasının taban malzeme yüzeyine büyüme mekanizması göz önüne alındığında, mikro damlacıklar altlık ile çarpışıp yüzeye tutunduklarında, gölgeleme adı verilen iyon akışının etkisiyle damlacıkların altında delikler veya çukurlar oluşmuştur. Kaplama yüzeyinde oluşan bu yapıların, katodik ark buharlaştırma tekniğinin en önemli kusurlarından biri olduğu literatürce ortaya konulmuştur [15].



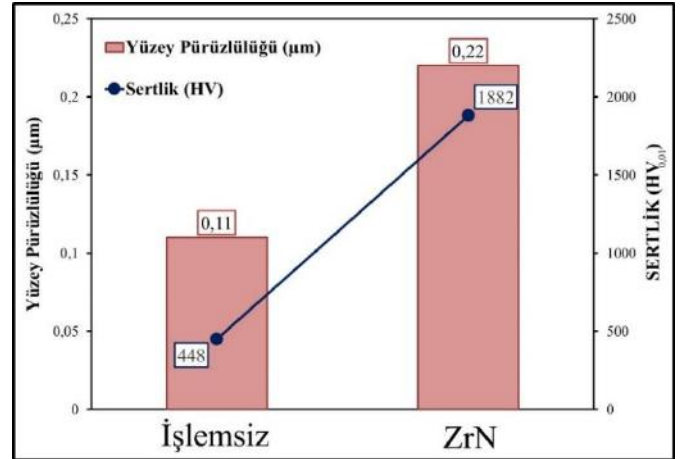
Şekil 2. ZrN kaplamasının yüzey görünümü

Üretilen ZrN kaplama tabakasının XRD analizi sonuçları Şekil 3’te görülmektedir. Şekilde, ZrN kaplamada, 33° açısında elde edilen NaCl tipi kübik kristal kafese sahip ZrN (111) fazının baskın yoğunlukta olduğu görülmektedir [16]. Yüksek yoğunluklu (111) kırınımının varlığı, ICDD 35-0753 standardına denk gelmektedir (Ref 14). (111) oryantasyonunda görülen fazın yanı sıra 40° açısında (200), 67° açısında (311) ve 71° açısında (222) oryantasyonunda ZrN fazları tespit edilmiştir. Aynı ZrN fazındaki (111) oryantasyon ile diğer oryantasyonlar arasındaki şiddet farkı, atom düzlemindeki paketlenen atom yoğunluğundan kaynaklandığı vurgulandığı literatürce bilinmektedir [14]. Bu çalışmada, ZrN kaplamasında, (111) oryantasyonu (200), (311) ve (222) oryantasyonlara göre daha yoğun atom konumuna sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, taban malzeme etkisiyle oluşan Fe fazı ise 45° açısında görülmüştür.



Şekil 3. ZrN kaplama tabakasının XRD grafiği

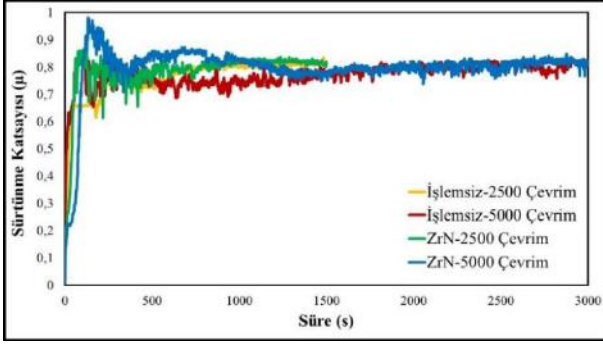
AISI D2 taban malzemesi ve ZrN kaplamasının yüzey pürüzlülük ve sertlik değerleri Şekil 4’te görülmektedir. Şekilde görüldüğü üzere kaplama işlemi öncesinde taban malzemenin yüzey pürüzlülük değeri 0,11 µm iken, kaplama işlemi sonrasında bu değer 0,22 µm seviyelerine yükselmiştir. Katodik ark buharlaştırma yöntemi ile geçiş metal nitürlerinden üretilen kaplama tabakalarının tipik bir özelliği olan mikro partikül (damlacık) ve çukurların oluşması nedeniyle yüzey pürüzlülük değerinde gözle görülür bir artış meydana gelmiştir. Malzemelerin mikrosertlik değerlerine bakıldığında, ZrN kaplama tabakası sayesinde sertliğin yaklaşık %300 seviyelerinde artış sergilediği belirlenmiştir.



Şekil 4. Taban malzeme ve ZrN kaplamasından elde edilen yüzey pürüzlülüğü ve sertlik değerleri

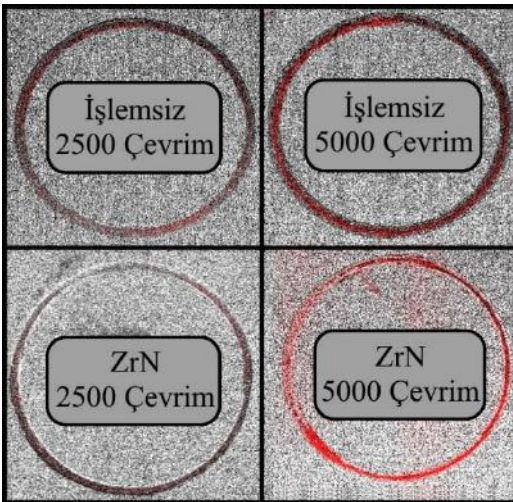
Malzemelerin aşınma testleri sonucunda elde edilen sürtünme katsayısı grafikleri Şekil 5’te verilmiştir. İşlemsiz ve ZrN kaplamasının aşınma deneylerinin rodaj bölümü olarak adlandırılan sürtünen yüzeylerin birbirine alışma süresine (250. saniyesine) kadar sürtünme katsayısında artış meydana geldiği, yaklaşık 500. saniyeden sonra ise eğrilerin stabil davranışa geçtiği görülmektedir. Bununla birlikte, kaplanmış malzemenin rodaj bölümünde sürtünme katsayısı değerlerinin işlemsiz malzemeye nazaran daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi ise kaplanmış malzemenin yüzeyindeki mikro damlacıklar ve çukurların varlığı sebebiyle yüzey pürüzlülük değerinin daha yüksek olmasıdır. Deneyin ilk bölümlerinde karşı yüzeyin, kaplamanın sert karakterdeki pürüzlerini ezmesi sonucunda sürtünme katsayısı değeri işlemsiz malzemeye kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca grafik dalgalanmaları stabil

bölgeye ulaştığında, işlemsiz ve ZrN kaplamasının 2500 ve 5000 çevrim sayılarında sürtünme katsayısı değerlerinin yakın olduğu görülmektedir.

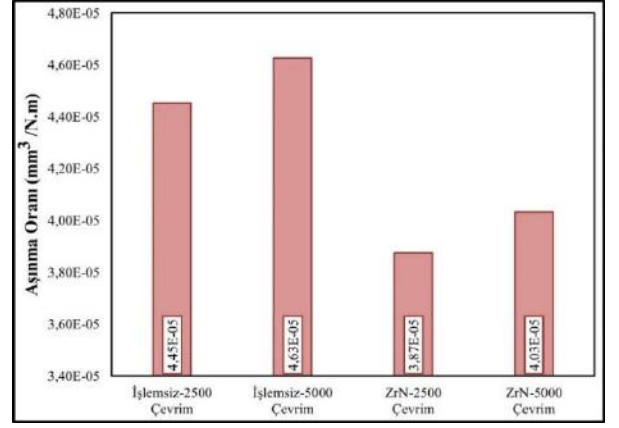


Şekil 5. Numunelerden elde edilen sürtünme katsayısı grafiği

Aşınma testleri sonucunda malzeme yüzeylerinde meydana gelen aşınma izlerinin optik profilometre görselleri Şekil 6'da verilmiştir. İlgili görselde, ZrN kaplanmış malzemesinin 2500 ve 5000 çevrimdeki aşınma izlerinin derinlik ve genişlik farkları net bir şekilde görülmektedir. İşlemsiz 1.2379 çeliğinin, ZrN kaplanmış malzemeye kıyasla daha fazla aşınmaya maruz kaldığı görülmektedir. Ayrıca, işlemsiz malzemede meydana gelen homojen ve daha yüksek aşınmanın varlığı, sürtünme katsayısı grafiğindeki farklılıkları ve dalgalanmaları açıklamaktadır. Şekil 6'da optik profilometre görüntüleri kullanılarak oluşan aşınma oranları hesaplamalarından elde edilen grafik Şekil 7'de verilmiştir. ZrN kaplanmış malzemenin her iki çevrim sayısında işlemsiz malzemeye kıyasla daha yüksek aşınma dayanımı sergilediği görülmektedir. Bunun sebebi ise ZrN kaplaması sayesinde işlemsiz malzemenin plastik deformasyona karşı dayanımının artırılmasına dayandırılmaktadır. Sertliği yüksek olan mekanik parçalarda aşınma performanslarının yüksek olması, literatüre Archard'ın kazandırdığı aşınma formülüne uymaktadır. Ayrıca 5000 çevrimde meydana gelen aşınma oranı değerleri ise 2500 çevrime göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

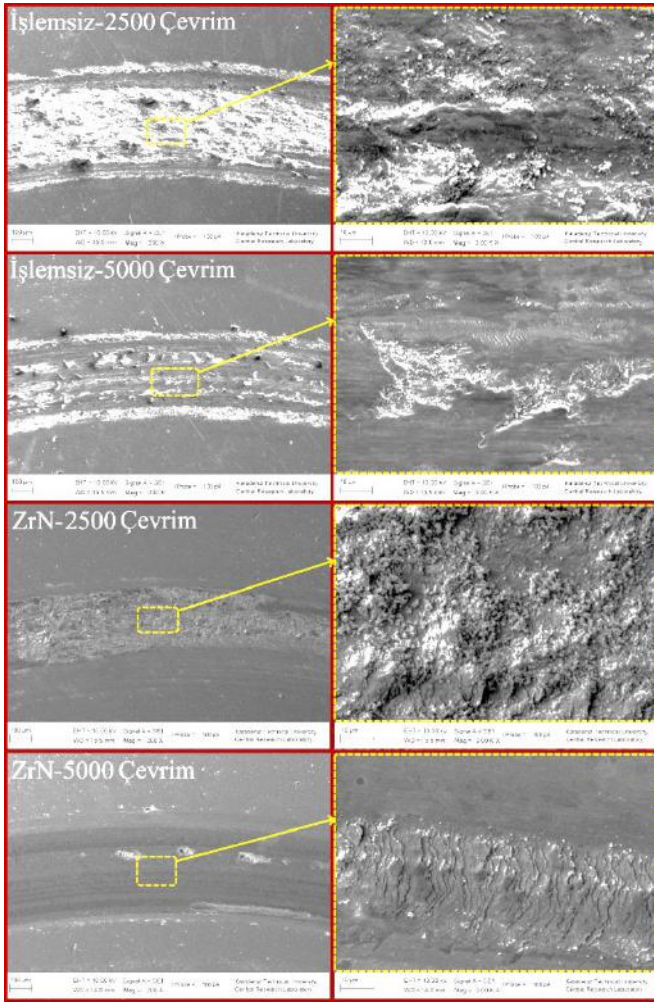


Şekil 6. Numunelerin aşınma izlerinin optik profilometre görüntüleri



Şekil 7. Numunelerden elde edilen aşınma oranı değerleri

Malzemelerin aşınma testleri sonucunda elde edilen aşınma izlerinin SEM görüntüleri Şekil 8'de görülmektedir. İşlemsiz malzemenin iki çevrime gerçekleştirilen aşınma deneylerinden elde edilen aşınma izi görüntüleri incelendiğinde, baskın mekanizmanın plastik deformasyon olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra, detay görüntülerine bakıldığında adeziv bağlanmaların olduğu ve 5000 çevrimde ise mikro kaynak bağlantılarının koştugu ve sürtünen yüzeyler arasında sıkışarak yüzeyde plastik deformasyon haricinde abrazif çiziklerin de meydana geldiği görülmektedir. İşlemsiz malzeme yüzeyinde oluşan aşınma izleri kaplanmış malzeme yüzeyinde oluşan aşınma izleriyle kıyaslandığında, işlemsiz malzemede plastik deformasyon dayanımının daha düşük olması sebebiyle düzgünlüklerin olduğu gözlemlenmiştir. ZrN kaplanmış malzemede ise yüksek sertlik nedeniyle aşınma izinin işlemsiz malzemeye göre daha pürüzsüz ve düzgün olduğu görülmektedir. Kaplanmış malzeme yüzeyinde aşınma iz genişliğinin ise daha düşük olduğu tespit edilmiştir. 2500 çevrimde gerçekleştirilen aşınma testinde ZrN kaplanmış malzeme yüzeyinde sert pürüzlerin ezildiği ve sürtünme ısısının da etkisiyle oksijenle reaksiyon sonucunda, ZrO₂ parçacıklarının aşınma izi içerisine dağıldığı görülmektedir. 5000 çevrimde gerçekleştirilen aşınma testinde ise oksit parçacıkların aşınma izi kenarlarına taşındığı temas eden yüzeyler arasına sıkışan parçacıkların ise ince abrazif çizgilere neden olduğu görülmektedir. Detay görüntüler incelendiğinde, mikro kırılmaların neden olduğu pullanma sebepli soyulmaların olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 8. Numunelerin aşınma izlerinin SEM görüntüleri

4. Sonuç

Bu çalışmada, katodik ark buharlaştırma yöntemi kullanılarak 1.2379 soğuk iş takım çeliği yüzeyine ZrN ince film tabakası kaplanmıştır. Kaplamanın yapısal, sertlik ve aşınma özelliklerinin incelemeleri neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- ZrN kaplamanın yüzeyinde katodik ark PVD yönteminin karakteristik özelliği olan mikro damlacıklar (droplet) ve çukurlar gözlenmiştir.
- ZrN kaplamada, NaCl tipi kübik kristal kafese sahip ZrN (111) fazının baskın yoğunlukta olduğu tespit edilmiştir.
- Kaplanmış malzemenin yüzey pürüzlülüğü, yüzeylerindeki damlacıklar ve çukurlardan dolayı işlemsiz malzemeye nazaran daha yüksektir.
- Mikrosertlik değeri açısından ZrN kaplanmış malzemenin çelik malzemesine nazaran yaklaşık %300 oranında artış gösterdiği tespit edilmiştir.
- 2500 ve 5000 çevrim sayılarında gerçekleştirilen aşınma deneylerinde, ZrN kaplanmış malzemesinin aşınma dayanımı işlemsiz malzemedene daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
- İşlemsiz malzemedene baskın aşınma mekanizması plastik deformasyon iken, ZrN kaplamalarda kısmi abrazif çiziklerle birlikte pullanma kaynaklı soyulmalar gözlenmiştir.

Kaynakça

- [1] Javari, A., Dehgani, K., Bahaaddini, K., Hataie, A. B., Experimental comparison of abrasive and erosive wear
e-ISSN: 2148-2683

characteristics of four wear-resistant steels, *Wear*. 416-417: 14-26, (2018).

- [2] Yang, Y., Huang, L., Shi, Y., Adhesion suppresses atomic wear in single-asperity sliding, *Wear*. 352-353: 31-41, (2016).
- [3] Hacısalihoğlu, I., Kaya, G., Ergüder, O. T., Mandev, E., Manay, E., Yıldız, F. Tribological and thermal properties of plasma nitrided Ti45Nb alloy, *Surf. and Inter.* 22: 100893, (2021).
- [4] Fernandez-Valdes, D., Meneses-Amador, A., Lopez-Lievano, A., Ocampo-Ramirez, A., Sliding wear analysis in borided AISI 316L steels, *Mater. Lett.* 285: 129138, (2021).
- [5] Azim, S., Gangopadhyay, S., Mahapatra, S. S., Mittal, R. K., Singh, R. K., Role of PVD coating on wear and surface integrity during environment-friendly micro-drilling of Ni-based superalloy, *J. Cleaner Prod.* 272: 122741, (2020).
- [6] Chowdhury, M. S. I., Bose, B., Yamamoto, K., Shuster, L. S., Paiva, J., Fox-Rabinovich, G. S., Veldhuis, S. C., Wear performance investigation of PVD coated and uncoated carbide tools during high-speed machining of TiAl6V4 aerospace alloy, *Wear*. 446-447: 203168, (2020).
- [7] Sert, Y., Küçükömeroğlu, T., Ghahramanzadeh Asl, H. The Effect of Al and Ti Transition Metals on the Wear Resistance of Ceramic Based CrN Coatings; Investigation under Ambient Air and Vacuum Conditions, *Proc. Inst. Mech. Eng., Part L: J. Mater: Design and App.* 236: 455-472, (2022).
- [8] Movassagh-Alanagh, F., Mahdavi, M., Improving wear and corrosion resistance of AISI 304 stainless steel by a multilayered nanocomposite Ti/TiN/TiSiN coating, *Surf. and Inter.* 18: 100428, (2020).
- [9] Chou, W.-J., Yu, G.-P., Huang, J.-H., Corrosion behavior of TiN-coated 304 stainless steel, *Corr. Sci.* 43: 2023-2035, (2001).
- [10] Kumar, S., Maity, S. R., Patnaik, L., Effect of heat treatment and TiN coating on AISI O1 cold work tool steel, *Mater. Today: Proc.* 26: 685-688, (2020).
- [11] Gonzalez-Carmona, J., Trivino, J. D., Gomez-Ovalle, A., Ortega, C., Alvarado-Orozco, J. M., Sanchez-Sthepa, H., Avila, A., Wear mechanisms identification using Kelvin probe force microscopy in TiN, ZrN and TiN/ZrN hard ceramic multilayers coatings, *Ceram. Int.* 46: 24592-24604, (2020).
- [12] Jianxin, D., Jianhua, L., Jinlong, Z., Wenlong, S., Ming, N., Friction and wear behaviors of the PVD ZrN coated carbide in sliding wear tests and in machining processes, *Wear*. 264: 298-307, (2008).
- [13] Jianxin, D., Jianhua, L., Jinlong, Z., Wenlong, S., Wear mechanisms of PVD ZrN coated tools in machining, *Int. J. of Ref. Metals and Hard Mater.* 264: 164-172, (2008).
- [14] Kuznetsova, T., Lapitskaya, V., Khabarava, A., Chiznik, S., Warcholinski, B., Gilewicz, A., The influence of nitrogen on the morphology of ZrN coatings deposited by magnetron sputtering, *Appl. Surf. Sci.* 522: 146508, (2020).
- [15] Feng, Y.-P., Zhang, L., Ke, R.-X., Wan, Q.-L., Wang, Z., Lu, Z.-H., Thermal stability and oxidation behavior of AlTiN, AlCrN and AlCrSiWN coatings, *Int. J. Ref. Metals Hard Mater.* 43: 241-249, (2014).
- [16] Maksakova, O. V., Simoes, S., Pogrebnyak, A. D., Bondar, O. V., Kravchenko, O., Koltunowicz, T. N., Shaimardanov, Zh. K., Multilayered ZrN/CrN coatings with enhanced thermal and mechanical properties, *J. Alloys and Comp.* vol. 776: 679-690, (2019).



Classification of Coronavirus Disease with Artificial Intelligence and Machine Learning

Elif Akarsu ^{1*}

^{1*} Ataturk University, Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronics Engineering, Erzurum, Turkey, (ORCID: 0000-0002-0338-3209), elif.akarsu@atauni.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1091656)

ATIF/REFERENCE: Akarsu, E. (2022). Classification of Coronavirus Disease with Artificial Intelligence and Machine Learning. *European Journal of Science and Technology*, (36). 6-9.

Abstract

Coronavirus disease is the most common contagious disease of recent times. The disease turned into a pandemic and spread throughout the world. The accuracy of the diagnosis of such a dangerous and contagious disease is of vital importance. In this study, a coronavirus diagnosis was made using artificial intelligence and machine learning, and the accuracy of the data obtained indicates how accurate the diagnosis is. The reason why the diagnosis of coronavirus was made based on the numerical results of other diseases in this study is to investigate the relationship of coronavirus disease with the findings of 15 different blood tests and to observe the positive and negative effects of this relationship on age. This study is important in this respect. 15 medical examinations were applied to 510 patients. The ages of the patients and the results of 15 examinations were recorded numerically. In addition, the coronavirus result of each patient was recorded. According to the patient's analysis results, the probability of being sick with coronavirus was obtained by comparing the real results with machine learning. As a result of the study, an accuracy rate of 89.6% was obtained.

Keywords: coronavirus, machine learning, artificial intelligence, deep learning, illness diagnosis.

Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi ile Koronavirüs Hastalığının Sınıflandırılması

Öz

Koronavirüs hastalığı son zamanların en sık görülen bulaşıcı hastalığıdır. Hastalık pandemiye dönüşmüş ve tüm dünyaya yayılmış durumda. Bu kadar tehlikeli ve bulaşıcı bir hastalığın teşhisinin doğruluğu hayati önem taşımaktadır. Bu çalışmada yapay zeka ve makine öğrenimi kullanılarak koronavirüs teşhisi konulmuştur. Ve elde edilen verilerin doğruluğu, teşhisin ne kadar doğru olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmada koronavirüs tanısının diğer hastalıkların sayısal sonuçlarına dayanılarak konulmasının nedeni, koronavirüs hastalığının 15 farklı kan testinin bulgularıyla ilişkisini araştırmak ve bu ilişkinin yaş üzerindeki olumlu ve olumsuz etkilerini gözlemlemektir. Bu çalışma bu açıdan oldukça önemlidir. 510 hastaya 15 sağlık muayenesi yapıldı. Hastaların yaşları ve 15 muayene sonuçları sayısal olarak kaydedildi. Ayrıca her hastanın koronavirüs sonucu kaydedildi. Hastanın analiz sonuçlarına göre, gerçek sonuçlar makine öğrenmesi ile karşılaştırılarak koronavirüse yakalanma olasılığı elde edildi. Çalışma sonucunda %89,6 doğruluk oranı elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Koronavirüs, Makine Öğrenmesi, Yapay Zeka, Derin Öğrenme, Hastalık teşhisi.

* Corresponding Author: elif.akarsu@atauni.edu.tr

1. Introduction

Machine Learning is the general name of computer algorithms that model a given problem according to the data obtained from the problem environment.[1] There are many proposed approaches and algorithms because it is a heavily studied subject. Some of these approaches are capable of prediction and estimation, and some of them are capable of classification. There are many recommended machine learning methods available. These may differ in approaches to the problem and therefore may have different successes in different problems.

Machine learning is a subset of artificial intelligence.[2] An “intelligent” computer thinks like a human and performs tasks on its own. One way to train a computer to mimic human thinking is to use a neural network, a set of algorithms modeled on the human brain. Machine learning is a type of predictive analysis. But it is much easier to implement machine learning, which is updated in real time as we receive more data.

Machine learning, unlike other artificial intelligence applications, is a set of algorithms that do not need rules that we can interpret and enter manually, while imitating human intelligence on the one hand. Just as a person learns concepts by himself/herself with what he/she sees and hears and does not need someone to process these rules in his/her brain, machine learning applications similarly learn the desired task by assimilating the datasets presented to him/her. We can explain the difference between artificial intelligence algorithms that do not contain machine learning, which we can call “classical” or “traditional” algorithms, and machine learning algorithms with the following simple example: Imagine a human baby who has no knowledge of animals. This baby will not be able to distinguish between cats and dogs. In classical artificial intelligence applications, instead of teaching the baby the difference between cat and dog, we give him a full set of instructions that will enable him to distinguish between cat and dog. These instructions should be prepared in such a way that this ignorant baby should be able to both follow those directions and distinguish between cat and dog mostly correctly. It is obvious how difficult this is for both the baby and the teacher. On the other hand, as you may have noticed, we don't really need to do this to increase baby's success: If we give baby lots of pictures of cats and dogs and repeatedly tell which is which, after a point the baby will begin to distinguish the two with high accuracy. This is exactly how machine learning algorithms work, as the name suggests. Of course, computers unfortunately do not come with a learning algorithm in them when they are built. Computer scientists themselves design and adapt the most suitable machine learning algorithm for each problem. Machine learning is essentially built around this logic. Many artificial intelligence applications that we have seen recently are actually machine learning applications. Machine learning is indispensable in real life for most artificial intelligence applications that we are used to seeing in science fiction movies; Therefore, the concepts of “machine learning” and “artificial intelligence” are getting more confused. At this point, although we have largely avoided the conceptual confusion by revealing the difference between the concepts of machine learning and artificial intelligence, there is one more step we need to take: Although machine learning is a narrower concept than artificial intelligence, it still includes many different algorithms and algorithms. It is a method field. That's why the concept of “machine learning” still doesn't adequately describe the products of popularization we're talking about.

Types of Machine Learning Algorithms

Machine learning algorithms are divided into 4 categories, each designed for a different purpose. For example, supervised learning is for scaling the scope of data and making predictions based on it. On the other hand, unsupervised algorithms are used to organize and filter data so that it makes sense.

Supervised Machine Learning

Algorithms that require some supervision of the developer during the process are known as supervised machine learning. The developer tags the training data and sets the strict rules and limits that the algorithm will follow. Supervised machine learning algorithms can apply what has been learned in the past to new data, using labeled examples to predict future events.[3] In supervised machine learning, the goal is to predict the target variable using a function defined over a set of arguments. Audited algorithms work by identifying a set of input data and expected results. An algorithm is considered successful when its matches and predictions are found to be correct. The learning algorithm can also compare its output with the correct output and find errors in order to modify the model accordingly.[4] One of the most famous examples of supervised machine learning is the Boston housing prices dataset. This dataset, which includes houses sold, their properties, and their selling prices, aimed to create a machine learning model that can predict the selling price of any house.

Unsupervised Machine Learning

Unsupervised learning is the approach we use when we have little or no idea what the output we want from our data will look like. We can create the model from the data that we do not know the effect of the variables. In “unsupervised learning” there are only data, no information is given about them. Attempts are made to draw conclusions from these data. Since no information is given about the data from the beginning, it cannot be said that the conclusions drawn are absolutely correct.

Semi-Supervised Machine Learning

Algorithms that combine features of both supervised and unsupervised algorithms are defined as semi-supervised machine learning. Not all of the training data is labeled and not all rules are provided when starting the algorithm. Semi-supervised machine learning algorithms use both labeled and unlabeled data for training. Systems that typically use small amounts of labeled data and large amounts of unlabeled data can significantly improve learning accuracy.

2. Material and Method

15 medical examinations were applied to 510 patients. The ages of the patients and the results of 15 examinations were recorded numerically. In addition, the coronavirus result of each patient was recorded. According to the patient's analysis results, the probability of being sick with coronavirus was obtained by comparing the real results with machine learning. As a result of the study, an accuracy rate of 89.6% was obtained.

Table 1. 15 types of Diseases

'Hematocrit'
'Hemoglobin'
'Platelets'
'Mean platelet volume '
'Red blood Cells'
'Lymphocytes'
'Mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC)'
'Leukocytes'
'Basophils'
'Mean corpuscular hemoglobin (MCH)'
'Eosinophils'
'Mean corpuscular volume (MCV)'
'Monocytes'
'Red blood cell distribution width (RDW)'
'Neutrophils'

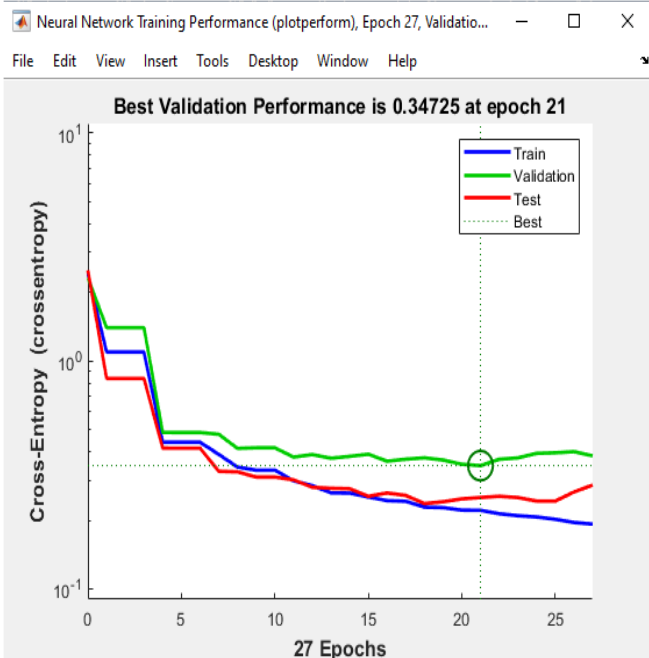


Figure 1. Cross-Entropy

The data set was reviewed 21 times, and as a result of this process, the learning process was completed, and as a result, the iteration stopped. As a result of all iterations, the mean square error was obtained as 0.34725. The smaller this value, the better the system performs.

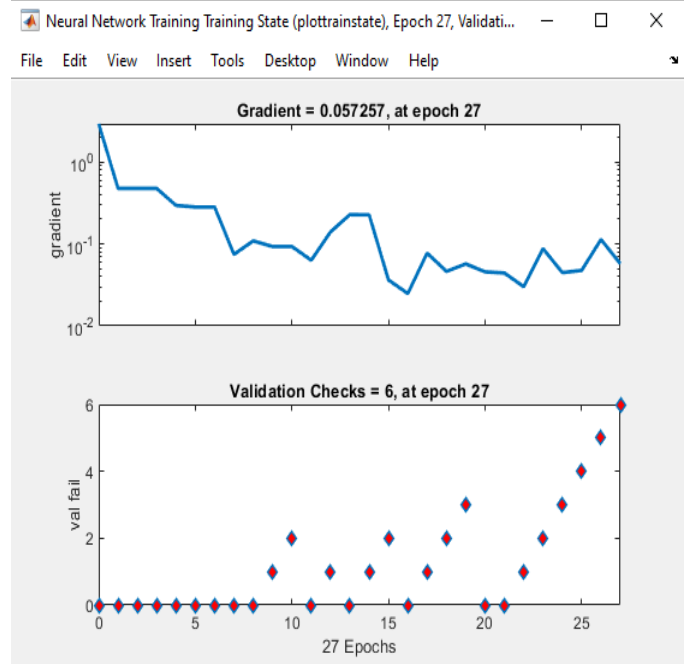


Figure 3. Training State

The learning process continues until 6 validation checks are completed. average gradient value is 0.057257.

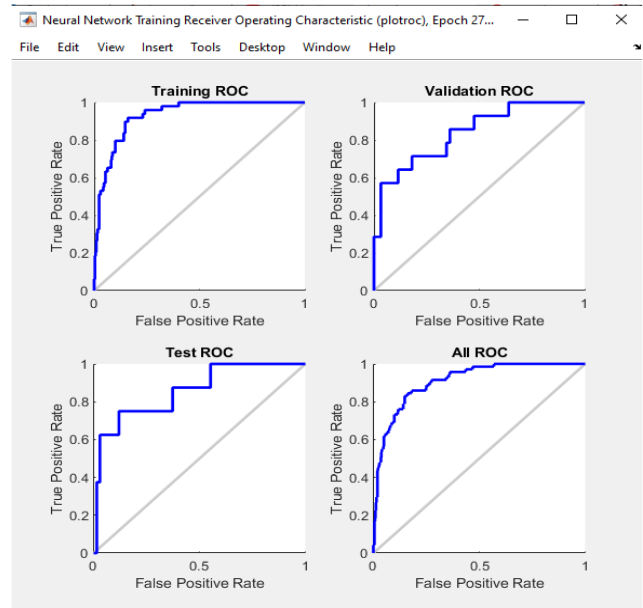


Figure 2. Receiver Operating Characteristic

Figure 2 shows ROC graphs. The 1st graph shows the training. The closer this graph is to a value of 1, the better. If it goes to the side drawn in red on the upper left side of the other 3 graphs, it is said that the learning was so successful. The average of all forecasts is plotted on the All ROC graph.

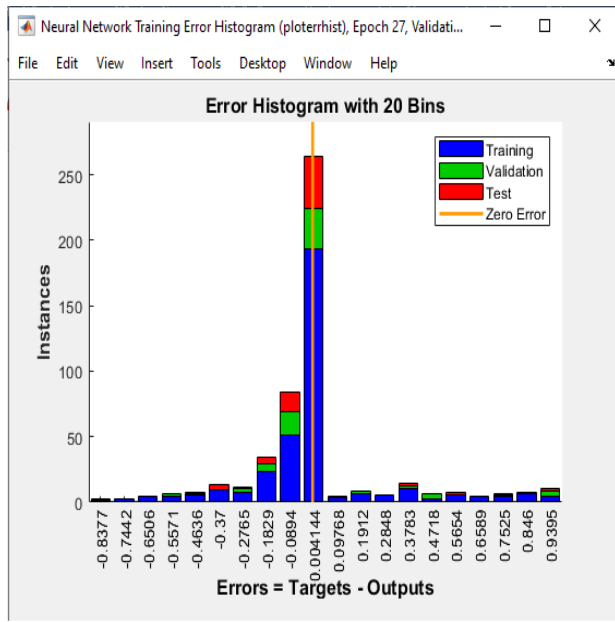


Figure 4. Error Histogram

It is seen that the highest error is between 0.004144 and -0.0694. This is also a very small value.

3. Results and Discussion

In the 1st matrix, it is seen that the education is successful at the rate of 89.9%. Against a total of 510 inputs, the results were predicted and highly accurate predictions were made. An accuracy of 85.3% was achieved in the validation confusion matrix. With this matrix, the accuracy of the test data was determined. An accuracy of 92% is seen in the test matrix against the training done. It's a pretty good rate. The average accuracy of all confusion matrices was 89.6%. It was aimed to investigate the relationship between coronavirus disease and the imbalance in blood cells, and it was aimed to reveal the harmony between respiratory tract syndrome and blood values. And the accuracy of the diagnosis of such a dangerous and contagious disease is of vital importance. The numerical result obtained shows that a significant degree of accuracy has been achieved. This shows that in the future, it will be investigated not only as a respiratory tract infection, but also as a disease that will be associated with different diseases.

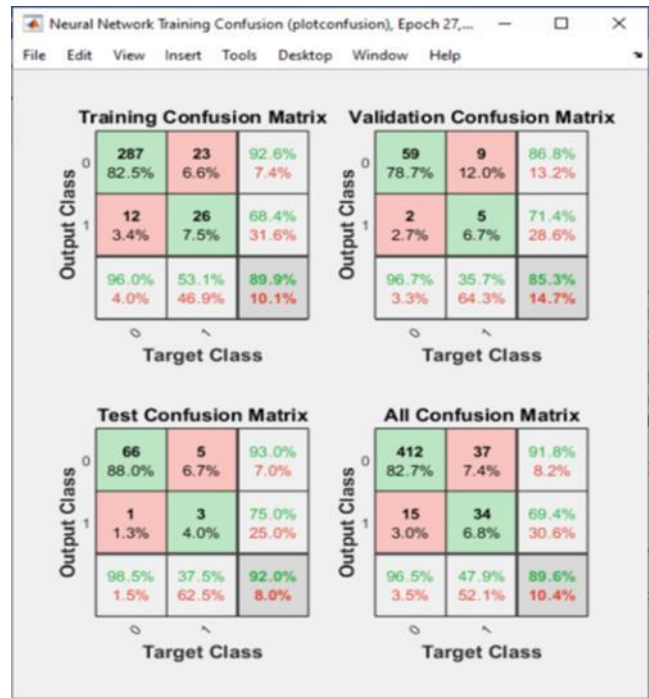


Figure 5. Confusion Matrix

4. Conclusions and Recommendations

In this study, the possibility of carrying the coronavirus was examined based on the data obtained with 15 different blood tests performed on 510 patients and the age of the patients. The accuracy rate for carrying the disease is 89.6%. An association has been observed between coronavirus and other chronic diseases.

References

- [1] Özen, I. A., & Ilhan, I. Opinion Mining in Tourism: A Study on “Cappadocia Home Cooking” Restaurant. In E. Çeltek (Ed.), Handbook of Research on Smart Technology Applications in the Tourism Industry (pp. 43-64). IGI Global, 2020.
- [2] Maisha Farzana, Md. Jahid Hossain Any, “Semantic Segmentation of Tumor from 3D Structural MRI using U-Net Autoencoder”, Department of Computer Science and Engineering in partial fulfillment of the requirements for the degree of B.Sc. in Computer Science and Engineering, March 2020
- [3] Liu W.K., Gan Z., Fleming M., Deep Learning for Regression and Classification. In: Mechanistic Data Science for STEM Education and Applications. Springer, Cham, 2021
- [4] 2019, Available: <https://www.bestsoftpro.com/2019/01/a-definition-of-machine-learning-ml.html>



Geometric Models of Some Microstructures

Ali Özdemir

Manisa Celal Bayar University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9330-7084), acaozdemir@gmail.com

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1096427)

ATIF/REFERENCE: Özdemir A. (2022). Geometric Models of Some Microstructures. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 10-14.

Abstract

Macro structures on our planet that we can see with the naked eye or microstructures that we can only see with a microscope; They have a certain structure that allows them to settle and perpetuate in the environment they live in. These structures are not random, they are placed in a certain order. It is possible to observe them in objects that we can see with the naked eye. For example, this situation can be observed in the placement of fruits and flowers on the plant. These layouts provide them with advantages such as minimum space occupancy and maximum stability. People use these settlement forms, which we give as examples in plants, in architecture, industry, and in different areas such as the design of many products. Essentially, the geometrical rules of mathematics form the basis of these settlements in plants. In this study, it was tried to determine the definitions of geometric structures based on mathematical rules in some plant structures that we can only observe with a microscope. In the study, different plant samples were used to define the geometric models. In mathematical evaluations, mathematical concepts determined in the light of the literature were used to describe the geometric models of microstructures. In the study, literature information about geometric structures and their mathematical formulas was evaluated.

Keywords: Geometric model, Mathematical formula, Microstructure

Bazı mikro yapıların geometrik modelleri

Öz

Gezeganimizde çıplak gözle görebildiğimiz makro yapıların ya da ancak mikroskopla görebileceğimiz mikro yapıların; içinde buldukları ortama yerleşmelerini ve devamlılıklarını sağlayan belli bir yapıları vardır. Bu yapılar rastgele olmayıp belli bir düzen içerisinde yerleşmişlerdir. Gözle görebildiğimiz nesnelere bunları gözlemek mümkündür. Örneğin bu durum bitkide meyve ve çiçeklerin yerleşim biçimlerinde gözlenebilir. Bu yerleşim biçimleri onlara minimum yer kaplama ve maksimum sağlam durma gibi avantajlar sağlamaktadır. İnsanlar bitkilerde örneğini verdiğimiz bu yerleşim biçimlerini mimaride, sanayide, birçok ürünün dizaynı gibi değişik alanlarda kullanırlar. Esasen bitkilerdeki bu yerleşim biçimlerinin temelini matematiğin geometrik kuralları oluşturur. Bu çalışmada ancak mikroskopla gözleyebileceğimiz bazı bitki yapılarındaki matematik kurallara dayalı geometrik yapıların tanımları belirlenmeye çalışıldı. Çalışmada geometrik modellerin tanımlanmasında farklı bitki örnekleri kullanılmıştır. Matematiksel değerlendirmelerde, mikro yapıların geometrik modellerini tanımlamak için, literatür ışığında belirlenen matematiksel kavramlar kullanıldı. Çalışmada geometrik yapılar ve bunların matematiksel formülleri ile ilgili literatür bilgileri değerlendirildi.

Anahtar Kelimeler: Geometrik model, Matematik formül, Mikro yapı

1. Giriş

The physical, biological and functional properties of many microstructures that we can see in our environment depend on the size, shape, spatial distribution of their constituent parts, as well as their layout. These properties are very important in terms of the quality of physical properties of structures such as durability, feature of occupying the smallest space and mass transfer. These macro structures that we can see with the naked eye on our planet or microstructures that we can only see with a microscope; They have a certain structure that allows them to settle and perpetuate in the environment they live in. These structures are not random, they are placed in a certain order. It is possible to observe them in objects that we can see with the naked eye. For example, this situation can be observed in the placement of fruits and flowers in the plant. These layouts provide them with advantages such as minimum space occupancy and maximum stability. People use these settlement forms, which we exemplified in plants, in various fields such as architecture, industry, and the design of many products. Essentially, the geometrical rules of mathematics form the basis of these settlements in plants. A plant part is usually made up of an aggregation of cellular that make up its microstructure and largely govern its physical properties. Each tissue grows to meet specific functional requirements that guarantee plant survival in a particular environment. The way multiple tissues come together geometrically within an organ helps determine mechanical performance, which is important for structural support. Plant structures often exhibit excellent mechanical properties. This feature is largely controlled by the geometrical structures of their micromorphologies [1].

In this study, it was tried to determine the definitions of geometric models based on mathematical rules in some plant micromorphological structures that we can only observe with a microscope.

2. Material and Method

Different plant samples were used as study material. These plant specimens were indicated in the photographs of their microstructures. In order to obtain the microstructures to be used in defining the geometric models of these samples, cross-sections of 10-20 μm were taken from different parts of the plant samples with the help of a microtome. Paraffin method was used for this process [2]. These sections obtained were colored with safranin and fast green double staining. In addition, hand sections were taken for the microstructure of the samples. The preparations prepared from the sections were examined using Leica DM 3000 motorized microscope objectives and their photographs were taken at different magnifications. In mathematical evaluations, mathematical concepts determined in the light of the literature were used to describe the geometric models of microstructures. In the study, literature information about geometric structures and their mathematical formulas was evaluated.

3. Results and Discussion

In our research, we determined that the microstructures of some parts of the plants whose microscopic structures we examined have different geometrical arrangements. We observed that some of these arrangements of microstructures belong to different types of the geometric concept of tessellation (mosaicing, flooring). In geometry, tessellation is the overlapping or covering of a surface, usually a plane, in a certain order, using one or more geometric shapes. In mathematics, tessellation can be generalized to higher dimensions and various geometries [3].

Geometric mosaic types are primarily discussed in two main groups.

1. Two-Dimensional Tessellation: Mosaicing in two-dimensional space refers to the tessellation of a plane or two-dimensional surfaces and can be simplified to some basic geometries called "prototypes".

2. Three-Dimensional Tessellation: Three-dimensional tessellation, also called spatial tessellation, has more dimensional variation than two-dimensional ones.

It was determined that the samples we examined in our study had a two-dimensional tessellation geometric model. Microstructures of some of them show Two-Dimensional Mosaic feature in Semi-Regular Mosaic (semi-regular) form. It was determined that the root micromorphological structure of the *Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf plant, which is one of the samples with a semi-regular pattern, has a geometric structure in the form of octagonal mosaicism, which is one of the two-dimensional mosaic types. Octagonal tessellation is the tiling of the plane with similar octagons (Figure 1).

Some of the plant specimens in our study have a hexagonal tessellation model and are defined with one of the Two Dimensional Mosaicing types. Hexagonal tessellation is the tiling of the plane with the same hexagons. In geometry, a hexagonal tiling or hexagonal tessellation is a regular tiling of the Euclidean plane where exactly three hexagons meet at each vertex. Hexagonal tessellation is divided into two main groups as regular and irregular. A regular hexagon creates a regular mosaic, also called a hexagonal grid. In our samples, on the other hand, irregular hexagonal mosaicing was observed. There are three distinct types of irregular hexagons whose types and general formulas are shown in figures 2, 4, and 6 [4],[5].

In our study, we detected all three types of tessellations in the microscopic structures of some of the plants we examined. The appearance of these structures under the microscope and the mosaicing types are shown in figures 3,5 and 7 (Figure 3,5,7).

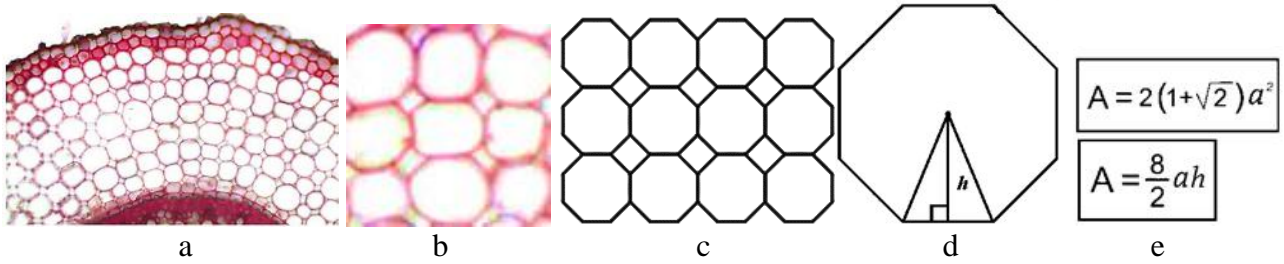


Figure 1. Semi-regular octagonal mosaic geometry model in *Hyparrhenia hirta*
 a: Microscopic view of root b: Placement of cells c: Geometric model of microstructure d, e: Area formula

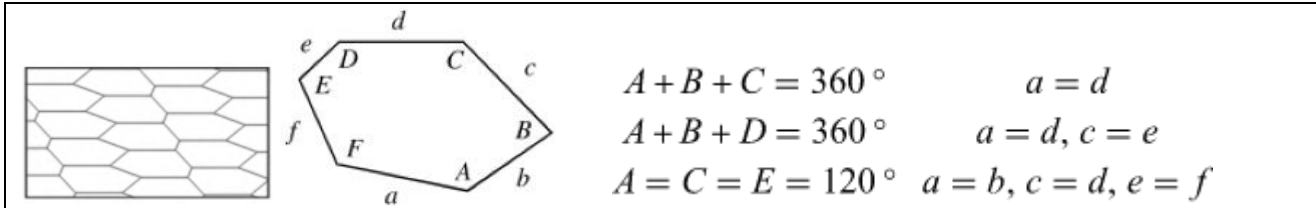


Figure 2. The appearance and general formula of the first type of irregular hexagonal mosaicing [5].

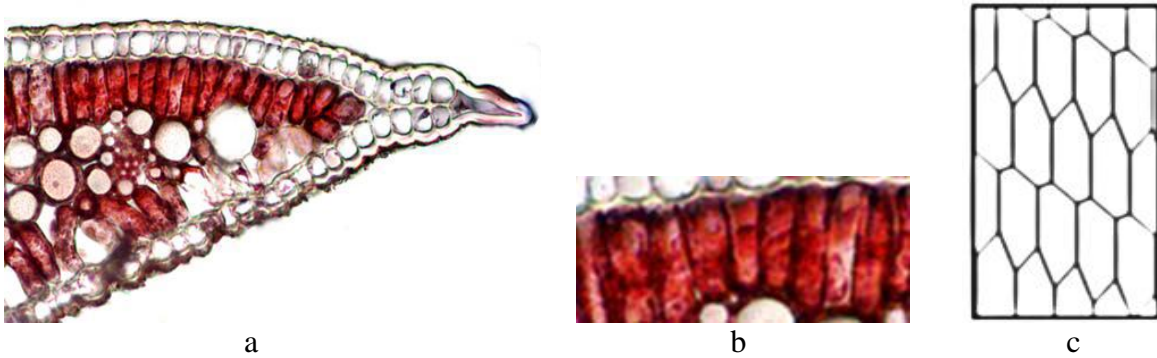


Figure 3. First type irregular hexagonal mosaic geometry model in *Muscari parviflorum*
 a: Microscopic view of leaf b: Placement of cells c: Geometric model of microstructure

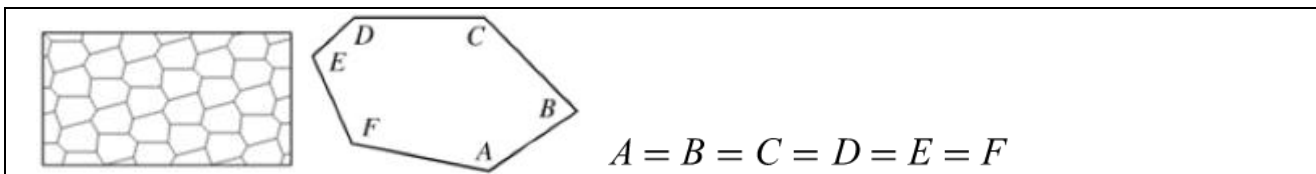


Figure 4. The appearance and general formula of the second type of irregular hexagonal mosaicing [5].

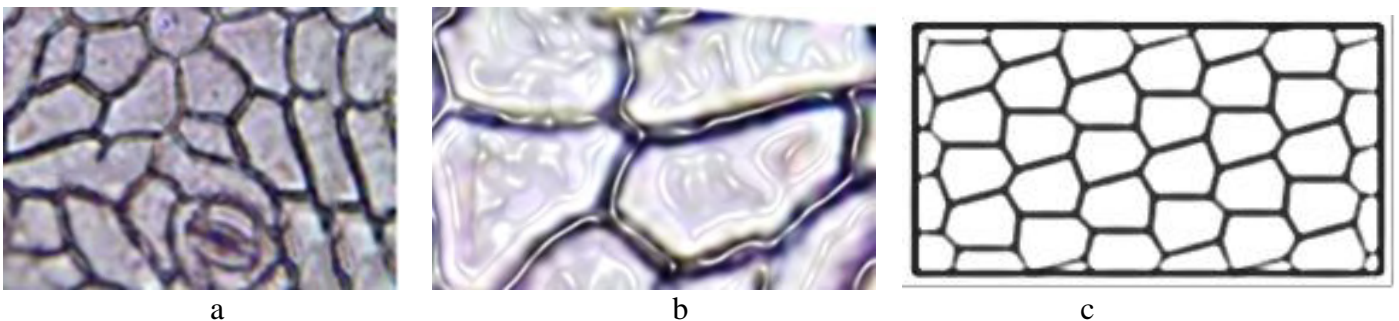


Figure 5. Second type irregular hexagonal tessellation geometry model in *Limonium gmelini*
 a: Microscopic view of leaf b: Placement of cells c: Geometric model of microstructure

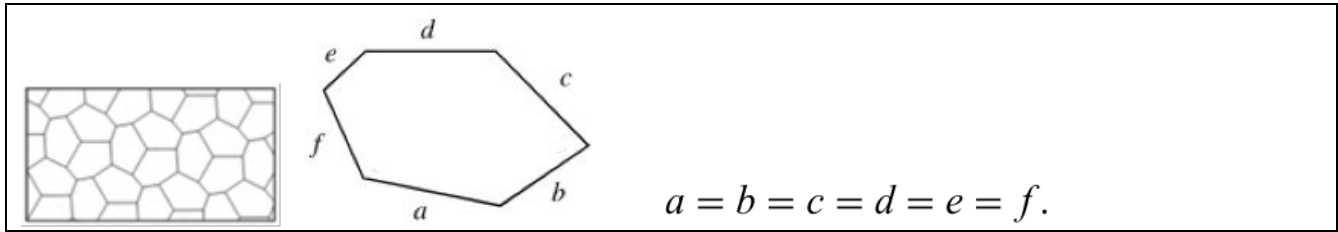


Figure 6. The appearance and general formula of the third type of irregular hexagonal mosaicing [5].

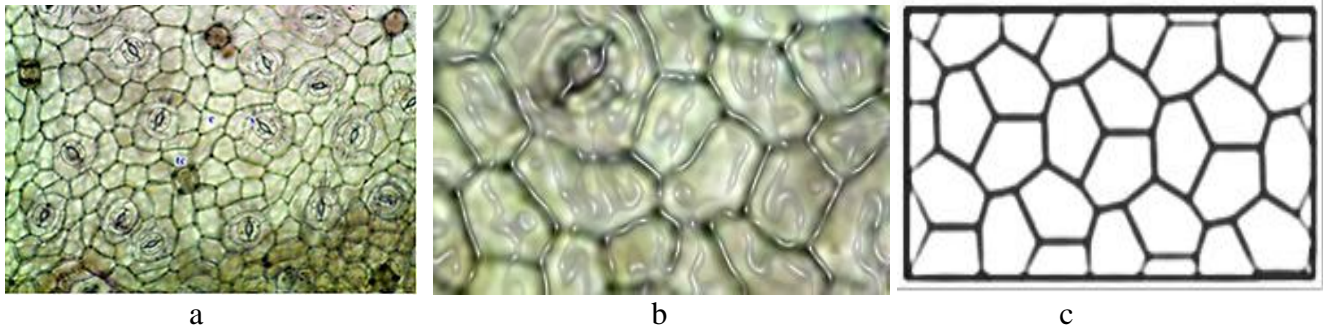


Figure 7. Third type irregular hexagonal tessellation geometry model in *Limonium gmelini*
 a: Microscopic view of leaf b: Placement of cells c: Geometric model of microstructure

On the other hand, we found that some of the microstructures we examined showed mosaicism, also called Archimedean mosaics in geometry. Regular tessellations of the plane by two or more convex regular polygons such that the same polygons surround each polygon vertex are called semi-regular mosaics or sometimes Archimedean mosaics [6-8].

There are eight such tessellations in the plane. One of them is the dodecagonal semi-regular mosaic that we observed in our study. It has twelve lines of reflective symmetry and rotational symmetry of order 12. The interior angle at each vertex of a regular dodecagon is 150° [8]. Its type and general formulas are shown below (Fig. 8).

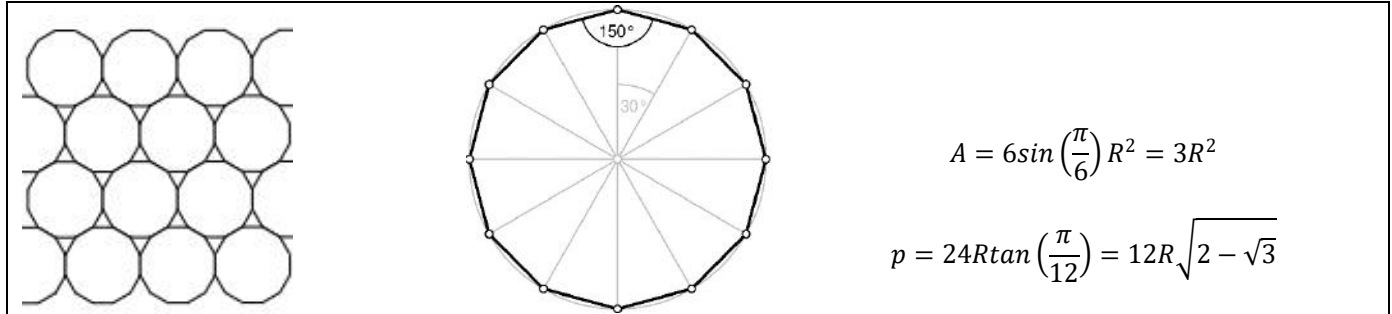


Figure 8. General formulas and representations of the Dodecagon mosaicism model [8].

(A) : Area in terms of circumferential radius R

(R) : Circumferential radius

(p) : The circumference of the Dodecagon tessellation model in terms of circumferential length

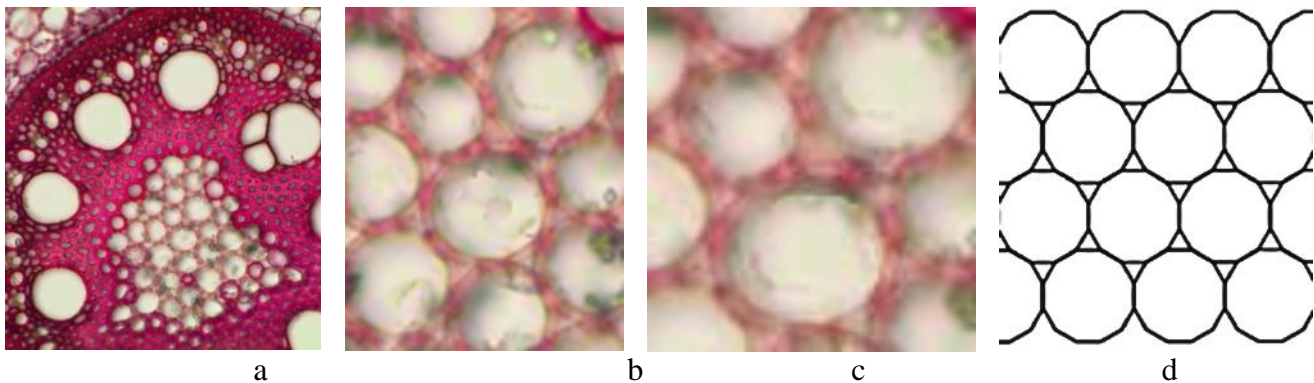


Figure 9.a: Microscope view of root *Hyparrhenia hirta*

b,c: Placement of cells

d: Geometric model of microstructure

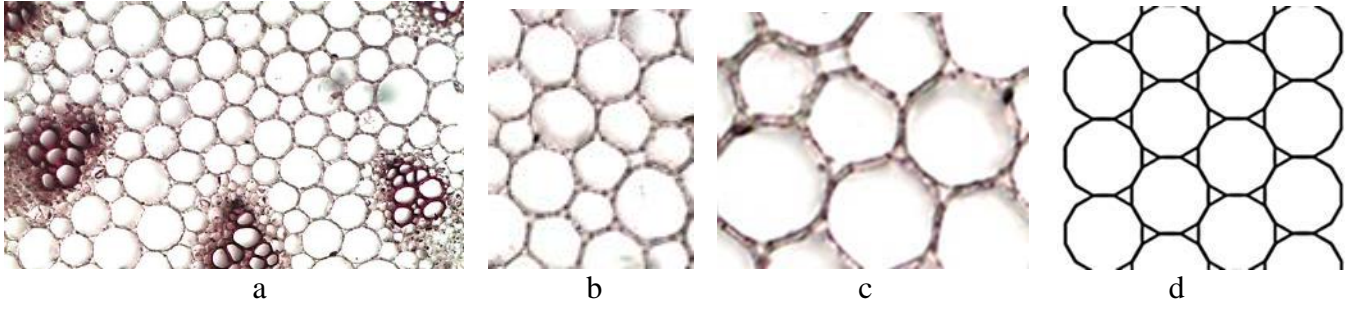


Figure 9.a: Microscope view of *Muscari parviflorum* stem b,c: Placement of cells d: Geometric model of microstructure

As a result of this study, it has been seen that some micromorphological structures of plants have properties that can be defined in geometry and expressed with parametric formulas.

Plants are made up of many cells that make up their whole. The coming together of the cells is not random, they are placed in a certain order. Cells form the micromorphological structures of plants and can only be observed with a microscope. The properties of the plant depend not only on a single cell, but also on the connections, locations and interactions between cellular components.

In this study, it was determined that some plant specimens have different geometric patterns in their micromorphological structures that we observed under the microscope.

At the same time, the equivalents and definitions of these structures in geometry were determined. Such mathematical studies of micromorphological structures are very limited in the literature [9,14]. In this study, a different perspective was provided by evaluating the micromorphological structures of some plants mathematically. Thus, it creates a new comparison opportunity for future research on the relevant subject.

4. Conclusions and Recommendations

In this study, the layout of the cells in the microstructures of plants was tried to be revealed by using the definitions corresponding to the geometrical rules.

The geometrical rules of mathematics form the basis of these settlement forms belonging to the microstructure of plants. Within the framework of these rules, the plant has advantages such as durability, support, standing firm, and occupying the least amount of space. Similarly, geometric models of plant micromorphological structures can help us understand how microstructure determines mechanical properties. It can also help us develop predictive models of known mechanical behavior. From this perspective, we believe that our study will lead to new studies.

References

[1] R. Tanvir Faisal, H. Nicolay, L. Tamara, A. Western D. Rey, P. Damiano, "Computational study of the elastic properties of Rheum rhabarbarum tissues via surrogate models of tissue geometry". *Journal of Structural Biology* 185: 285–294. 2014.
 [2] G. Algan, *Bitkisel Dokular İçin Mikroteknik*. Fırat Üniv. Fen-Ed. Fak.Yayın. Bot. No:1, İstanbul. 1981.

[3] R. Conway, H. Burgiel, G. Goodman-Strauss "The Symmetries of Things". Peters.D. Pasini, *Journal of Design & Nature and Eco dynamics* 3, 1. 2008.
 [4] M. Gardner. *Tilings with Convex Polygons*. Ch. 13 in *Time Travel and Other Mathematical Bewilderments*. New York: W. H. Freeman, pp. 162-176.1998.
 [5] Weinstein, Eric W (2007). *Hexagon Tiling*. From Math World--A Wolfram Web Resource. <https://mathworld.wolfram.com/HexagonTiling.html>.
 [6] Ghyka, M. C .1977. *The Geometry of Art and Life*, 2nd ed. New York: Dover.
 [7] Williams, R 1979. *The Geometrical Foundation of Natural Structure: A Source Book of Design*. New York: Dover.
 [8] Weinstein, Eric W (2020). "Dodecagon." From Math World--A Wolfram Web Resource. <https://mathworld.wolfram.com/Dodecagon.html>.
 [9] A. Özdemir, "Geometric Modelling and Statistical Comparison of Some Sage Glandular Hair. *Fresenius Environmental Bulletin* Vol. 27, 9: 6417-6421. 2018.
 [10] W.R. Korn and R. M. Spalding. "The Geometry of Plant Epidermal Cells" *New Phytol.* 72:1357-1365. 1973.
 [11] A Özdemir, AY Özdemir, K Yetisen, "Statistical comparative petiole anatomy of *Salvia* sp." *Planta Daninha* 34 (3), 465-474, 2016
 [12] A. Özdemir, C. Özdemir, "Numerical Comparison of Anatomical Features In Some *Allium* L." *Fresenius Environmental Bulletin* 27 (2), 1183-1190. 2018.
 [13] A. Özdemir and A. Özdemir, "Statistical Study on Some Micromorphological Characters", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 34: 135-141, 2022.
 [14] A. Özdemir. *Minimal surface micromorphological structures of plants*" *Fresenius Environmental Bulletin* 29: (08), 7065-7070.2020.



Bir Çimento Firmasında İstatistiksel Zaman Serileri Yöntemleri ve Derin Öğrenme ile Talep Tahminleme

Fatma Demircan Keskin^{1*}, Haluk Soyuer²

^{1*} Ege Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0000-0000-0000), xxxx@xxx.xx.xx

² Ege Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0000-0000-0000), xxxx@xxx.xx.xx

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1096898)

ATIF/REFERENCE: Demircan Keskin, F. & Soyuer, H. (2022). Bir Çimento Firmasında İstatistiksel Zaman Serileri Yöntemleri ve Derin Öğrenme ile Talep Tahminleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 15-20.

Öz

Talep tahminleri, üretim planlama, finansal planlama, bütçeleme, satın alma, satış gibi birçok iş sürecinin yönetilebilmesi için kritik öneme sahiptir. Talep tahminlerinin yüksek doğrulukla elde edilmesi, tüm tedarik zinciri yönetimi süreçlerinin başarısı için kilit bir faktördür. Bu çalışmada talep tahminleme problemi, bir çimento firmasının en yüksek satış payına sahip bir ürün grubunun geçmiş satış verileri kullanılarak ele alınmıştır. Ele alınan veri seti tek değişkenli bir zaman serisidir. Veri setinin ilk üç yılı eğitim, son yılı ise test seti olarak kullanılmıştır. Tahminleme için öncelikle geleneksel istatistiksel zaman serileri analiz yöntemleri uygulanmıştır. Eğitim setinde, uygulanan yöntemler içinde en başarılı olan istatistiksel zaman serileri yöntemi Basit Mevsimsel Yöntem (Simple Seasonal Method - SSM) olmuştur. SSM modelinin performansı, derin öğrenme yöntemlerinden Uzun-Kısa Süreli Bellek (Long-Short Term Memory-LSTM) temelli olarak geliştirilen modelin performansıyla karşılaştırılmıştır. LSTM modeli geliştirilirken ızgara (grid) arama yapılmış ve hiper-parametrelerin değerleri için en başarılı kombinasyon belirlenmiştir. Bu konfigürasyonla eğitilen LSTM modeli test setinde uygulanmıştır. Modellerin test setindeki tahmin performansları karşılaştırıldığında, LSTM modelinin SSM modeline göre MAPE ölçütünde %34,57, RMSE ölçütünde ise %33,74 iyileştirme sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Talep tahminleme, Tek değişkenli zaman serileri, İstatistiksel zaman serileri yöntemleri, Derin öğrenme, LSTM.

Demand Forecasting with Statistical Time Series Analysis Methods and Deep Learning in a Cement Firm

Abstract

Demand forecasts are critical for managing various business processes, including production planning, financial planning, budgeting, purchasing, and sales. Therefore, obtaining demand forecasts with high accuracy is a critical factor in successfully managing all supply chain management processes. This study addresses the demand forecasting problem by using actual past sales data of a cement firm's one product group, which has the largest sales share among all product groups. The handled data set is a univariate time series. The first three years of the data set are used as the training set; the remaining one-year data is used as the test set. Firstly, classical statistical time series analysis methods are applied to the training data. Among the methods, the Simple Seasonal Method (SSM) has the best performance. The performance of the SSM model is compared to the model developed based on Long-Short Term Memory (LSTM), a deep learning method well-known for its success for time series data. A grid search approach is performed to determine the best combination of the values of hyper-parameters for LSTM models. Finally, the selected LSTM model configuration is applied to the test set. The prediction performances of the models in the test set indicate that the LSTM model provides 34.57% improvement in the MAPE criterion and 33.74% in the RMSE criterion compared to the SSM model.

Keywords: Demand forecasting, Univariate time series, Statistical time series analysis methods, Deep learning, LSTM.

* Sorumlu Yazar: fatma.demircan.keskin@ege.edu.tr

Bu çalışma, sorumlu yazarın doktora tezine dayalı olarak üretilmiştir.

1. Giriş

Çimento üretim süreci süreç endüstrilerinin altında yer almakta ve bu endüstrinin birçok tipik özelliğini taşımaktadır. Süreç endüstrileri [1] tarafından “Karıştırma, ayırma, şekil verme veya kimyasal tepkimeler gerçekleştirerek malzemelere değer katan işletmeler” olarak tanımlanmaktadır.

Çimento üretim süreci hammaddenin hazırlanmasından başlanarak çimento öğütme ve paketleme aşamasına kadar bir dizi aşama içeren, kullanılan ekipman ve makinelerin oldukça yüksek maliyetli olduğu bir süreçtir. Süreçteki en büyük maliyet kalemlerinden biri olan elektrik enerjisi maliyeti, gün içinde üç farklı zaman diliminde farklı düzeylerde olmaktadır. Bu nedenle üretimin hangi zaman diliminde yapıldığı maliyetler açısından son derece önemlidir. Süreçte kapasite kullanımının yüksek seviyelerde tutulmasına odaklanılması, hem enerji maliyetinde hem de talebin düşük olduğu zaman dilimlerinde gereksiz yere ürün stoğu tutmaktan kaynaklı yüksek stoklama maliyetlerine sebep olabilmektedir.

Bu maliyetlerin önüne geçmek için, üretim planlama ve çizelgelemenin en önemli girdilerinden olan talep tahminlerinin başarılı bir şekilde elde edilmesi kritik öneme sahiptir.

İş süreçleri yönetiminin temel parçalarından biri olan talep tahmini, tahminlerin ilişkili olduğu değişkenlerin ve sürecin yapısına, talebin desenine ve ne kadarlık bir zaman dönemi için yapılacağına başta olmak üzere birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Talep tahminleme sürecinin karmaşıklığı değişse de amaçlanan her zaman, geçmiş veriler ışığında bir ürün için gelecekteki talebin yüksek doğrulukla tahminini elde etmektir [2].

Tahminleme yöntemleri en genel olarak sayısal ve sayısal olmayan yöntemler şeklinde sınıflandırılabilir. Sayısal tahmin yöntemlerinde tarihsel ya da nedensel değişkenler kullanılarak çeşitli matematiksel modeller ile tahminler elde edilmektedir. Sayısal olmayan yöntemlerde ise tahminleme süreci sezgiler, kişisel düşünceler ve insan faktörünü içermekte, kesin sayısal ifadeler kullanılmamaktadır [3].

Sayısal tahminleme yöntemlerinden biri olan nedensel yöntemlerde, tahmin edilecek değişken ile onunla nedensellik ilişkisi olduğu düşünülen bir dizi tahminleyici değişken kullanılabilir ve aralarında istatistiksel bir ilişki kurulmaya çalışılmaktadır [4]. Diğer sayısal tahmin yöntemi olan zaman serileri analizinde, bir dönem içinde ardışık olarak alınan gözlemler dizisini ifade eden zaman serilerinde, gözlemler arasındaki bağımlılık çeşitli tekniklerle analiz edilmektedir [5]. Zaman serileri analizinde tahmin modelleri oluşturmak için genellikle sadece zaman serisi verileri kullanılmakta, zaman serilerinin bileşenleri olan trend, mevsimsellik ve döngüsel dalgalanmaların etkilerini ölçmeye odaklanılmaktadır [4].

Zaman serileri kullanılarak yapılan analizlerde geleneksel istatistiksel yöntemlerin yanında, özellikle son yıllarda giderek artan bir şekilde makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri uygulanmaktadır ([6], [7], [8], [9]).

Bu çalışmada, tek değişkenli bir gerçek bir veri seti üzerinde, istatistiksel zaman serileri analiz ve derin öğrenme yöntemlerinin tahminleme performansı karşılaştırılmak istenmektedir. Bunun için çimento sektöründe faaliyet gösteren bir firmayı bir ürün grubuna ilişkin geçmiş satış verileri kullanılmıştır. Öncelikle tek değişkenli istatistiksel zaman

serileri yöntemleri, oluşturulan eğitim veri setine uygulanmış ve modellerin uyum istatistikleri incelenerek en iyi model seçilmiştir. En iyi modelin test veri seti üzerindeki performansı elde edilmiştir. Bunu takiben, aynı eğitim ve test veri seti kullanılarak literatürde zaman serilerinde başarılı uygulamaları olan derin öğrenme yöntemlerinden LSTM uygulanmış ve performansları karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın bir sonraki bölümünde talep tahminlemede tek değişkenli zaman serileri yöntemleri ve tek değişkenli LSTM uygulamaları yapan önceki çalışmalardan bahsedilmiştir. Bunun ardından veri seti açıklanmış, uygulanan yöntemler ve veri hazırlık aşamaları detayları ile sunulmuştur. Ardından bulgular sunulmuş ve değerlendirmeler yapılmıştır.

2. Önceki Çalışmalar

Literatürde istatistiksel tek değişkenli zaman serileri analizi yöntemlerini ve tek değişkenli LSTM ağ yapılarını uygulayarak talep tahminleme yapan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Burada yakın zamanlı çalışmalara odaklanılarak bir inceleme yapılmıştır.

[10], bir perakendeci firmanın perakende satışlarına ilişkin bir örnek olayı ele almış ve Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama (Autoregressive Integrated Moving Average – ARIMA) ve Üstel Düzeltme tabanlı modeller uygulayarak tahmin performanslarını karşılaştırmıştır. [11], Mevsimsel Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) Modelleri ve Holt-Winters Üstel Düzeltme yöntemlerini uygulayarak satış tahminleme yapmışlardır. Performans kriterlerine göre en başarılı tahmin modeli SARIMA model $(1,1,0) (0,1,0)^{12}$ olmuştur.

[12], e-ticaret platformlarında, talepleri birbiriyle ilişkilendirilebilecek ürünler için, ürünler arasındaki doğrusal olmayan talep ilişkilerini temel alan bütünleşik bir LSTM tabanlı bir talep tahminleme yaklaşım önermişlerdir.

[13] çok katmanlı LSTM ağları tabanlı bir talep tahminleme yaklaşımı önermiştir. Çalışmalarında farklı hiper-parametre kombinasyonlarını izgara arama yöntemi ile denemiş ve en iyi tahminleme modelini seçmişlerdir. LSTM tabanlı modelin performansını ARIMA ve Üstel Düzeltme gibi istatistiksel zaman serileri analiz yöntemleri ve çeşitli yapay zeka tabanlı yöntemlerin performanslarıyla karşılaştırmışlardır. Önerdikleri yaklaşım, denenen tüm modeller arasında en yüksek performansı göstermiştir.

[14], tedarik zinciri yönetiminde nihai tüketici talep tahminlemesi problemini LSTM ile ele almış, gerçek veri setleri üzerinde geliştirdikleri LSTM modellerinin performansını değerlendirmişlerdir.

[15], bir perakende mağazasının satış verilerini kullanarak satış tahmini yapmıştır. Çalışmalarında SARIMA ve Üstel Düzeltme Yöntemi olmak üzere istatistiksel zaman serileri analiz yöntemlerini ve LSTM, Evrimsel Sinir Ağları (Convolutional Neural Network - CNN) ve Prophet yöntemlerini uygulamışlardır. Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Absolute Percentage Error – MAPE) ve Kök Ortalama Kare Hata (Root Mean Square Error – RMSE) kriterlerine göre yaptıkları tahminleme performans değerlendirmesinde en başarılı sonuçlara LSTM ile ulaşmışlardır.

3. Materyal ve Metot

2.1. Veri Seti

Bu çalışmanın veri setini çimento sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın, toplam satışları içinde en yüksek paya sahip olan ürün grubunun 4 yıl boyunca gerçekleştirilen satış miktarları oluşturmaktadır. Bu satış miktarları bayiler aracılığıyla ve doğrudan müşteriye yapılan satışların toplamını içermektedir.

Analiz öncesi satış verileri gün sayısı bakımından (1) no'lu denklem kullanılarak düzeltilmiştir:

$$GSD_t = \frac{30}{\text{Düzeltilme yapılacak aydaki gün sayısı}} * Y_t \quad (1)$$

GSD_t : t ayına ilişkin gün sayısı bakımından düzeltilmiş satış miktarı

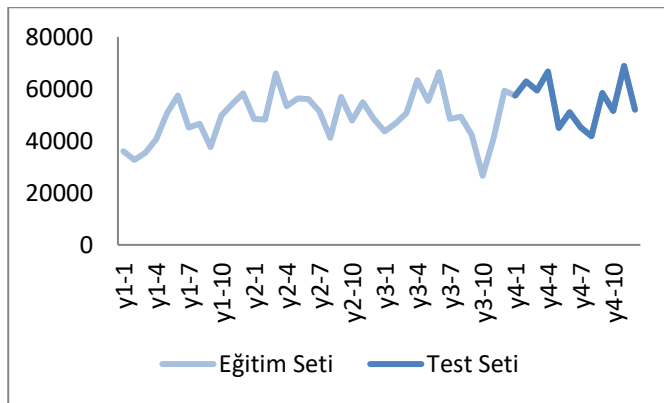
Y_t : t ayında yapılan satış miktarı

Gün sayısı bakımından düzeltilmiş satış verilerinin bir kısmı Tablo 1'de özet olarak verilmektedir.

Tablo 1. Özet Satış Verileri

Yıl	Ay	Satış Miktarı (ton)
Y1	1	36.026,12
Y1	2	32.717,38
Y1	3	35.368,96
---	---	---
Y4	10	51.462,58
Y4	11	68.819,30
Y4	12	51.955,72

Çalışmada uygulanan modelleri eğitmek için ilk 3 yıldaki veriler, modellerin performanslarını test etmek için ise son 1 yıldaki veriler kullanılmıştır. Eğitim ve test verisi Şekil 1'de grafik olarak sunulmaktadır.



Şekil 1. Analiz periyodu boyunca gerçekleşen aylık satış miktarları

2.2. İstatistiksel Zaman Serileri Yöntemleri ile Talep Tahminleme

Bu çalışmada istatistiksel zaman serileri analizleri SPSS 15 programında zaman serileri modelleyicisi kullanılarak, Tek Üstel Düzeltme Yöntemi, Holt'un Doğrusal Yöntemi, SSM, Toplamsal Holt-Winters Yöntemi, Çarpımsal Holt-Winters

Yöntemi ve ARIMA modelleri uygulanarak yapılmıştır. Yöntemler arasında, MAPE ve RMSE performans kriterlerine göre, eğitim verisinde en iyi tahminleri veren model seçilmiştir. MAPE ve RMSE'nin formülleri sırasıyla (2) ve (3) no'lu denklemlerde ifade edilmiştir.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right| \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2} \quad (3)$$

Denklem (2)- (3)'te:

Y_t : t periyodundaki gerçekleşen talep değeri
 F_t : t periyodundaki tahminlenen talep değeri

Uygulanan tüm istatistiksel zaman serileri analizi yöntemlerinin matematiksel ifadeleri aşağıda sunulmaktadır:

Tek Üstel Düzeltme Yöntemi

Matematiksel ifadesi ([16]):

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) F_t \quad (4)$$

Holt'un Doğrusal Yöntemi

Matematiksel ifadesi ([17]):

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (5)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (6)$$

$$F_{t+m} = L_t + b_t m \quad (7)$$

SSM

Matematiksel ifadesi ([18]):

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)L_{t-1} \quad (8)$$

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (9)$$

$$F_{t+m} = L_t + S_{t+m-s} \quad (10)$$

Toplamsal Holt-Winters Yöntemi

Matematiksel ifadesi ([17]):

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (11)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (12)$$

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (13)$$

$$F_{t+m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m} \quad (14)$$

Çarpımsal Holt-Winters Yöntemi

Matematiksel ifadesi ([19]):

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (15)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (16)$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (17)$$

$$F_{t+m} = (L_t + b_t m) S_{t-s+m} \quad (18)$$

Denklem (4)- (18)'da:

F_{t+1} : t+1 periyodundaki tahminlenen talep değeri

F_t : t periyodundaki tahminlenen talep değeri

Y_t : t periyodundaki gerçekleşen talep değeri

L_t : t zamanında serinin genel seviyesi

b_t : Trend bileşeni

F_{t+m} : m periyot ilerisinin tahmin değeri

S_t : Mevsimsel bileşen

s: Mevsimsel uzunluk

α, β ve γ : Değerleri 0 ile 1 arasında olabilen düzeltme parametreleri

ARIMA

Matematiksel ifadesi ([20]):

$$y_t = \theta_0 + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (19)$$

y_t, \dots, y_{t-p} : Gerçek değer
 ϕ_1, \dots, ϕ_p : d dereceden farkı alınmış gözlem değerleri için katsayılar

$\varepsilon_t, \dots, \varepsilon_{t-q}$: Rassal hata terimleri

$\theta_0, \dots, \theta_q$: Hata terimleri ile ilgili katsayılar

p: AR modelinin derecesi

q: MA modelinin derecesi

2.3. LSTM ile Talep Tahminleme

Bir Tekrarlayan Sinir Ağları (Recurrent Neural Networks – RNN) mimarisi olan LSTM, RNN'nin bilgiyi kısa zamanlı tutabilmesi ve RNN'de geri yayılımda kaybolan gradyan sorunu ile karşılaşılabilecek problemlerinin üstesinden gelmek amacıyla oluşturulmuş ağ yapısıdır [21]. LSTM mimarisinde hangi bilginin ne kadar süre kalacağını, ne zaman unutulacağını belirlemek de dahil olmak üzere bilgi akışları, giriş, unutma ve çıkış kapıları aracılığıyla düzenlenmektedir [22].

LSTM blok diyagramı aşağıda matematiksel ifadeleri sunulan üç kapı ve iki aktivasyon fonksiyonunu içermektedir [23].

$$f_t = \sigma(W_f[h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (20)$$

$$i_t = \sigma(W_i[h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (21)$$

$$o_t = \sigma(W_o[h_{t-1}, x_t] + b_o) \quad (22)$$

$$\tilde{c}_t = \tanh(W_c[h_{t-1}, x_t] + b_c) \quad (23)$$

$$c_t = f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot \tilde{c}_t \quad (24)$$

$$h_t = o_t \odot \tanh(c_t) \quad (25)$$

Matris çarpımı $W_f[h_{t-1}, x_t] = W_h h_{t-1} + W_x x_t$ şeklinde olmak üzere, (20)-(25) no'lu denklemlerde f_t unutma kapısının sonucu, i_t giriş kapısının sonucu, o_t çıktı kapısının sonucu, \tilde{c}_t yeni hücre durumu, c_t son hücre durumu ve h_t hücre çıkışını ifade etmektedir. W_f, W_i ve W_o sırasıyla unutma, girdi ve çıktı kapılarının ağırlıklarını; b_f, b_i, b_o ise sırasıyla unutma, girdi ve çıktı katmanlarının sapmalarını göstermektedir. \odot Hadamard çarpımını, σ lojistik sigmoid fonksiyonunu, \tanh ise hiperbolik tanjant fonksiyonunu ifade etmektedir [23].

LSTM modeli uygulanmadan önce, gün sayısına göre düzeltilmiş aylık satış verileri Min-Max normalizasyonu ile normalize edilmiştir. LSTM modelinin hiper-parametreleri GridSearchCV() metoduyla ızgara arama yapılarak ve veri setinin küçük boyutlu olması sebebiyle 3 katlı çapraz doğrulama yapılarak belirlenmiştir. LSTM modellerine ilişkin uygulamalarda Python programlama dilinin 3.9.9 versiyonu kullanılmıştır. Modeller 1,2,3,4 olmak üzere farklı zaman adımları (time step) için çalıştırılmıştır.

ızgara aramada farklı parti boyutları (batch size), döngü sayıları (epoch), nöron sayıları, seyreltme değerleri ve optimizasyon yöntemleri denenmiş ve MAPE ve RMSE kriterlerine göre en uygun model bulunmaya çalışılmıştır. Tüm modeller 10 kez çalıştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan hiper-parametre değerleri Tablo 2'de sunulmaktadır:

Tablo 2. Deneysel çalışmalarda kullanılan hiper-parametre değerleri

Hiper-parametre	Değer
Parti boyutu	2,4,8,16,32
Döngü sayısı	10, 50, 100

Nöron sayısı	2, 10, 50
Seyreltme değeri	0 - 0,2 - 0,5
Optimizasyon yöntemleri	SGD, Adam

4. Bulgular

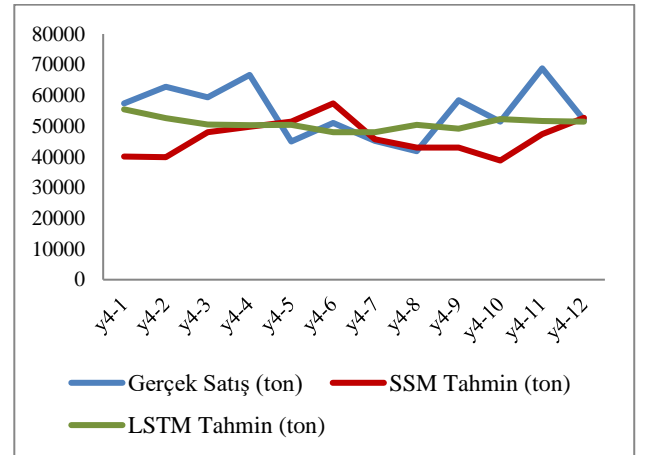
Çalışmada kullanılan eğitim veri setine SPSS 15 programında zaman serileri modelleyicisi kullanılarak tek değişkenli istatistiksel zaman serileri yöntemleri uygulanmıştır. MAPE ve RMSE performans kriterlerine göre en başarılı model SSM ile elde edilmiştir. SSM modelinin tahmin edilen parametreleri $\alpha=0,4$ ve $\gamma=6,88E-007$ olmuştur. Eğitim setinde SSM modelinin uyum istatistiklerine bakıldığında MAPE değeri %12,058 ve RMSE değeri 6680,887 ton olarak görülmüştür.

LSTM uygulamasında ise, yapılan ızgara aramasında MAPE ve RMSE performans kriterlerine göre en başarılı sonucu veren hiper-parametre kombinasyonu seçilmiştir. Bu kombinasyonda zaman adımı 3, parti boyutu 2, döngü sayısı 50, nöron sayısı 50, optimizasyon yöntemi Adam olmuştur. En iyi LSTM modelinin eğitim setindeki MAPE değeri %12,748 ve RMSE değeri 7873,605 ton olarak elde edilmiştir.

Bu konfigürasyon ile modelin 10 kez çalıştırılması sonucu elde edilen ortalama tahminler kaydedilmiştir. Eğitilen modeller ile test setinde aylık tahminler elde edilmiş ve tahminler gün sayısına göre düzeltilmiştir. Modellerin test setindeki performansları Tablo 3'te sunulmaktadır. Şekil 2'de ise test setinde gerçek satış değerleri ve model tahminleri grafik olarak sunulmuştur.

Tablo 3. Test setinde model performansları

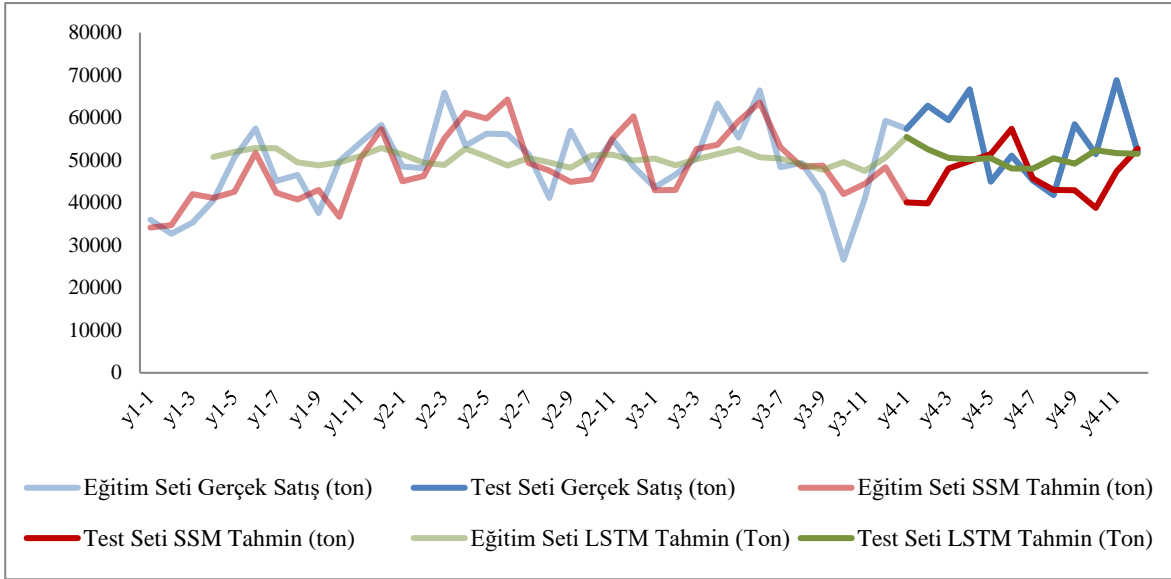
Performans Kriterleri	SSM Modeli	LSTM Modeli
MAPE	%18,784	%,12, 278
RMSE	13489,163 ton	8938,473 ton



Şekil 2. Test setinde gerçek satış ve model tahminleri

Tablo 3'te görüldüğü gibi, test setinde LSTM modeli, hem MAPE hem de RMSE ölçütünde SSM modelinden oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. Test setinde LSTM modelinin tahmin performansı SSM modeline göre MAPE ölçütünde %34,57, RMSE ölçütünde ise %33,74 daha iyidir.

Eğitim ve test setini kapsayacak şekilde tüm veri seti için model tahminleri ve gerçek satış değerleri Şekil 3'te sunulmaktadır.



Şekil 3: Tüm veri seti için gerçek satış ve model tahminleri

5. Sonuç

Talep tahminleri işletmelerin üretim planlama ve kontrol sistemleri için temel girdiyi oluşturmaktadır. Talebin yüksek doğrulukla tahminlenmesi işletmelerin tedarik zinciri süreçlerini etkin bir şekilde yönetebilmeleri için kritik öneme sahiptir.

Bu çalışmada tek değişkenli zaman serilerinde talep tahminleme problemi ele alınmıştır. Zaman serilerinde tahminleme problemlerinde özellikle son yıllarda derin öğrenme tabanlı modellere sıklıkla başvurulmakta ve başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Bu noktadan hareketle, bu çalışmada, zaman serilerindeki başarılı uygulamaları ile ön plana çıkan derin öğrenme yaklaşımlarından LSTM uygulanmıştır. LSTM'nin performansı, geleneksel istatistiksel zaman serisi analiz yöntemleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Çalışmanın veri setini, bir çimento firmasının bir ürün grubuna ilişkin dört yıl boyunca gerçekleştirilmiş olan aylık satış verileri oluşturmaktadır. Veri setinin ilk üç yılı eğitim, son bir yılı test seti olarak kullanılmıştır. Geliştirilen modellerin tahmin performansı MAPE ve RMSE performans ölçütleri ile değerlendirilmiştir.

Eğitim seti için uygulanan istatistiksel tek değişkenli zaman serileri yöntemlerinden en başarılı sonucu veren model SSM olmuştur.

LSTM modelleri geliştirilirken eğitim setinde hiperparametreler için çok sayıda değer ızgara arama ile denenmiş ve en başarılı kombinasyon belirlenmiştir. Eğitilen SSM ve LSTM modellerinin test setinde uygulanmıştır.

Bulgular, test setinde LSTM modelinin hem MAPE hem de RMSE ölçütlerine göre daha başarılı olduğuna işaret etmektedir. LSTM modeli ile elde edilen tahminlerin MAPE'si % 12,278, RMSE değeri ise 8938,473 ton olarak elde edilmiştir.

LSTM modeli, test setinde talep tahminlemede, SSM modeline göre MAPE ölçütünde %34,57, RMSE ölçütünde ise %33,74 iyileştirme sağlamıştır. Çalışmada ele alınan çimento firmasının en yüksek satış payına sahip bu ürün grubu için talep tahminlerinin doğruluğunda gerçekleştirilen bu iyileştirmenin, üretim planlarına ve kısa dönemli üretim çizelgelerine

yansıtacağı düşünülmektedir. LSTM modeli ile elde edilen tahminler göz önünde bulundurularak üretimin planlanması ve çizelgelenmesi, üretimin düşük elektrik enerjisi maliyetinin olduğu zaman dilimlerinde yoğunlaştırılmasına ve ürün stoklama maliyetlerinin düşürülmesine imkan sağlayacaktır.

LSTM modelinin tahminleme performansında sağladığı iyileştirme, küçük boyutlu zaman serilerinde dahi derin öğrenme algoritmalarının başarılı performans gösterdiklerine dair bir örnek sunmaktadır.

6. Teşekkür

Yazarlar, SAN-TEZ Programı kapsamında 0426.STZ.2013-2 proje numarası ile bu teze destek veren TC Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü'ne ve proje boyunca desteklerini esirgemeyen firma yetkililerine teşekkür eder. Yazarlar ayrıca, 2211 Yurtiçi Doktora Burs Programı ile bu çalışmanın sorumlu yazarına doktora eğitimi boyunca destek verdiği için TÜBİTAK'a teşekkür eder.

Kaynakça

- [1] APICS Dictionary (1987), American Production and Inventory Control Society, Inc., Falls Church, VA.
- [2] Merkuryeva, G., Valberga, A., & Smirnov, A. (2019). Demand forecasting in pharmaceutical supply chains: A case study. *Procedia Computer Science*, 149, 3-10.
- [3] Stevenson, W. J. (2012). *Operations Management*. 11th Edition. McGraw-Hill Global Education.
- [4] Lawrence, K. D., & Klimberg, R.K. (Eds.). (2018). *Advances in business and management forecasting*. Volume 12. Emerald Group Publishing.
- [5] Box, G. E., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). *Time series analysis: forecasting and control*. John Wiley & Sons.
- [6] Bontempi, G., Ben Taieb, S., & Borgne, Y. A. L. (2012, July). Machine learning strategies for time series forecasting. In *European business intelligence summer school* (pp. 62-77). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [7] Loureiro, A. L., Miguéis, V. L., & da Silva, L. F. (2018). Exploring the use of deep neural networks for sales

- forecasting in fashion retail. *Decision Support Systems*, 114, 81-93.
- [8] Wanchoo, K. (2019, March). Retail demand forecasting: a comparison between deep neural network and gradient boosting method for univariate time series. In *2019 IEEE 5th International Conference for Convergence in Technology (I2CT)* (pp. 1-5). IEEE.
- [9] Mahmoud, A., & Mohammed, A. (2021). A survey on deep learning for time-series forecasting. In *Machine Learning and Big Data Analytics Paradigms: Analysis, Applications and Challenges* (pp. 365-392). Springer, Cham.
- [10] Ramos, P., Santos, N., & Rebelo, R. (2015). Performance of state space and ARIMA models for consumer retail sales forecasting. *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 34, 151-163.
- [11] Pongdatu, G. A. N., & Putra, Y. H. (2018, August). Seasonal time series forecasting using SARIMA and Holt Winter's exponential smoothing. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 407, No. 1, p. 012153). IOP Publishing.
- [12] Bandara, K., Shi, P., Bergmeir, C., Hewamalage, H., Tran, Q., & Seaman, B. (2019, December). Sales demand forecast in e-commerce using a long short-term memory neural network methodology. In *International conference on neural information processing* (pp. 462-474). Springer, Cham.
- [13] Abbasimehr, H., Shabani, M., & Yousefi, M. (2020). An optimized model using LSTM network for demand forecasting. *Computers & industrial engineering*, 143, 106435.
- [14] Pacella, M., & Papadia, G. (2021). Evaluation of deep learning with long short-term memory networks for time series forecasting in supply chain management. *Procedia CIRP*, 99, 604-609.
- [15] Ensafi, Y., Amin, S. H., Zhang, G., & Shah, B. (2022). Time-series forecasting of seasonal items sales using machine learning—A comparative analysis. *International Journal of Information Management Data Insights*, 2(1), 100058.
- [16] Goh, C., & Law, R. (2002). Modeling and forecasting tourism demand for arrivals with stochastic nonstationary seasonality and intervention. *Tourism management*, 23(5), 499-510.
- [17] Chase, C. W. (2013). *Demand-driven forecasting: a structured approach to forecasting*. John Wiley & Sons.
- [18] Dankwa, P., Cudjoe, E., Amuah, E. E. Y., Kazapoe, R. W., & Agyemang, E. P. (2021). Analyzing and forecasting rainfall patterns in the Manga-Bawku area, northeastern Ghana: Possible implication of climate change. *Environmental Challenges*, 5, 100354.
- [19] Chatfield, C., & Yar, M. (1988). Holt-Winters forecasting: some practical issues. *Journal of the Royal Statistical Society: Series D (The Statistician)*, 37(2), 129-140.
- [20] Zhang, G. P. (2003). Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. *Neurocomputing*, 50, 159-175.
- [21] Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural computation*, 9(8), 1735-1780.
- [22] Bandara, K., Bergmeir, C., & Smyl, S. (2020). Forecasting across time series databases using recurrent neural networks on groups of similar series: A clustering approach. *Expert systems with applications*, 140, 112896.
- [23] Khalil, K., Eldash, O., Kumar, A., & Bayoumi, M. (2019). Economic LSTM approach for recurrent neural networks. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, 66(11), 1885-1889.



Yakıt Karışımlarında Adyabatik Alev Sıcaklığının Hesaplanması

Mehmet Özgün Korukçu^{1*}

^{1*} Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-4761-4304), ozkorukcu@uludag.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1097085)

ATIF/REFERENCE: Korukçu, M.Ö. (2022). Yakıt Karışımlarında Adyabatik Alev Sıcaklığının Hesaplanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 21-25.

Öz

Artan yakıt maliyetleri ve geleneksel yakıtların kullanımından dolayı bazı yakıtların birbirleriyle karıştırılarak daha verimli yanma ve daha yüksek ısı enerjisi elde edilebilir. Bu çalışmada oktan, etil alkol (C₈H₁₈, C₂H₅OH) ve metan, hidrojen (CH₄, H₂) yakıt karışımlarında adyabatik alev sıcaklığını sayısal olarak çok kısa sürede hesaplayabilen bir algoritma geliştirilmiştir. Yakıtların termofiziksel özellikleri CoolProp veri tabanından alınarak MATLAB programında geliştirilen hesaplamalarda kullanılmıştır. Yakıtların karışım oranı, eksik ya da fazla hava kullanılmasının adyabatik alev sıcaklığı üzerine olan etkileri incelenmiştir. Ayrıca yakıt karışımlarının adyabatik alev sıcaklığını mol oranı ve hava eşdeğerlik katsayısı cinsinden veren bağıntılar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yanma, Kimyasal Denge, Adyabatik Alev Sıcaklığı, Yakıt Karışımı

Calculation of Adiabatic Flame Temperature in Fuel Blends

Abstract

Due to increasing fuel prices and usage of conventional fuels, more efficient combustion and higher heat energy by blending some fuels can be obtained. In this study rapid calculation algorithm for calculating adiabatic flame temperature of octane, ethyl alcohol (C₈H₁₈, C₂H₅OH) and methane, hydrogen (CH₄, H₂) fuel blends. Thermophysical properties of fuels are taken from CoolProp database and used for calculations in MATLAB program. Effects of blending ratio and air equivalence ratio on adiabatic flame temperature are investigated. Moreover, relations of adiabatic flame temperature of fuel blends are derived with respect to blending ratio and air equivalence ratio.

Keywords: Combustion, Chemical Equilibrium, Adiabatic Flame Temperature, Fuel Blend.

* Sorumlu Yazar: ozkorukcu@uludag.edu.tr

1. Giriş

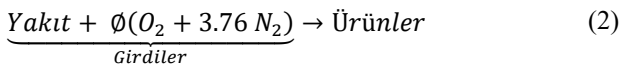
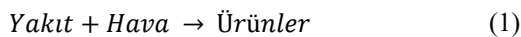
Günümüzde kullandığımız enerjinin çoğu hidrokarbon temelli yakıtların sıvı, gaz ya da katı biçimde yakılmasından elde edilmektedir. Yanma uygulamaları enerji üretim santrallerinde, endüstride üretimde, evsel ve endüstriyel ısıtma sistemlerinde, kirlenici emisyon ve yanma işlemlerinin aktif kontrolünde kullanılmaktadır (Kuo, 2005). Ön karışimli yanma tepkimelerinde genellikle ana etken eşdeğerlik oranıdır (ϕ). Fazla hava kullanılması durumunda $\phi > 1$, stokiyometrik hava kullanılması durumunda $\phi = 1$ ve az hava olması durumunda ise $\phi < 1$ olmaktadır (Poinsoot & Veynante, 2005). Yanma işleminde bir başka önemli parametre ise adyabatik alev sıcaklığıdır (AAS). Adyabatik alev sıcaklığı adyabatik yanma işleminde herhangi bir iş, kinetik ve potansiyel enerji değişiminin olmadığı durumda ürünlerin sıcaklığıdır. Stokiyometrik hava kullanıldığında en yüksek adyabatik alev sıcaklığı değerine ulaşılır. Adyabatik alev sıcaklığı değerinin yüksek olması yanma verimini artırırken yanma sonucu elde edilen emisyonlarda artışa ya da is birikimine neden olabilir. Bu nedenle adyabatik alev sıcaklığını kontrol etmek için eşdeğerlik oranı değiştirilmektedir (Wylene, C Borgnakke_ Richard Edwin Sonntag, n.d.).

Adyabatik alev sıcaklığı, yanma tepkimesinde açığa çıkan ısı enerjisini hesaplamak için birkaç program bulunmaktadır. Reynolds eleman potansiyel yöntemi kullanarak tepkime denkleştirme için STANJAN programını geliştirmiştir (Reynolds, 1986). Gordon ve McBride kompleks kimyasal denge kompozisyonları ve uygulamaları için (CAE) bir program kullanmışlardır (Gordon & McBride, 1994). Olikara yanma ürünlerinin sıcaklığa bağlı olarak gaz sabiti, entalpisi, iç enerjisi ve kısmi türevlerini hesaplayabilen bir program sunmuştur (Olikara & Borman, 1975). Eriksson yanma tepkimesi için girenler ve ürünlerin termofiziksel özelliklerinin bulunabileceği MATLAB tabanlı bir grafik ara yüzü programı geliştirmiştir (Eriksson, 2004). GASEQ ise adyabatik alev sıcaklığı, ürünlerin ve girenlerin katsayıları ile şok hesaplamalarının yapılabileceği başka bir yazılımdır (Morley, n.d.).

Bu çalışmada ise MATLAB programı ve CoolProp (Bell, 2013) veri tabanı kullanılarak oktan, etil alkol (C_8H_{18} , C_2H_5OH) ve metan, hidrojen (CH_4 , H_2) yakıt karışımlarının adyabatik alev sıcaklığı değerlerini hesaplayabilen bir program geliştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bir yanma işleminde yakıt oksitlenir ve sistemden çevreye ısı geçişi olur. Oksitleyici olarak hava kullanılır. Yanma tepkimesinin genel yapısı Eşitlik 1'de verilmiştir. Eşitlik 2'de gösterildiği üzere yanma tepkimesine giren maddeler girdiler, yanma sonu ürünleri ise çıkanlar olarak adlandırılır (Wylene, C Borgnakke_ Richard Edwin Sonntag, n.d.).



Sürekli rejim koşullarında Termodinamiğin I. Kanunu Eşitlik 3'deki gibi yazılabilir.

$$Q - W = \Delta H \quad (3)$$

Sistemde herhangi bir mekanik iş ($W=0$) yapılmadığı sürece yanma tepkimesinden çıkan enerji ($Q_{çıkan}$), girdiler ile ürünler arasındaki toplam entalpi farkına eşit olacaktır.

Eşitlik 4'de verilen N mol sayısı, \bar{h}_{for}° oluşum entalpisi, \bar{h}_T bileşenin belirli bir sıcaklıktaki entalpisi ve \bar{h}_{ref}° ise bileşenin 1 atm, basınç 25 °C sıcaklıktaki referans entalpisini göstermektedir.

$$Q_{çıkan} = \frac{\sum N_G (\bar{h}_{for}^\circ + \bar{h}_T - \bar{h}_{ref}^\circ)_G}{\text{Yakıtın birim kmol başına giren enerji}} - \frac{\sum N_U (\bar{h}_{for}^\circ + \bar{h}_T - \bar{h}_{ref}^\circ)_U}{\text{Yakıttan birim kmol başına çıkan enerji}} \quad (4)$$

Adyabatik yanma işleminde (Eşitlik 5) girdilerin ve ürünlerin entalpileri eşit olur (Eşitlik 6).

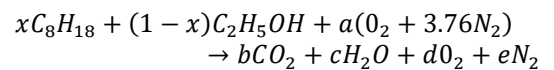
$$Q = W = 0 \quad (5)$$

$$H_G = H_U \quad (6)$$

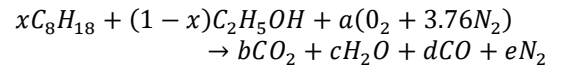
Eşitlik 7 girdiler ile ürünler arasındaki enerji dengesini göstermektedir. Eşitlik 7 kullanılarak ürünlerin entalpisi ($\bar{h}_{T,p}$) ve adyabatik alev sıcaklığı (T_{af}) bulunabilir.

$$\sum N_G (\bar{h}_{for}^\circ + \bar{h}_T - \bar{h}_{ref}^\circ)_G = \sum N_U (\bar{h}_{for}^\circ + \bar{h}_T - \bar{h}_{ref}^\circ)_U \quad (7)$$

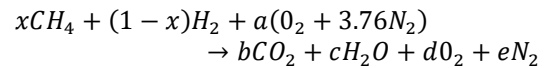
Oktan, etil alkol (C_8H_{18} , C_2H_5OH) karışımının fazla hava ile yakılması aşağıdaki gibi modellenmiştir.



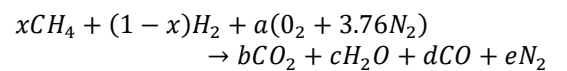
Oktan, etil alkol (C_8H_{18} , C_2H_5OH) karışımının az hava ile yakılması aşağıdaki gibi modellenmiştir.



Metan, hidrojen (CH_4 , H_2) karışımının fazla hava ile yakılması aşağıdaki gibi modellenmiştir.



Metan, hidrojen (CH_4 , H_2) karışımının az hava ile yakılması aşağıdaki gibi modellenmiştir.

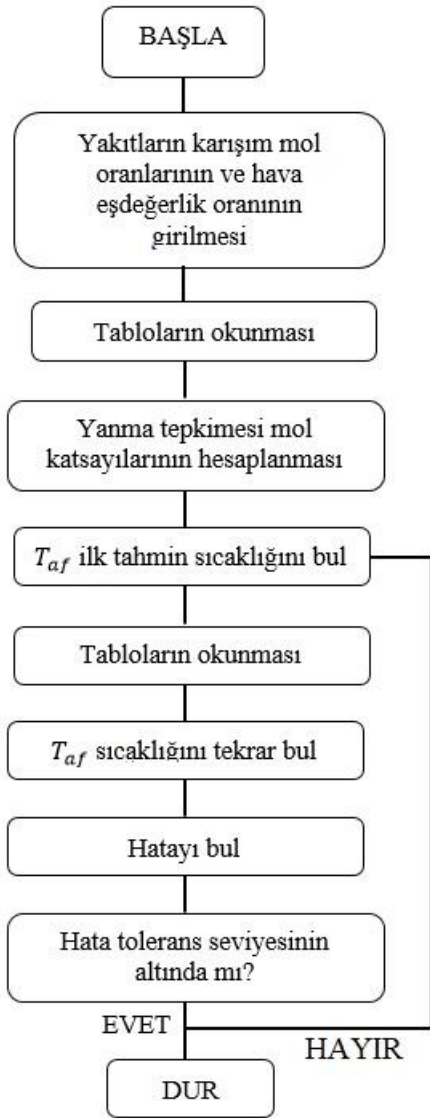


Çalışmada aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

- Hava ve ürünler ideal gazdır.
- Yanma ve çevre basıncı 1 atm değerindedir.

- Yakıt yanma odasına 25°C sıcaklıkta girmektedir.
- Çevre sıcaklığı 25°C değerindedir.

Hesaplama programında kullanılan adımları içeren akış şeması Şekil 1'de görülebilmektedir. Yakıt karışımının mol oranı yüzdesel olarak seçildikten sonra, hava eşdeğerlik oranı girilmekte, ardından yanma tepkimesine giren ve ürünlerin termofiziksel özellikleri tablolardan okunması, girdiler ve ürünlerin mol katsayılarının hesaplanması, ilk tahmini adyabatik alev sıcaklığının (T_{af}) hesaplanması, tabloların tekrar okunması ve adyabatik alev sıcaklığının tekrar bulunması, iki adyabatik alev sıcaklığı arasındaki hata ($\Delta\varepsilon = 1 \times 10^{-15}$) tolerans değerinin altında ise program durmakta, bulunan hata tolerans değerinin üstünde ise ilk tahmini yapılan adyabatik alev sıcaklığı değiştirilmekte ve hata tolerans değerinin altına gelene kadar program devam etmektedir.



Şekil 1. Programın akış şeması.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

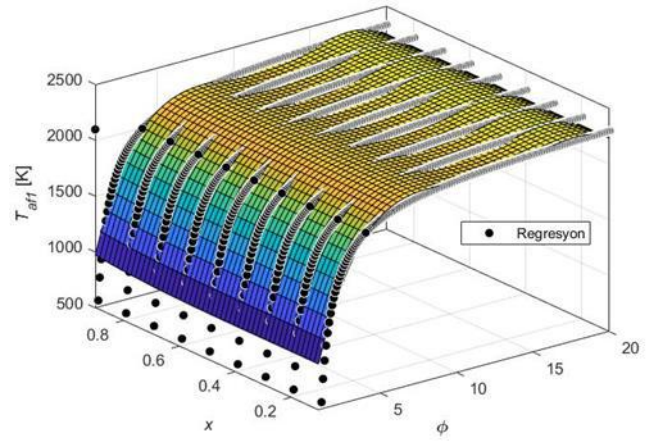
Oktan, etil alkol (C_8H_{18} , C_2H_5OH) karışımının fazla hava ile yakılması ($\phi > 1$) durumunda elde edilen adyabatik alev

sıcaklığının (T_{af1}), hava eşdeğerlik oranı (ϕ) ve Oktanın (C_8H_{18}) karışım mol oranına (x) göre değişimi Şekil 2'de verilmiştir.

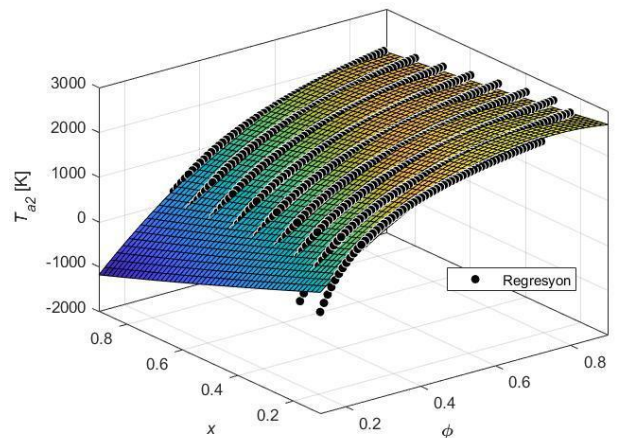
Oktan, etil alkol (C_8H_{18} , C_2H_5OH) karışımının az hava ile yakılması ($\phi < 1$) durumunda elde edilen adyabatik alev sıcaklığının (T_{af2}), hava eşdeğerlik oranı (ϕ) ve Oktanın (C_8H_{18}) karışım mol oranına (x) göre değişimi Şekil 3'de verilmiştir.

Metan, hidrojen (CH_4 , H_2) karışımının fazla hava ile yakılması ($\phi > 1$) durumunda elde edilen adyabatik alev sıcaklığının (T_{af3}), hava eşdeğerlik oranı (ϕ) ve Oktanın (C_8H_{18}) karışım mol oranına (x) göre değişimi Şekil 4'de verilmiştir.

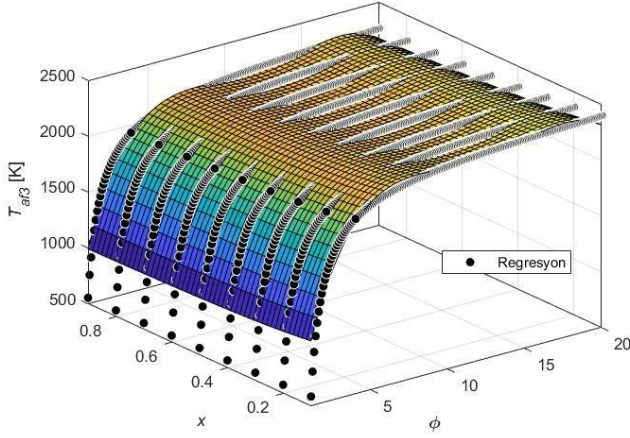
Metan, hidrojen (CH_4 , H_2) karışımının az hava ile yakılması ($\phi < 1$) durumunda elde edilen adyabatik alev sıcaklığının (T_{af4}), hava eşdeğerlik oranı (ϕ) ve Oktanın (C_8H_{18}) karışım mol oranına (x) göre değişimi Şekil 5'de verilmiştir.



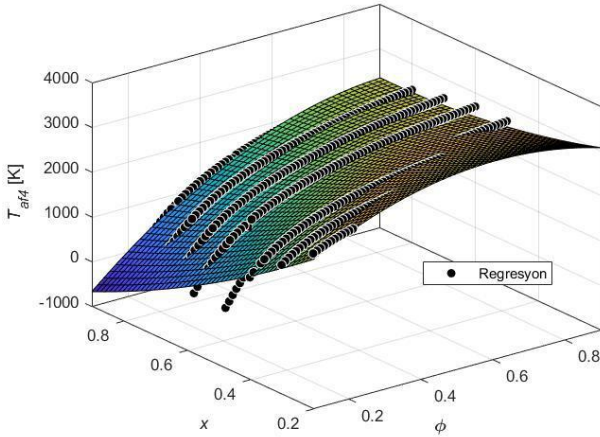
Şekil 2. Oktan, etil alkol (C_8H_{18} , C_2H_5OH) karışımının fazla hava ile yakılması.



Şekil 3. Oktan, etil alkol (C_8H_{18} , C_2H_5OH) karışımının az hava ile yakılması.



Şekil 4. Metan, hidrojen (CH₄, H₂) karışımının fazla hava ile yakılması.



Şekil 5. Metan, hidrojen (CH₄, H₂) karışımının az hava ile yakılması.

Oktan, etil alkol (C₈H₁₈, C₂H₅OH) karışımının fazla hava ile yakılması ($\phi > 1$) durumunda adyabatik alev sıcaklığını (T_{af1}), hava eşdeğerlik oranı (ϕ) ve Oktanın (C₈H₁₈) karışım mol oranına (x) göre değişimini veren bağıntı Eşitlik 8'de sunulmuştur.

$$\begin{aligned}
 T_{af1} = & 368.8 + 683.4x + 1.311\phi \\
 & -91.53x^2 + 13.14x\phi - 15.48\phi^2 \\
 & +5.19x^3 + 0.4448x^2\phi - 17.36x\phi^2 \\
 & -52.58\phi^3 - 0.1044x^4 - 0.06719x^3\phi \\
 & + 1.818x^2\phi^2 - 19.41x\phi^3 + 186.1\phi^4
 \end{aligned} \quad (8)$$

$$(r_1^2 = 0.9448)$$

Oktan, etil alkol (C₈H₁₈, C₂H₅OH) karışımının az hava ile yakılması ($\phi < 1$) durumunda adyabatik alev sıcaklığını

(T_{af2}), hava eşdeğerlik oranı (ϕ) ve Oktanın (C₈H₁₈) karışım mol oranına (x) göre değişimini veren bağıntı Eşitlik 9'da sunulmuştur.

$$\begin{aligned}
 T_{af2} = & 39.13 + 7856x - 2806\phi \\
 & -5314x^2 + 1996x\phi + 172.2\phi^2
 \end{aligned} \quad (9)$$

$$(r_2^2 = 0.9868)$$

Metan, hidrojen (CH₄, H₂) karışımının fazla hava ile yakılması ($\phi > 1$) durumunda adyabatik alev sıcaklığını (T_{af3}), hava eşdeğerlik oranı (ϕ) ve Oktanın (C₈H₁₈) karışım mol oranına (x) göre değişimini veren bağıntı Eşitlik 10'da sunulmuştur.

$$\begin{aligned}
 T_{af3} = & 458.3 + 704.3x - 457.7\phi \\
 & -94.03x^2 - 30.68x\phi + 826.9\phi^2 \\
 & +5.337x^3 + 2.217x^2\phi + 10.34x\phi^2 \\
 & -754.4\phi^3 - 0.1079x^4 - 0.05133x^3\phi \\
 & -0.3116x^2\phi^2 - 1.526x\phi^3 + 271.5\phi^4
 \end{aligned} \quad (10)$$

$$(r_3^2 = 0.9529)$$

Metan, hidrojen (CH₄, H₂) karışımının az hava ile yakılması ($\phi < 1$) durumunda adyabatik alev sıcaklığını (4), hava eşdeğerlik oranı (ϕ) ve Oktanın (C₈H₁₈) karışım mol oranına (x) göre değişimini veren bağıntı Eşitlik 11'de sunulmuştur.

$$\begin{aligned}
 T_{af4} = & 3108 + 4327x - 6529\phi \\
 & -4221x^2 + 4073x\phi + 1658\phi^2
 \end{aligned} \quad (11)$$

$$(r_4^2 = 0.9582)$$

Oktan, etil alkol (C₈H₁₈, C₂H₅OH) karışımının fazla hava ile yakılması ($\phi > 1$) durumunda en yüksek adyabatik alev sıcaklığı ($T_{af1max} = 2328.2 K$, hava eşdeğerlik oranının $\phi = 20$, oktanın mol karışım oranının $x = 0.9$ olduğu değerlerde elde edilmiştir. Oktanın mol karışım oranı (x) azaldıkça elde edilebilecek en yüksek adyabatik alev sıcaklığı (T_{af1max}) azalmaktadır. Hava eşdeğerlik oranının (ϕ) artması en yüksek adyabatik alev sıcaklığı (T_{af1max}) arttırmaktadır.

Oktan, etil alkol (C₈H₁₈, C₂H₅OH) karışımının az hava ile yakılması ($\phi < 1$) durumunda en yüksek adyabatik alev sıcaklığı $T_{af2max} = 2755.6 K$, hava eşdeğerlik oranının $\phi = 0.87$, oktanın mol karışım oranının $x = 0.1$ olduğu değerlerde elde edilmiştir. Oktanın mol karışım oranı (x) azaldıkça elde edilebilecek en yüksek adyabatik alev sıcaklığı (T_{af2max}) artmaktadır. Hava eşdeğerlik oranının (ϕ) azalması en yüksek adyabatik alev sıcaklığını (T_{af2max}) azaltmaktadır.

Metan, hidrojen (CH₄, H₂) karışımının fazla hava ile yakılması ($\phi > 1$) durumunda en yüksek adyabatik alev sıcaklığı $T_{af3max} = 2393.9 K$, hava eşdeğerlik oranının $\phi = 20$, metanın mol karışım oranının $x = 0.1$ olduğu değerlerde elde edilmiştir. Metanın mol karışım oranı (x) azaldıkça elde edilebilecek en yüksek adyabatik alev sıcaklığı (T_{af3max}) artmaktadır. Hava eşdeğerlik oranının (ϕ) artması en yüksek adyabatik alev sıcaklığı (T_{af1max}) arttırmaktadır.

Metan, hidrojen (CH₄, H₂) karışımının az hava ile yakılması (0.1 < ϕ < 1) durumunda en yüksek adyabatik alev sıcaklığı $T_{af4max} = 2788.1 K$, hava eşdeğerlik oranının $\phi = 0.63$, metanın mol karışım oranının $x = 0.4$ olduğu değerlerde elde edilmiştir. Hava eşdeğerlik oranının (ϕ) artması en yüksek adyabatik alev sıcaklığı (T_{af4max}) azalmaktadır. Metanın mol karışım oranı (x) azaldıkça elde edilebilecek en yüksek adyabatik alev sıcaklığı (T_{af4max}) artmaktadır. Hava eşdeğerlik oranının $\phi < 0.1$ olması durumunda adyabatik alev sıcaklığı değerleri hesaplanamamıştır.

4. Sonuç

Çalışmada oktan, etil alkol (C₈H₁₈, C₂H₅OH) karışımı ve metan, hidrojen (CH₄, H₂) karışımlarının adyabatik alev sıcaklık değerleri (T_{af}), değişik fazla hava ($\phi > 1$), az hava ($\phi < 1$), oktanın (C₈H₁₈) ve metanın (CH₄) mol karışım oranı (x) değerlerine göre MATLAB programı ve CoolProp veritabanı kullanılarak hesaplanmıştır. Oktan, etil alkol (C₈H₁₈, C₂H₅OH) karışımının fazla hava ile yakılması ($\phi > 1$) durumunda en yüksek adyabatik alev sıcaklığı $T_{af1max} = 2328.2 K$, az hava ile yakılması ($\phi < 1$) durumunda ise en yüksek adyabatik alev sıcaklığı $T_{af2max} = 2755.6 K$ elde edilmiştir. Metan, hidrojen (CH₄, H₂) karışımının fazla hava ile yakılması ($\phi > 1$) durumunda en yüksek adyabatik alev sıcaklığı $T_{af3max} = 2393.9 K$, az hava ile yakılması (0.1 < ϕ < 1) durumunda ise en yüksek adyabatik alev sıcaklığı $T_{af4max} = 2788.1 K$ elde edilmiştir.

Yakıt karışımları için tam yanma ($\phi = 1$) durumunda adyabatik alev sıcaklığı (T_{af}) değerleri hesaplanamamıştır.

Adyabatik alev sıcaklığının (T_{af}) hava eşdeğerlik katsayısı (ϕ) ve yakıt karışımı mol oranına (x) bağlı olarak bağıntılar elde edilmiştir. Oktan, etil alkol (C₈H₁₈, C₂H₅OH) karışımının fazla hava ile yakılması ($\phi > 1$) durumunda elde edilen bağıntının regresyon katsayısı $r_1^2 = 0.9448$, oktan, etil alkol (C₈H₁₈, C₂H₅OH) karışımının az hava ile yakılması ($\phi < 1$) durumunda elde edilen bağıntının regresyon katsayısı $r_2^2 = 0.9868$ olarak bulunmuştur. Metan, hidrojen (CH₄, H₂) karışımının fazla hava ile yakılması ($\phi > 1$) durumunda elde edilen bağıntının regresyon katsayısı $r_3^2 = 0.9529$, metan, hidrojen (CH₄, H₂) karışımının az hava ile yakılması ($\phi < 1$) durumunda elde edilen bağıntının regresyon katsayısı ise $r_4^2 = 0.9582$ olarak bulunmuştur.

Elde edilen bağıntıların regresyon katsayıları oldukça yüksektir ve çalışmada belirtilen koşullar çerçevesinde geçerlidir. Elde edilen bağıntılar yardımıyla ilgili yakıt karışımının istenen koşuldaki adyabatik alev sıcaklığı (T_{af}) kolaylıkla hesaplanabilir.

Her iki yakıt karışımı için de en yüksek adyabatik alev sıcaklığı değeri (T_{af1max}) az hava ile ($\phi < 1$) yanma durumunda elde edilmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar içten yanmalı motorları, yanma odaları, gaz türbinleri ve endüstriyel yanma işlemlerinde kullanılabilir.

İlerleyen zamanda yakıt karışımı kütüphanesi geliştirilip kullanıcı ara yüzü (GUI) tasarlanarak yazılımın ticari duruma getirilmesi planlanmaktadır.

Kaynakça

- Bell, I. (2013). *CoolProp: An open-source thermophysical property library*. 2013 <http://coolprop.sf.net> (accessed). 2013.
- Eriksson, L. (2004). CHEPP - A chemical equilibrium program package for Matlab. *SAE Technical Papers*, 113, 730–741. <https://doi.org/10.4271/2004-01-1460>
- Gordon, S., & McBride, B. J. (1994). *Computer Program for Calculation of Complex Chemical Equilibrium Compositions and Applications I. Analysis* (p. 58). <https://doi.org/NASA-RP-1311>
- Kuo, K. K. (2005). *Principles of Combustion*. John Wiley&Sons, Inc.
- Morley, C. (n.d.). *Gaseq chemical equilibrium program*, available at <http://www.gaseq.co.uk/>.
- Olikara, C., & Borman, G. L. (1975). A computer program for calculating properties of equilibrium combustion products with some applications to I.C. engines. *SAE Technical Papers*, 7191. <https://doi.org/10.4271/750468>
- Poinsot, T., & Veynante, D. (2005). *Theoretical and Numerical Combustion 2nd Edition*. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53).
- Reynolds, W. C. (1986). *the Element Potential Method for Chemical Equilibrium Analysis: Implementation in the Interactive Program .STANJAN*.
- Wylen, C Borgnakke_ Richard Edwin Sonntag, G. J. Van. (2009). *Fundamentals of Thermodynamics*. John Wiley&Sons, Inc.



Borik Asit-Gliserin' in Reolojik Özelliklerinin Deneysel Olarak İncelenmesi

Gamze Topal Canbaz¹, Neşe Keklikcioğlu Çakmak^{2*}

¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-7615-7627), gtopal@cumhuriyet.edu.tr

^{2*} Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-8634-9232),
nkeklikcioglu@cumhuriyet.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1099405)

ATIF/REFERENCE: Topal Canbaz, G. & Keklikcioğlu Çakmak, N. (2021). Borik Asit-Gliserin' in Reolojik Özelliklerinin Deneysel Olarak İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 26-31.

Öz

Bu çalışmada kütlece %0.1-1 bölüntülerde gliserin içerisinde hazırlanmış borik asit solüsyonların reolojik özellikleri incelenmiştir. Reolojik ölçümler stress kontrollü reometre kullanılarak 20-50 °C sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Reolojik ölçümler, lineer ve lineer olmayan viskoelastisite ölçümleri olmak üzere iki farklı yöntem ile yapılmıştır. Doğrusal olmayan viskoelastik ölçümlerde solüsyonun kayma hızına karşı viskozitesinin değişimi, hem farklı kütle fraksiyonları için hem de sabit bir kütle fraksiyonunda farklı sıcaklıklar için incelenmiştir. Diğer bir deneysel aşamada ise frekans bağımlı depolama G' ve kayıp modülü G'' , küçük salınım kayma gerilimi altında ölçülerek akışkanın elastik davranışı belirlenmiştir. Farklı kütleli fraksiyonlarda hazırlanan örneklerin detaylı reolojik analizleri sonucunda; tüm solüsyonların Newton kuralına uyan akışkan davranışı gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca artan sıcaklıkla solüsyonların viskozitesinin azaldığı açıkça görülmüştür. Gerçekleştirilen doğrusal reolojik ölçümler sonucunda $G'' > G'$ olduğundan, verilen frekans aralığında solüsyonların viskoz davranış özelliği gösterdiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Reoloji, borik asit, gliserin

Experimental Investigation of Rheological Properties of Boric Acid-Glycerin

Abstract

In this study, the rheological properties of boric acid solutions prepared in glycerine in 0.1-1% aliquots by mass were investigated. Rheological measurements were carried out at 20-50 °C using a stress-controlled rheometer. Rheological measurements were made with two different methods, linear and non-linear viscoelasticity measurements. The variation of viscosity of the solution versus shear rate in nonlinear viscoelastic measurements was investigated both for different mass fractions and for different temperatures at a constant mass fraction. In another experimental step, the elastic behavior of the fluid was determined by measuring frequency dependent storage G' and loss modulus G'' under small swing shear stress. As a result of detailed rheological analysis of the samples prepared in different mass fractions; It was determined that all solutions showed fluid behavior in accordance with Newton's rule. It was also clearly seen that the viscosity of the solutions decreased with increasing temperature. As a result of the linear rheological measurements performed, it was observed that the solutions showed viscous behavior in the given frequency range, since $G'' > G'$.

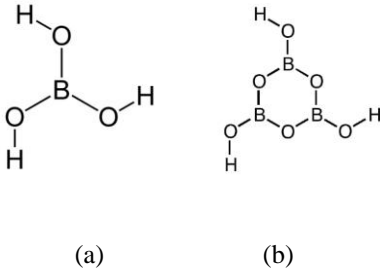
Keywords: Rheology, boric acid, glycerin

* Sorumlu Yazar: nkeklikcioglu@cumhuriyet.edu.tr

1. Giriş

Türkiye, Dünya bor rezervinin % 73' üne sahiptir. Cam, petrol, plastik, boya, kauçuk, seramik, ilaç, kimya, metalürji, enerji depolama, su arıtma gibi birçok uyulama alanında bor ve bor bileşikleri kullanılmaktadır. Bor bileşikleri ABD' de fiberglas ve izolasyon malzemesi olarak, Japonya' da fiberglas ve tekstil alanında, Avrupa' da ise sabun ve deterjan üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Borun zayıf asidi olan borik asit, metabolik asit (HBO_2) ve ortoborik asit (H_3BO_3) olarak iki formda bulunmaktadır (Şekil 1) (Larissou vd., 2022). Borik asit, tabaka yapısında güçlü kuvvetli kovalent/iyonik ve hidrojen bağları bulunur ve bu tabakalar birbirine van der waals kuvvetleri ile bağlanarak bir kristal yapı oluştururlar. Zapol vd. (2000) tabakalar arası mesafeyi 0.318 nm olarak belirtmiştir. Katmanlı yapısından dolayı borik asitin kesme düzlemleri boyunca kolayca kesilebilir olması sürtünme katsayısının azalmasını sağlar. Suda çözülebilir yapıda olması ile homojen formda çözelti oluşturabilir. Sağlık alanında borik asit dermatolojik enfeksiyonların tedavisinde geniş spektrumlu antibakteriyel etkiye sahiptir. Mikrobiyal kontrol için düşük maliyetli ve antibiyotik harici bir alternatif olarak kabul edilebilir ve çevre dostu olması nedeni ile birçok zararlı antibakteriyel madde yerine borik asit kullanılabilir (Nur vd.,2021; Kapukapa ve Ciloğlu ,2020 ; Haesebrouk vd., 2009) . Tıbbi alanda sıkça kullanılan borik asit bitkilerin büyümesine de yardımcı olan çevre dostu bir malzemedir (Aliasgharlarou 2020).



Şekil 1. Ortoborik asit (a) ve metabolik asit (b) kimyasal yapısı
(Figure 1. Chemical structure of orthoboric acid (a) and metaboric acid (b))

Borik asit seramik üretiminde ergitici olarak kullanılan bir bağlayıcıdır. Seramik yapıya borik asit eklenmesi ile sinterleşme aşamasında camsı faz yapısının viskozitesi düşmektedir (Cook 2008). Yanmaya neden olan maddelerin tutuşma derecesini de düşürmek için kullanılan borik asit ahşap kompozit malzemelerde koruyucu olarak, deniz ve havacılık boyalarında da alev geciktirici olarak kullanılmaktadır. Ateş tuğlası ve harçlara ise ısı ve korozyona karşı dayanıklılığı arttırmak için eklenmektedir.

Yukarıda bahsi geçen kullanım alanlarında malzemenin doğru sentezlenebilmesi ve karakterizasyonu için reolojik analizler gerekmektedir. Reoloji, malzemenin deformasyonunu ve akış davranışını belirlemek için kullanılır. Malzeme bilimi, gıda, mühendislik, jeofizik, fizyoloji, eczacılık alanlarında reolojinin uygulama alanları mevcuttur. Karmaşık akış özelliklerine sahip olan çimento, boya ve çikolata endüstrisi gibi birçok malzemenin üretiminde kullanılmaktadır.

Tıbbi uygulamada laminar akım koşullarında akım direnci, damarın geometrik özelliklerinden kaynaklanan damar direncine ve sıvının viskozitesine bağlıdır. Örneğin koroner arter

hastalığında (KAH) risk faktörü olarak kabul edilen plazma viskozitesi plazmanın ana maddesi olan suyun ve onun içinde erimiş olan makromoleküllerin özelliklerine bağlıdır. Makromoleküllerin varlığı suyun viskozitesini artırır (Bilgili vd, 2014). Bu nedenle ilaç olarak damar içerisine verilecek bir malzemenin reolojik özellikleri hayati önem taşımaktadır.

Durin-France vd. (Durin- France, 2000) EVA malzemesi içerisine $Mg(OH)_2$ ve çinko borat eklenerek elde edilen kompozitin alev geciktirici özelliği ve vizkozite-kayma hızı incelenmiş. Kayma hızının artması ile kompozitin viskozitesinin azaldığını belirlemişlerdir. Lee ve Kim (Lee ve Kim,2013) yaptıkları çalışmada polivinil alkol liflerinin mukavemetini arttırmak amacı ile çapraz bağlayıcı olarak borik asit kullandılar. PVA/DMSO çözeltisine borik asit ilavesi ile oluşan yapının fiziksel ve reolojik özelliklerini incelediler ve borik asit ilavesi ile dinamik viskozite, (η'), (G') ve (G'') değerlerini arttırdığını belirttiler. Borik asit ilavesi PVA/DMSO çözeltisinin jelleşme süresini de kısaltmıştır. Gadhav vd. (2020) polivinil asetat bazlı ahşap yapıştırıcının performans özelliklerini arttırmak amacı ile sitrik asit ve borik asit ilavesinin etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar eklenen borik asit ve sitrik asitin yapıştırıcının mekanik mukavemet ve viskozitesinde artış olduğunu göstermiştir. Verilen literatür özetinde polimer veya kompozit yapılara borik asit ilavesinin malzemelerin viskozitesini arttırdığı belirlenmiştir.

Gliserin ($C_3H_8O_3$), transesterifikasyon yoluyla biyodizel üretiminde, sabunlaştırma ile sabun üretiminde ve hidroliz reaksiyonunda ya ürün olarak oluşan değerli bir üründür ve fizikokimyasal özellikleri Tablo 1' de verilmiştir. Elde edilen gliserinin saflığı, reaksiyon sırasında oluşan katalizör, su, sabunlar, tuzlar ve esterler gibi safsızlıkların bulunması nedeni ile düşüktür. Biyodizel endüstrisinin büyümesi ile gliserinin saflaştırılması oldukça önem kazanmıştır (Tan vd., 2013) . Üretilen her 45,3 kg biyodizel için yaklaşık 4,53 kg ham gliserin üretilir. Oldukça viskoz higroskopik bir polialkoldür, tadı tatlıdır, berrak ve renksiz bir dokuya sahiptir. İnsanlar ve çevre için toksik yapıda değildir (Lima vd., 2021).

Gliserini biyoetanole dönüştürerek fosil yakıtlara olan bağlılığın azaltılması amaçlanmaktadır. Biyodizel üretiminde transesterifikasyon işlemi yaklaşık % 10 gliserin oluşur fakat toprağın kirlenmesine neden olan ve çevresel sorunlar yaratan tuz, serbest yağ asitleri ve metanol içerdiğinden ham gliserinin elde edilmesi önemlidir. Ham gliserin rafinasyonunun aşırı maliyeti ve pazar kapasitesi, biyodizel endüstrilerini, ekstra gelir kaynağı olarak kullanarak biyodizel atıklarının işlenmesine teşvik etmiştir (Chilakamarry vd., 2021).

Günlük hayatta gliserin yaygın olarak kullanılmaktadır. Diş macunu, saç bakımı, nemlendiriciler gibi kişisel bakım ürünlerinde, gıda endüstrisinde nem tutucu, yağlarda dolgunlaştırıcı, dondurmalarda yapı düzenleyici ve gıdaların korunmasında yardımcı olarak, ilaç endüstrisinde öksürük şurupları içerisinde, temizlik malzemeleri ve leke çıkarıcılar gibi kullanım alanları bulunmaktadır.

Tarique vd. (2021) (Maranta arundinacea) nişasta biyopolimerinden üretilen gıda paketi ile bu biyopolimere gliserin ekleyerek pakette meydana gelen fiziksel, mekanik, termal ve bariyer özellikleri incelemişlerdir. Biyopolimer üzerine farklı oranlarda (%15, %30, %45) gliserin eklenip sonuçlar

karşılaştırılmıştır. % 45 gliserin eklenmiş paketlerde gevreklik ve kırılabilirlik azalmıştır. Gliserin eklenmiş örneklerin gerime mukavemeti ve modülü, sırasıyla sırasıyla 9,34'ten 1,95 MPa'ya ve 620,79'dan 36,08 MPa'ya önemli ölçüde azalırken, kopma uzaması %2,41'den %57,33'e yükselmiştir. Gliserin içeren kontrol filmlerinden daha yüksek termal stabilite göstermiştir. % 45 gliserin içeren filmler daha homojen yapıya sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Filmlerin su buharı geçirgenliği ise artan gliserin derişimi ile artmıştır. Elde edilen sonuçlar gliserinin gıda ambalajlarında kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Paketleme ile ilgili bir başka çalışma Hazrol vd. (2021) ve Ertürk ve Ay. (2022) tarafından gerçekleştirilmiştir. Mısır nişastasından ve çavdar unundan elde edilen filmlere gliserin, sorbitol ve etilen glikol ekleyerek film özelliklerini incelemişlerdir. Gliserin, sorbitol ve etilen glikol eklenmesi filmlerin mekanik, fiziksel ve morfolojik özelliklerinin gelişmesini sağlamıştır ve gıda paketlemede uygulanabilir olduğuna dair sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 1. Gliserinin fizikokimyasal özellikleri (20 °C) ve moleküler yapısı (Behr 2008, Ma vd., 2021)

(Table 1. Physicochemical properties (20 °C) and molecular structure of glycerin (Behr 2008, Ma et al., 2021))

Fizikokimyasal Özellikler	Moleküler Yapı
Molekül ağırlığı	92.09 g/mol
Viskozite	1.5 Pa.s
Yoğunluk	1.261 g/cm
Kaynama noktası	290 °C
Erime noktası	18.2 °C
Alevlenme noktası	160 °C
Yüzey gerilimi	64 mN/m



Atık su arıtma tesisinde adsorban olarak PVA hidrojenlerini inceleyen Zhu vd. (2018) yaptığı çalışmada PVA hidrojenlerinin arıtım sırasındaki yüksek hidrolik darbe direncine dayanıklı ve parçalanmayan hidrojenler sentezlemeyi araştırmıştır. Bu amaçla PVA/ gliserin hidrojenlerine çapraz bağlayıcı olarak borik asit eklenmiştir. Elde edilen sonuçlarda PVA 'ya gliserin ve borik asit eklenmesinin hidrojenlerin su tutma ve şişme oranını geliştirdiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada borik asit /gliserinin farklı oranlarda süspansiyonu hazırlanmıştır. Hazırlanan süspansiyonların karakterizasyonu ve reolojik özellikleri incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kimyasallar

Borik asit (BA) ve gliserin ticari olarak Sigma Aldrich firmasından temin edilmiş ve satın alındığı şekliyle kullanılmıştır. Süspansiyon hazırlanırken herhangi bir yüzey aktif madde ya da dispersant kullanılmamıştır.

2.2. Borik asitin Dispersiyonu

Ticari olarak temin edilen borik asit, farklı kütle fraksiyonlarında (% 0.1-% 3) 25 ml gliserin içerisinde homojen

olarak dağılmasını sağlamak amacıyla örneklerin her biri 750W gücündeki prob sonikatörde (Sonics & malzemeleri INC, ABD) 30 dakika süreyle tutularak hazırlanmıştır. Hazırlanan süspansiyonlar uzun süre kararlılıklarını korumuşlardır.

2.3. Karakterizasyon

Borik asitin morfolojisine taramalı elektron mikroskobu SEM (TESCAN MIRA3 XMU) ile bakılmıştır.

Borik asitin gliserin içinde homojen olarak dağılması için, 750W gücünde prob sonikatör (Sonics & malzemeleri INC, ABD) kullanılmıştır. Hazırlanan numunelerin spektrumları UV-Vis spektrofotometre (UV-1280, Shimadzu, Japonya) ile yapılmıştır. Tüm reolojik ölçümler bir koni-plaka sistemi ile donatılmış gerilme kontrollü reometre (Malvern Kinexus Pro, United Kingdom) kullanılarak farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Kullanılan koninin açısı ve çapı sırasıyla 1° ve 60 mm'dir. Koni ve plaka arasındaki aralık 0.05mm olarak sabit tutulmuştur. Ölçümler sırasında sıcaklık kontrolü ±0.1 hassasiyete sahip peltier plaka aracılığıyla sağlanmıştır. Kütlece %0.1-1 bölüntüde borik asit katılan borik asit/gliserin süspansiyonları için reolojik ölçümler gerçekleştirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Farklı kütle bölüntülerde (%0.1-3) hazırlanmış borik asit-gliserin örneklerinin 30 gün sonraki görünümü (a), Reometre (b)

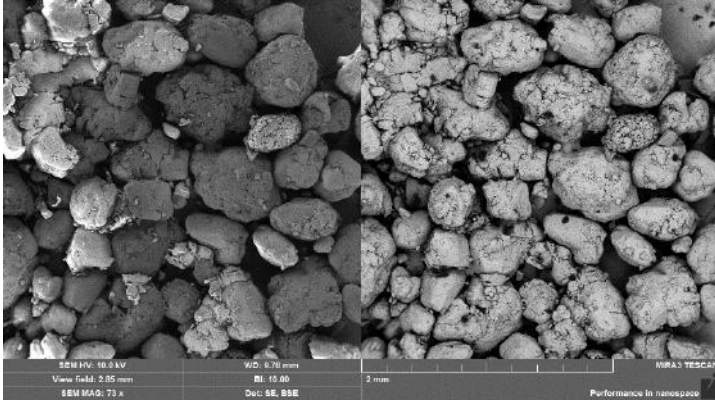
(Figure 2. The appearance of boric acid-glycerin samples prepared in different mass fractions (0.1-3%) after 30 days (a), Rheometer (b))

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

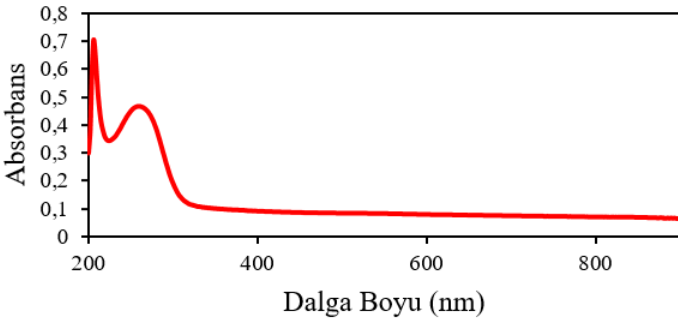
3.1. Karakterizasyon

SEM analizinde borik asit tozunun yapısı görülmektedir. Şekil 3' de SEM analiz sonucuna göre borik asit polidispers sistemlerdir. Bu mikrograftan görülebileceği gibi, parçacıklar küreseldir ve yarı-aglomere olmuş yapılara sahiptir.

Borik asit gliserin çözeltisinin UV -Vis spektroskopisi sonucu Şekil 4' de verilmiştir. Borik asit-gliserin' in UV-görünür spektrumunda 207 ve 263 nm olmak üzere iki karakteristik absorpsiyon bandı vardır. Spektrumda herhangi bir sinyal kalabalığı olmadan net bir spektrum görüldüğünden mevcut çalışmada kullanılan çözücünün borik asit için iyi bir çözücü olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Borik asitin SEM görüntüsü
(Figure 3. SEM image of boric acid)



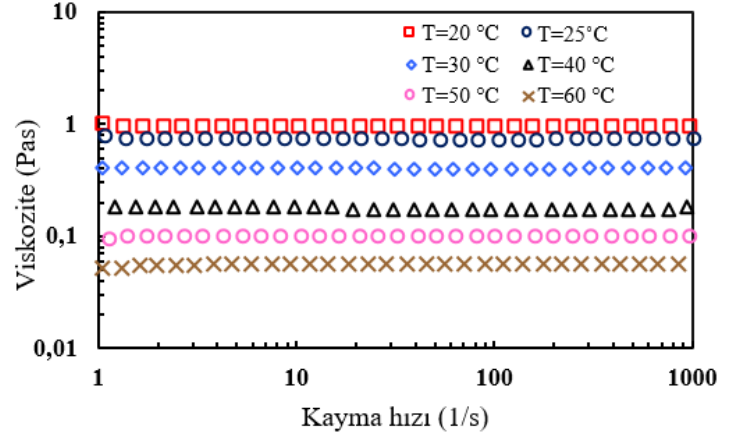
Şekil 4. % 0.3 borik asit-gliserin' in UV-Vis absorpsiyon spektrumu.
(Figure 4. UV-Vis absorption spectrum of 0.3% boric acid-glycerin)

Aşağıdaki bölümde kütlece farklı bölüntülerde borik asit katkılanmış Borik asit-gliserin solüsyonunun doğrusal olmayan viskoelastik ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir.

3.2. Doğrusal Olmayan Viskoelastik Ölçümler

Borik asit-gliserin solüsyonunun reolojik analizi yapılmadan önce, ilk olarak temel akışkan olan saf gliserin' in kaymaya bağlı

viskozitesi incelenmiştir. Şekil 5, 20 °C ile 60 °C arasında gliserin' ün sabit kayma viskozitesini göstermektedir. Sonuçlar, incelenen kayma hızı ve sıcaklık aralıklarında saf gliserinin Newton kuralına uyan akışkan davranış gösterdiğini açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca, gliserinin viskozitesi, beklendiği gibi artan sıcaklıkla azalmaktadır.



Şekil 5. Gliserinin farklı sıcaklıklarda viskozite kayma hızı değişimi
(Figure 5. Viscosity shear rate variation of glycerin at different temperatures)

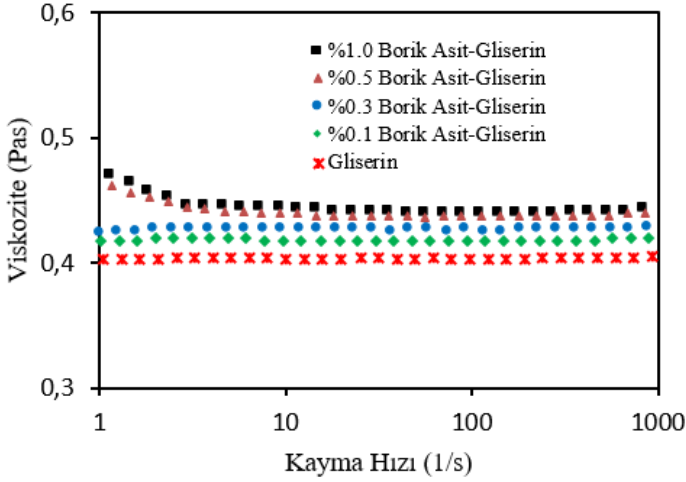
Yapılan bu çalışmada borik asit gliserol içerisinde hazırlanmış ve reolojik analizi yapılmıştır. Şekil 6 ' da kütlece %0.1-1 bölüntülerde katkılanan borik asit/gliserol solüsyonunun doğrusal olmayan viskozite ölçümleri, kayma hızına bağlı viskozite değişimini belirlemek amacıyla elde edilmiştir. Doğrusal olmayan viskozite ölçümleri kayma hızının 1-1000s⁻¹ aralığı için 30 °C' de gerçekleştirilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde taban akışkan gliserol ve tüm solüsyonların Newton kuralına uyan akışkan davranışı gösterdiği belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle akışkan viskozitesi sabit olup kayma hızına göre değişmemektedir. Sabit kayma hızı değerinde kütle konsantrasyonu arttıkça sıvı katmanları arasındaki artan sürtünme kuvvetine bağlı olarak viskozitenin arttığı gözlemlenmektedir.

Borik asit gliserin solüsyonlarının viskozitesi, sabit sıcaklıkta (T=30 °C), borik asitin kütle konsantrasyonu arttıkça artmaktadır. Viskozite ile kayma hızı arasındaki doğrusal eğilim, Newton kuralına uyan akışkan davranışını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, yüksek kütle konsantrasyonlarında düşük kayma hızı bölgesinde solüsyon sanki-plastik akış davranışı olarak bilinen incelen akışkan özelliği göstermiş olsa da borik asit gliserin solüsyonları açık bir Newtonian davranışı göstermiştir. Taban akışkan olan gliserine daha fazla borik asit eklenmesinin neden olduğu iç viskoz gerilim nedeniyle, solüsyonun viskozitesi, artan kütle konsantrasyonu ile kademeli olarak artmaktadır.

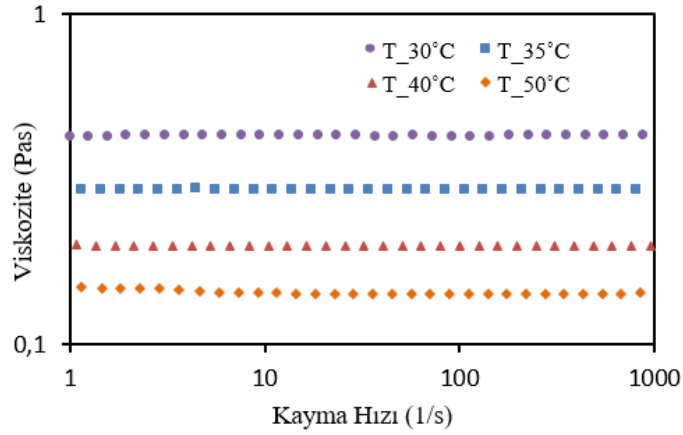
Sıcaklığın solüsyon reolojisine etkisini incelemek için kütlece %0.3 bölüntüde borik asit gliserin solüsyonunun görünür viskozitesinin kayma hızı ile değişimi bir dizi ölçüm sonucunda 30 °C ile 50 °C sıcaklık aralığında farklı sıcaklıklar için elde edilerek Şekil 7' de verilmiştir. Sabit kayma hızı değerinde artan sıcaklık ile viskozitenin azaldığı görülmektedir. Sabit kayma hızında artan sıcaklığa bağlı olarak viskozitenin azalmasının nedeni, moleküler hareketin ve Brownian hareketinin artması ile

moleküler arası etkileşim ve adezyon kuvvetinin zayıflaması olabilmektedir (Kekikcioğlu Çakmak vd. 2015)



Şekil 6. Kütlece %0.1-1 bölüntülerde borik asit- gliserin solüsyonlarının viskozitelerinin kayma hızı ile değişimi ($T=30\text{ }^{\circ}\text{C}$).

(Figure 6. Variation of viscosities of boric acid-glycerine solutions with shear rate ($T=30\text{ }^{\circ}\text{C}$) in 0.1-1% aliquots by mass)

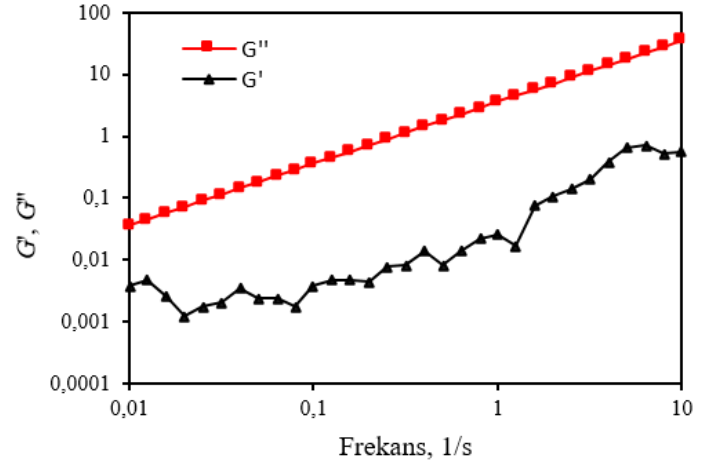


Şekil 7. Kütlece %0.3 bölüntüde borik asit- gliserin solüsyonlarının farklı sıcaklıklarda viskozitelerinin kayma hızı ile değişimi

(Figure 7. Variation of viscosity of boric acid-glycerine solutions at 0.3% by mass with shear rate at different temperatures)

3.3. Doğrusal Viskoelastik Ölçümler

Sistemin lineer viskoelastik özelliklerini değerlendirmek için depolama (G') modülü (elastik modül) ve kayıp (G'') modülü (viskoz modül) testleri %0.3 borik asit-gliserin için 0.05 Pa ve $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ de Şekil 7' de verilmiştir. G' (elastik modülü) yapısal bütünlüğün, G'' (viskoz modülü) ise malzeme içerisindeki viskoz bileşenin bir ölçüsüdür (2). Şekil 8, elastik değerlerden daha yüksek viskozluğa sahip %0.3 borik asit-gliserin karışımının lineer elastik ve viskoz deformasyonunu göstermektedir. Solüsyonda $G'' > G'$ olduğundan, verilen frekans aralığında malzeme viskoz davranış sergilemektedir (Tezel 2021).



Şekil 8. Kütlece %0.3 bölüntüde borik asit-gliserin solüsyonlarının 0.05 Pa salınım gerilmesinde ve $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' de depolama (G') ve kayıp (G'') modülünün frekansla değişimi. (Figure 8. The variation of storage (G') and loss (G'') modulus with frequency of 0.3% by mass of boric acid-glycerine solutions at 0.05 Pa oscillation stress and $25\text{ }^{\circ}\text{C}$)

4. Sonuç

Bu çalışmada borik asit-gliserin solüsyonlarının lineer ve lineer olmayan viskoelastisite çalışması, koni ve plaka sistemi ile donatılmış stres kontrollü reometre ile yapılmıştır. Farklı kütleli fraksiyonlarda hazırlanan örneklerin detaylı reolojik analizleri sonucunda; tüm solüsyonların Newton kuralına uyan akışkan davranışı gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca artan sıcaklıkla solüsyonların viskozitesinin azaldığı açıkça görülmüştür. Gerçekleştirilen doğrusal reolojik ölçümler sonucunda $G'' > G'$ olduğundan, verilen frekans aralığında solüsyonların viskoz davranış özelliği gösterdiği gözlenmiştir. Bir süspansiyon sisteminin akış davranışı, farmasötik veya farklı birçok alanda süspansiyonlarda kullanılan maddelere önemli ölçüde bağlıdır. Polimer faktörleriyle birlikte partikül faktörleri, Newtonian bir çözeltinin veya süspansiyonun davranışını, öngörülemez şekilde değiştirebilir. Bu nedenle süspansiyon sistemlerinin akışını ve stabilitesini değerlendirmek için reoloji büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada kullanılan solüsyonlar ilaç ve kozmetik alanlarında kullanım için iyi birer aday olabilir.

Kaynakça

- Aliasgharlou, N., Sana, F. A., Khoshbakht, S., Zolfaghari, P., & Charkhian, H. (2020). Fabrication and characterization of boric acid-crosslinked ethyl cellulose and polyvinyl alcohol films as potential drug release systems for topical drug delivery. *Turkish Journal of Chemistry*, 44(6), 1723-1732.
- Behr, A. (2008). The Future of Glycerol. New Usages for a Versatile Raw Material. By Mario Pagliaro and Michele Rossi.
- Bilgili, H., Öztürk, B., Özdemir, S., & Yetkin, E. (2014). Koroner arter ektazisi olan hastalarda plazma viskozitesi. *Cumhuriyet Medical Journal*, 36(3), 362-367.
- Chilakamarry, C. R., Sakinah, A. M., Zularisam, A. W., Pandey, A., & Vo, D. V. N. (2021). Technological perspectives for utilisation of waste glycerol for the production of biofuels: A review. *Environmental Technology & Innovation*, 24, 101902.
- Cook, S. G. (2009). Borate fluxes in ceramic bodies. *W hitewares*, 23(2002), 47.

- Durin-France, A., Ferry, L., Lopez Cuesta, J. M., & Crespy, A. (2000). Magnesium hydroxide/zinc borate/talc compositions as flame-retardants in EVA copolymer. *Polymer International*, 49(10), 1101-1105.
- Ertürk, N., & Ay, S. B. (2022). Effect of Ethylene Glycol and Glycerol Concentrations on Properties of Rye-Based Films. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (34), 705-710.
- Gadhav, R. V., Mahanwar, P. A., Gadekar, P. T., & Kasbe, P. S. (2020). A study on the effect of starch–polyvinyl alcohol blends by addition of citric acid and boric acid for enhancement in performance properties of polyvinyl acetate-based wood adhesive. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 17(1), 9-20.
- Hazrol, M. D., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., Zuhri, M. Y. M., & Abdul Wahab, N. I. (2021). Corn starch (*Zea mays*) biopolymer plastic reaction in combination with sorbitol and glycerol. *Polymers*, 13(2), 242.
- Haesebrouck, F., Baele, M., De Keyser, H., Hermans, K., & Pasmans, F. (2009). Antimicrobial activity of an acetic and boric acid solution against *Staphylococcus pseudintermedius*. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 78(2), 89-90.
- Kapukaya, R., & Ciloglu, O. (2020). Treatment of chronic wounds with polyurethane sponges impregnated with boric acid particles: A randomised controlled trial. *International Wound Journal*, 17(5), 1159-1165.
- Keklikcioğlu Çakmak, N., Temel, Ü. N., & YAPICI, K. (2017). Grafen Oksit-Su Nanoakışkanlarının Reolojik Davranışlarının İncelenmesi. *Cumhuriyet Science Journal*, 38(4 ek), 176-183.
- Larsson, E., Donzel-Gargand, O., Heinrichs, J., & Jacobson, S. (2022). Tribofilm formation of a boric acid fuel additive–Material characterization; challenges and insights. *Tribology International*, 107541.
- Lee, E. J., & Kim, B. C. (2013). The effects of boric acid on the rheological behavior of time dependent structure formation in PVA/DMSO solutions. *Fibers and Polymers*, 14(12), 2097-2102.
- Lima, P. J. M., da Silva, R. M., Neto, C. A. C. G., Gomes e Silva, N. C., Souza, J. E. D. S., Nunes, Y. L., & Sousa dos Santos, J. C. (2021). An overview on the conversion of glycerol to value-added industrial products via chemical and biochemical routes. *Biotechnology and Applied Biochemistry*.
- Ma, Q., He, T., Khan, A. M., Wang, Q., & Chung, Y. W. (2021). Achieving macroscale liquid superlubricity using glycerol aqueous solutions. *Tribology International*, 160, 107006.
- Nur, P. F., Pınar, T., Uğur, P., Ayşenur, Y., Murat, E., & Kenan, Y. (2021). Fabrication of polyamide 6/honey/boric acid mats by electrohydrodynamic processes for wound healing applications. *Materials Today Communications*, 29, 102921.
- Tezel, G. B. (2021). A Study on Tunable Viscoelastic Properties of Xhantan Gum and Sodium Alginate Hyrogelling System. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 55(3), 464-471.
- Tan, H. W., Aziz, A. A., & Aroua, M. K. (2013). Glycerol production and its applications as a raw material: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 27, 118-127.
- Tarique, J., Sapuan, S. M., & Khalina, A. (2021). Effect of glycerol plasticizer loading on the physical, mechanical, thermal, and barrier properties of arrowroot (*Maranta arundinacea*) starch biopolymers. *Scientific reports*, 11(1), 1-17.
- Zapol, P., Curtiss, L. A., & Erdemir, A. (2000). Periodic ab initio calculations of orthoboric acid. *The Journal of Chemical Physics*, 113(8), 3338-3343.
- Zhu, X., Zhang, Y., Deng, J., & Luo, X. (2018). Effect of Glycerol on the Properties of the Cross-Linked Polyvinyl Alcohol Hydrogel Beads. *ChemistrySelect*, 3(2), 467-470.



Detecting Sign Language from Hand Gestures and Translating it into Text

Pinar Kirci^{1*}, Burcin Berk Durusan², Baha Ozsahin³

^{1*} Bursa Uludag University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Bursa, Turkey, pinarkirci@uludag.edu.tr

² Bursa Uludag University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Bursa, Turkey

³ Bursa Uludag University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Bursa, Turkey

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1097389)

ATIF/REFERENCE: Kirci, P., Berk Durusan, B. & Ozsahin, B. (2022). Detecting Sign Language from Hand Gestures and Translating it into Text. *European Journal of Science and Technology*, (36), 32-35.

Abstract

The sign language recognition project to be designed is aimed to be realized in an optimized way using up-to-date technologies. The machine learning part of the project will be done over TensorFlow using Keras and Sklearn. TensorFlow was chosen considering the possibility of moving the project to a mobile environment in the future. The object recognition method to be used was chosen as MediaPipe Holistic.

Keywords: Real Time Sign Language Recognition, Machine Learning, Deep Learning, Object Recognition, Computer Vision

El Hareketlerinden İşaret Dilini Algılayıp Yazıya Dönüştürme

Öz

Tasarlanacak işaret dili tanıma projesinin güncel teknolojiler kullanılarak optimize biçimde gerçekleşmesi amaçlanmıştır. Projenin makine öğrenmesi bölümü Keras ve Sklearn kullanılarak TensorFlow üzerinden yapılacaktır. TensorFlow, ilerleyen aşamalarda projeyi mobil bir ortama taşıma ihtimali göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Kullanılacak nesne tanıma yöntemi MediaPipe Holistic olarak seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gerçek Zamanlı İşaret Dili Tanıma, Makine Öğrenmesi, Derin Öğrenme, Nesne Tanıma, Bilgisayarla Görü

* Corresponding Author: pinarkirci@uludag.edu.tr

1. Giriş

Görsel kanalı kullanarak karşı taraf ile iletişim kurmak için kullanılan dillere işaret dili denir. Yüzdeki hareketlerin ve mimiklerin de yardımıyla birlikte el hareketleriyle ifade edilirler. İşaret dillerinin de günümüzde insanların kullandığı konuşma dilleri gibi kendilerine ait kelime dağarcıkları ve dil bilgisel yapıları vardır ve bu durum işaret dillerini doğal dil kategorisine sokmaktadır.

Duyuma engelli bireylerin içinde bulunduğu toplumların hepsinde doğal olarak duyma engelliler için bir iletişim yolu olarak gelişmiştir. Genellikle sağır insanlar tarafından kullanılan işaret dili iletişim yöntemi aynı zamanda farklı sağlık sorunları sebebiyle sesli iletişim kuramayan insanlar ya da yakın çevresinde veya aile üyelerinden birisinde işitme engeli bulunan işiten bireyler tarafından da kullanılmaktadır.

Dünyada kaç tane işaret dilinin bulunduğu bilinmemekle birlikte hemen hemen her ülkenin kendisine ait bir işaret dili bulunmaktadır. Bunlardan bazıları resmi olarak kabul edilirken bazılarının herhangi bir resmiyet statüsü bulunmamaktadır.

Ko tarafından teklif edilmiş sistem, insanların vücutlarındaki çeşitli anahtar noktaları belirlemek ve bu el yüz ve poz anahtar noktalarını kullanarak işaret dili çevirisi yapmaya odaklanmıştır. İlgili el yüz ve poz anahtar noktalarını görüntüden çıkarmak için OpenPose kütüphanesi kullanılmıştır. OpenPose, gerçek zamanlı birden fazla kişiyi algılayabilen bir anahtar nokta detektörü görevi görmektedir. Yapılmış anahtar nokta sonrasında RNN (tekrarlayan sinir ağları), LSTM (uzun kısa süreli bellek) ve GRU (kapalı tekrarlayan birimler) kullanılarak çeviri işlemi gerçekleştirilmiştir [1].

Camgöz, RWTH-PHOENIX veri setinin bir uzantısı olan PHOENIX14T'yi sürekli işaret dili çevirisi için kullanılmak üzere oluşturdu [2]. Çalışmada RNN kullanımının yeterli olmadığı durumlar için Evrişimsel Sinirsel Ağları (CNN) ve dikkat tabanlı sinirsel makine çeviri metotlarını (NMT- Neural Machine Translation) birlikte kullanan bir yapıyı önerdi. Önerdiği yapıda makine çevirisine kaynak ve hedef dizilerin birbirlerine tokenizasyonu ve bu tokenlerin bir uzaya yansıtılması ile başlanır. Bu metodu kullanılmaktaki temel amaç her kelimenin birbirine eşit uzaklıkta bulunduğu seyrek haldeki one-hot vektörleri, daha yoğun bir hale getirmektir. İlgili tokenlerin elde edilmesi için Camgöz 2D CNNleri kullanmıştır [3].

Konstantinidis, işaret dili çevirisini Ko gibi eklem anahtar noktalarını kullanarak gerçekleştirmeyi planlamıştır. Geliştirilen model mevcut olarak önceden eğitilmiş ImageNet VGG-19 ağına yanında CNN ve LSTM kullanılmaktadır önceden eğitilmiş bir ImageNet VGG-19 ağı üzerinde evrişim katmanları çalıştırarak elde etmiştir. Sinir ağına üzerinde çalıştığı LSA64 Arjantin işaret dili özelinde en sık kullanılan 64 el işaretinin 10 farklı kişi tarafından yapılmasıyla oluşturulmuştur.

Eğitim aşamasında, veri seti rastgele biçimde %80 eğitim, %20 test seti olarak bölünmüştür. Bu işlem 5 kere tekrarlanıp, bütün döngüler arasındaki en iyi sonuç veren model seçilmiştir [4].

Hosain, çalışmasında Amerikan işaret dili üzerinde çalışırken el işaretlerini yakalamak için elle işaretlenmiş el görselleri ve yüksek özgüven değerli tahminleri CNN eğitmek için kullanmıştır. Sürekli hareketleri algılamak için eğitilen CNN

tarafından yapılan yerleştirmeler üzerinde eğitim gören RNN tarafından yapılmıştır.

Yapılan çalışmada derin CNN eğitimi için tekrarlı bir eğitim modeli önerilmiştir. Bunun yanında ileride yapılacak çalışmalara yardımcı olmak üzere GMU-ASL51 veri setinin her kesiti için el işareti işaretlemesi yapılmıştır [5].

Zhang, sürekli işaret dili çevirisi problemi özelinde pekiştirmeli öğrenme (reinforcement learning) ve transformer kullanmayı önermiştir. Gözetimli öğrenmenin (supervised learning) yaratabileceği çeşitli hatalardan kaçınılması için transformerı direkt olarak kelime hata oranı (word error rate (WER)) gibi metrikler üzerinden pekiştirmeli öğrenmeye tabi tutulması uygun bulunmuştur. Önerilen model, işaret dili görüntülerinden elde edilecek özellikleri 3D-ResNet kullanarak çıkarttıktan sonra çıktılarını transformerla beslenmesi ve transformer üzerinde pekiştirmeli öğrenme gerçekleşmesi üzerine kurulmuştur [6].

2. Materyal ve Metot

2.1. Sunulan Metot

Proje ile ilgili diğer konu olan bilgisayarlı görü, görüntüyü yeniden işlemeyi, görüntüyü kesmeyi, 3D bir sahneyi bu sahnenin 2D görüntüsünden anlamayı açıklamaya çalışan disiplinler arası bilimsel bir alandır. Bu alanda bilgisayar yazılımı ve donanımı kullanılarak insan görüşü modellenmeye ve taklit edilmeye çalışılır.

Bilgisayarlı görü; görüntü işleme, örüntü tanıma, fotogrametri alanlarıyla tam olarak örtüşmektedir. Fakat bilgisayarlı görü ve görüntü işlemeyi karşılaştırdığımızda, görüntü işlemede resimden resme bir çeviri olduğu görülmektedir. Yani giriş datasının da çıkış datasının da bir resim olduğu görülmektedir. Diğer taraftan bilgisayarlı görü ise objelerin, onların görüntülerinden, anlamlı bir açıklamasını çıkarmayı hedefler. Yani bilgisayarlı görünün çıkış bilgisi görüntünün açıklamasıdır.

İşaret dilini tanımak için kullanılan Python kaynak kodunu çalıştırmak için kullanılacak görüntü işleme ve makine öğrenmesi kütüphaneleri ve yöntemleri incelenmiştir. Projenin çalıştırılması için Google Colab tercih edilmiştir. Google Colab tercih edilmesinin sebebi, takım üyelerinin paralel çalışmasını desteklemesi, Google'ın sağladığı bulut üzerinden hesaplama imkanları sayılabilir. Projenin el tanınması için kullanılan yöntem olarak Google tarafından yaratılmış MediaPipe Holistic frameworkü kullanılmıştır. Sonraki aşamalarda el tanıma işlemi gerçekleştirilecek kaynak kod oluşturulup mevcut MediaPipe Holistic kullanan program ile arasında karşılaştırma yapılacaktır. Bunların yanında projenin makine öğrenmesi kısmı için kullanılacak makine öğrenmesi platformları araştırılmıştır. Bunlardan sık kullanılan iki platform karşılaştırılıp projenin gereklerine uygun olan seçilmiştir. Bu platformlar;

TensorFlow,
PyTorch olarak belirlenmiştir.

Bu projede TensorFlow ile çalışılması öngörülmektedir.

PyTorch nesne yönelimli programlama stili açısından oldukça ünlü durumdadır. Örnek olarak, özel bir model veya özel bir veri seti oluşturulmak istendiğinde sıklıkla varsayılan PyTorch kütüphanelerini miras alan bir sınıf oluşturulur ve bundan sonra uygulanmak istenen asıl metoda adapte edilir. Sonuç olarak

PyTorch geliştiriciye bir yapı sunar fakat projenin kod uzunluğu açısından çok fazla satır sayısına sahip olmasına sebep olur.

Bir diğer tarafta TensorFlow kullanılırken sıklıkla Keras da kullanılır. Görüntünün bölümlere ayrılması, obje tanıma veya gözetimli görüntü sınıflandırılması gibi işler yapılırken Keras projeleri PyTorch projelerine göre satır sayısı açısından çok daha küçük boyutlu olur. Bu durum başlangıç ve orta seviye geliştiriciler için kodu okuma, anlama ve değişiklik yapabilme kapasitesi açısından oldukça iyidir. [7]

Projenin nesne tanıma ve takibi konusunda örnek olması açısından MediaPipe Holistic kullanılarak Google Colab üzerinde çalışan bir program yaratılmıştır. Bu kod, şekil 1'de gösterildiği gibi kameradan aldığı görüntü doğrultusunda görüntü üzerinde gerçek zamanlı olarak el, yüz ve poz bilgilerini bir dizi nokta olarak gösterebilmektedir.



Şekil 1. MediaPipe Holistic kullanılarak OpenPose kullanılarak anahtar nokta çıkarımı [2]

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Sorunun çözümüne yönelik yapılan araştırmalar sonucunda problemin çeşitli hareketleri tanımasını gerektirecek durumlar olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple çözümde kullanılacak sinir ağı modelinin, tekrarlayan bir sinir ağı modeli olmasına karar verilmiştir. Verilen bu karar doğrultusunda çeşitli sinir ağı modelleri incelendikten sonra LSTM (Long short-term memory) kullanma kararı alınmıştır.

Verinin toplanması, OpenCV ve MediaPipe Holistic kullanan bir script yazılarak tamamlanmıştır. Toplanan veriler, verisi toplanacak her harf özelinde 30 frameden oluşmaktadır. Veri gizliliği, dosya boyutu ve verinin daha kolay işlenebilmesi için toplanan veri fotoğraf şeklinde değil numpy arrayleri halinde tutulmuştur. İlgili numpy arrayleri MediaPipe Holistic tarafından işaretlenen anahtar noktalardan oluşmuştur. Verilerin toplanmasının ardından daha önceden yaratılmış script yardımıyla oluşturulmuş olan dosyalama sistemine veriler kaydedilmiştir.

Verilerin kayıt işlemi bittikten sonra ilgili veriler, numpy tarafından işlenmek üzere sisteme yüklenir. Elde edilen veriye yönelik veriler ve etiketleri ayrıştırıldıktan sonra sonrasında test için kullanılacak veri rastgele olarak Sklearn'ün sağladığı train_test_split fonksiyonu kullanılarak ayrılır.

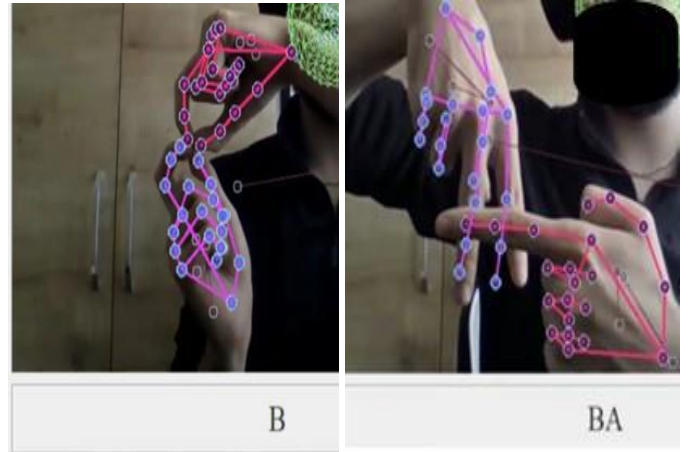
Modele beslenecek veri ön işleme tabi tutulduktan sonra model ardışık olarak tanımlanır. Keras kütüphanesinin sağladığı katmanlardan yararlanarak 64 birimlik LSTM, 128 birimlik iki LSTM, 64 birimlik son LSTM katmanından sonra bir 64 birimlik bir de 32 birimlik Yoğun katman oluşturulmuştur bu katmanlardan sonra çıktı katmanının birim sayısını tanınması gereken harf veya kelime sayısı tarafından belirlenmiştir.

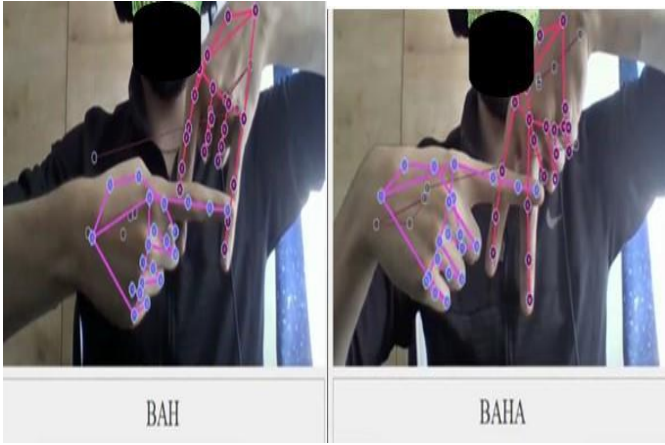
İlk 3 katman LSTM geri besleme yapmaktadır. Son LSTM katmanı ise sonrasında yoğun katmanlara besleme yapacağı için geri besleme yapmaz. Çıktı katmanından önce bulunan katmanların hepsi ReLU aktivasyon fonksiyonu kullanmıştır. Çıktı katmanında ise çıktıların normalizasyonunun sağlanması adına softmax aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır.

Modelin eğitimi sırasında eğitimin verimini arttırmak için Keras tarafından sağlanan callback fonksiyonlarının çözümü özelinde düzenlenmiş halleri kullanılmıştır. Model, kategorik isabetlilik değişkenine bağlı olarak değişimin arttığı sürece eğitime devam etmiştir. Kategorik isabetlilik değişkeni düşmeye başladığı adımdan itibaren 8 adım boyunca yükselme göstermediği takdirde eğitim durdurulmuş ve oluşturulmuş script yardımıyla eğitim sırasında en iyi sonuca ulaşılmış ağırlıklar kayıt edilmiştir.

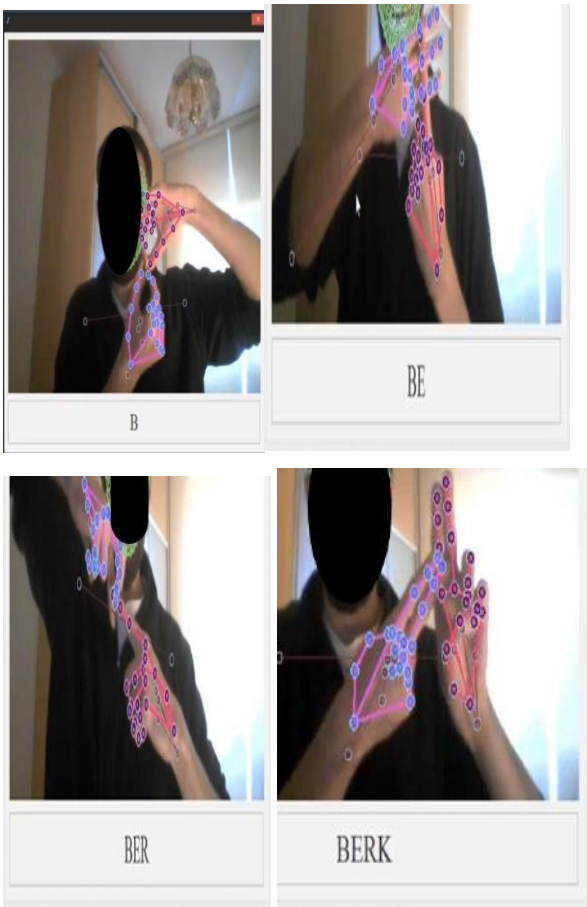
Eğitimin sonuçlarını kontrol etmek için eğitimin ardından test verisi üzerinde isabetlilik kontrolü yapılır.

Testin gerçek zamanlı yapılabilmesi ve çıktıların görüntülenebilmesi için şekil 2 ve şekil 3'de gösterildiği gibi Tkinter kullanılarak bir kullanıcı arayüzü oluşturulmuştur. Gerçek zamanlı test sırasında softmax fonksiyonundan gelen çıktıları 0.8'den büyük olan veriler doğru kabul edilip ekranın altındaki bölme yazılmıştır.





Şekil 2. Gerçek zamanlı test sırasında görülebilecek çıktıların örnekleri



Şekil 3. Gerçek zamanlı test sırasında görülebilecek çıktıların örnekleri

4. Sonuç

Projenin Google Colab ortamında geliştirilmiştir. Google Colab ortamında yaratılan kodun çalıştırılması için Jupyter Notebook kullanılarak yerel ortam bağlantısı kurulmuştur. MediaPipe Holistic frameworkü kullanılarak oluşturulan el, yüz ve poz tanıma kodu ile oluşturulmuş anahtar veriler başarılı biçimde çözüme aktarılabilmiştir. Aktarılmış veriler, oluşturulmuş olan makine öğrenmesi modeli tarafından verimli biçimde kullanılmıştır ve modelin eğitimi ardından başarılı biçimde test gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında oluşturulmuş model için sesli okuma özelliği

e-ISSN: 2148-2683

getirilecektir. Bunun yanında MediaPipe Holistic kullanmayan bir el tanıma modeli yaratılacaktır. Yaratılmış farklı el tanıma modellerine sahip çözümlerin işaret dili tanıma konusundaki verimleri karşılaştırılacaktır. Bu işlemlerin sonrasında ortaya koyulacak model karşılaştırması sonucunda projenin tamamlanması beklenmektedir.

Kaynakça

- [1] Ko, S.-K., Kim, C. J., Jung, H., & Cho, C. (2019). Neural Sign Language Translation Based on Human Keypoint Estimation. *Applied Sciences*, 9(13), 2683. doi:10.3390/app9132683
- [2] RWTH-PHOENIX-2014-T veri seti, <https://www-i6.informatik.rwth-aachen.de/~koller/RWTH-PHOENIX-2014-T/>
- [3] Necati Cihan Camgoz, Simon Hadfield, Oscar Koller, Hermann Ney, and Richard Bowden. Neural Sign Language Translation. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2018.
- [4] Konstantinidis, D., Dimitropoulos, K., & Daras, P. (2018). Sign Language Recognition Based On Hand And Body Skeletal Data. 2018- 3DTV-Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON). doi:10.1109/3dtv.2018.8478467
- [5] Hosain, A. A., Santhalingam, P. S., Pathak, P., Rangwala, H., & Kosecka, J. (2020). FineHand: Learning Hand Shapes for American Sign Language Recognition. 2020 15th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FG 2020). doi:10.1109/fg47880.2020.00062
- [6] Zhang, Z., Pu, J., Zhuang, L., Zhou, W., & Li, H. (2019). Continuous Sign Language Recognition via Reinforcement Learning. 2019 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). doi:10.1109/icip.2019.8802972
- [7] Pytorch vs Tensorflow 2021, <https://towardsdatascience.com/pytorch-vs-tensorflow-2021-d403504d7bc3>



Supply Chain Management Performance Factors Evaluation with Analytical Hierarchy Process (AHP) and SWARA

Irem Duzdar Argun^{1*}, Deniz Kaya¹

^{1*} Duzce University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, Duzce, Turkey, (ORCID: 0000-0002-7642-8121), iremduzdar@gmail.com

² Duzce University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, Duzce, Turkey, (ORCID: 0000-0001-5948-3332), 08kayadeniz@gmail.com

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1099008)

ATIF/REFERENCE: Duzdar Argun, I. & Kaya, D. (2022). Supply Chain Management Performance Factors Evaluation with Analytical Hierarchy Process (AHP) and SWARA. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (36), 36-40.

Abstract

In today's increasingly globalized world, supply chains are of great importance. The success of companies depends on the performance of the supply chain. A raw material or the entire supply chain of activity and information flow of the service from the supplier to the customer it is the management. Supply chain management is a very wide range of processes that cover many activities occurs. Due to the complex structure of the supply chain, performance measurement can be challenging. When evaluating supply chain performance, each a member should not be evaluated individually, but should be looked at throughout the chain. While designing the supply chain performance system, criteria covering all processes of the chain should be selected. In this study, using the Analytical Hierarchy Process (AHP) and SWARA methods, some critical factors of supply chain performance have been identified by consulting experts. The most important criteria selected as a result of the applications were determined, and then the most important main and sub-criteria affecting the supply chain performance were selected. While using the supply chain performance model, other criteria were listed in order of importance, interpreted and necessary suggestions were made.

Keywords: Analytical Hierarchy Process, SWARA, Supply chain performance, Supply chain management

Tedarik Zinciri Yönetimi Performansını Etkileyen Kritik Faktörlerin Değerlendirilmesi

Öz

Günümüzde gittikçe küreselleşen dünyada tedarik zincirleri çok büyük önem taşır. Şirketlerin başarısı tedarik zincirinin performansına bağlıdır. Bir hammadde ya da hizmetin tedarikçiden müşteriye kadar geçen tüm faaliyet ve bilgi akışı tedarik zinciri yönetimidir. Tedarik zinciri yönetimi çok geniş ve birçok faaliyeti kapsayan süreçlerden oluşur. Tedarik zincirinin karmaşık yapısı dolayısıyla performans ölçümü zorlayıcı olabilmektedir. Tedarik zinciri performansını değerlendirirken zincir boyunca her bir üye tek tek değerlendirilmemeli zincirin geneline bakılmalıdır. Tedarik zinciri performans tasarımı yapılırken zincirin her sürecini kapsayan kriterler seçilmesine dikkat etmek gerekmektedir. Bu çalışmada tedarik zincirinin performansını etkileyen bazı kritik faktörler belirlenmiş ve alanında uzman kişilerin görüşü alınarak iki farklı çok kriterli karar verme tekniklerinden olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Adım Adım Değerlendirme Oran Analizi (SWARA) yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Bu uygulamalar sonucunda seçilen kriterlerden tedarik zinciri performansını etkileyen en önemli ana ve alt kriter belirlenmiştir. Diğer kriterler önem sırasına göre sıralanıp yorumlanmış ve tedarik zinciri performans modeli kullanırken gerekli önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar sözcükler: Analitik Hiyerarşi Süreci, SWARA, Tedarik zinciri performansı, Tedarik Zinciri Yönetimi

* Corresponding Author: iremduzdar@gmail.com

1. Introduction

Today, globalizing economies have a great impact on companies. In a rapidly increasing competitive environment, companies prefer to use supply chain management to maximize their efficiency. Companies need to use a systematic supply chain management to reduce inefficiency, increase customer satisfaction, reduce costs and increase profits. All of the value-added processes from the supplier to the customer of a product or service are called the supply chain. Supply chain management is the systematic integration of all these processes. Supply chain management is the management of all activities to deliver the product to the customer at the right time, at the right price, at the right place. In supply chain management, control cannot be done from a single hand. The supply chain has an integrated structure. It is understood that increasing the efficiency of one member of the supply chain will affect the entire chain. Also, as firms successfully streamline their operations, they will be better coordinated with suppliers and customers. Although the execution styles of all members are different, the general purpose is the same. While measuring the performance of the supply chain, the entire chain should be considered as a whole and a direct judgment should not be made about the success of the supply chain by looking at the individual performances of the members [1].

After the performance measurement system is prepared in accordance with the structure of the supply chain, it can be used regularly. Performance measurement is a measure of efficiency and productivity in general [2]. In order for businesses to work more effectively and efficiently, they always need to measure their supply chain performance and make improvement studies [3]. It is no longer enough for companies to compete on their own, they compete with the success of their supply chains.

2. Material and Method

2.1. AHP Method

Multi-criteria decision making methods are the methods used to make the most accurate decision when need to make a choice with more than one criterion [4].

Step 1: The problem to which the method will be applied is determined. The criteria to be used are determined.

Step 2: By creating a hierarchical structure, main and sub-headings are determined. At the top is the main goal to be achieved. While creating the hierarchy, it is calculated by considering that the criteria under the same plane are independent of each other.

Step 3: After the pairwise comparison matrices are made, they are scored between 1 and 9 points in order of importance. First of all, the main criteria and then the sub-criteria are evaluated. Finally, a matrix is created by comparing all criteria. The diagonal alignment of the comparison matrices must be 1. This matrix shape is a square matrix.

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{1i} \\ \vdots & d_{ij} & \vdots \\ d_{ki} & \dots & d_{mm} \end{bmatrix}$$

By this matrix, the percentage importance distributions showing the degree of importance are found by evaluating among

the criteria. a_{ij} by criterion j . is the pairwise comparison value of the criterion, and the a_{ji} value is obtained from $1/a_{ij}$. This property is called the reciprocity property. Decision matrices are scaled according to the Saaty Scale [5].

Step 4: The two comparison matrices are normalized. Each value in the matrix is normalized by dividing by the sum of the numbers in its column. The sum of the numbers in each column of this matrix must be 1. The following equation (1) is used.

$$r_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum_{i=1}^n d_{ij}^2} \quad (1)$$

Step 5: Then the calculation is done for the priority vector. The importance weights of the criteria are calculated using Equation (2) of the normalized matrix. Calculate the priority vector with these values.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n r_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij}} \quad (2)$$

Step 6: The consistency ratio is calculated. After making a pairwise comparison and determining the criteria values, the consistency ratio is calculated by using the comparison matrices.

It is necessary to calculate the ‘‘Consistency Index’’ CI value for the A matrix that is formed after the pairwise comparisons matrices are made (Eq. 3,4,5).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij} w_j}{w_i} \quad (5)$$

To check the consistency ratio, the Random Index (RI) value must be known. After the CI and RI values are found, the consistency ratio is calculated. In case the calculated CR value is greater than 0.10, it is concluded that a calculation error has been made in the AHP or the decision maker has inconsistency while making the comparison [6].

Step 7: The weight values are calculated by creating a pairwise comparison matrix for each criterion.

Step 8: Decision options are listed. The criterion with the highest weight has the most important value.

2.2. SWARA Method

The SWARA method, which is used to calculate criterion weights and has been used more frequently in recent years, is a criterion decision-making method based on expert opinion [7]. Unlike other methods, SWARA is a method that gives more importance to expert opinions. When hierarchy is used in the problem, it can be applied the method first to the main criteria and then to the sub-criteria in the same way [8].

Step 1: Experts identify the most important criterion and give a score of 1 to the criterion with the highest importance. Decision makers give points by comparing the most important criterion and other criteria with binary criteria. Ratings are ranked from 0 to 1 and multiples of 2, 3, 4, and 5.

The scores assigned to the criteria are shown as p^k ; $j=1, \dots, k=1, \dots, l$; $0 \leq p^k \leq 1$.

Step 2: The relative average importance score, which is the mean of each scoring for the scored criteria, is calculated by the equation below. The geometric mean for each criterion is taken as a result of the scoring given by the decision makers and it is calculated with the Eq. 6..

$$p_j = \frac{\sum_{k=1}^l p_j^k}{l} ; 1, \dots, n \quad (6)$$

Step 3: After the relative average importance scores of the criteria are determined, they are ordered from largest to smallest. As a result of the comparisons, the relative importance values of the relative mean values are calculated as s_j . Values are calculated by the difference of the $j+1$ criterion with respect to the j criterion. This value emerges as a result of the comparison of the two criteria. It shows how important they are to each other.

Step 4: The coefficient value for all criteria is calculated using the k_j equation (Eq. 7). When the most important criterion is given 1, the other criteria take the value $1 + s_j$.

$$k_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ s_j + 1, & j > 1 \end{cases} \quad (7)$$

Step 5: Adjusted weights for all criteria are calculated with the following formula. The adjusted weight of the first-order criterion is $q_j = 1$. The q_j values are found by dividing the k_j values (Eq. 8).

$$q_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j}, & j > 1 \end{cases} \quad (8)$$

Step 6: The final weights (w_j) are calculated for the main and sub-criteria with the help of the equation 9.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{j=1}^n q_j} \quad (9)$$

2.3. Supply Chain Management Performance

Supply chain management, analysis and improvement are becoming increasingly important. Supply chain performance measurement is a tool that provides holistic monitoring of chain management, which can help to solve problems that may occur in strategic ways. Making performance measurements is used to increase all kinds of efficiency. When an effective performance system is applied, it provides a better view of problems and flow. Companies should measure their performance for the following reasons. The aim to obtain information about the past situation, to analyse the current situation and to shape their future plans and activities depending on them, to guide them on how to reach the determined goals, and to measure performance in order to see to what extent the determined goals have been achieved [9].

Due to today's fast competitive environment and globalization, the market has become quite dynamic. Customer demands are changing rapidly Customers have more options now. To be successful, companies must closely follow changing customer needs. Today, businesses take shape according to customers and compete to meet their demands. The target in the market is to provide both customer demand and quality products and keep the company cost at a minimum while doing these and carrying out the integration in the best way [10].

THE MAIN CRITERIA ARE SUB-CRITERIA	THE MAIN CRITERIA ARE SUB-CRITERIA
STRUCTURAL	Supply Chain Reliability
	Supply Chain Flexibility
	Agility in the supply chain
	Organizational Culture
STRATEGIC	Effective and Competitive Global Supply Chain Strategy
	Risk Management
	Process Planning
	Regulations
PROCESS	Trust And Communication Between Supply Members
	Shipping
	Supply Chain Integration
	Inventory Management
	Customer Satisfaction
	Product quality

The criteria collected under 3 headings are as follows in the table 1.

Structural criteria are the most important criteria when it is applied with AHP. Than it is applied to all main criteria. And results are in Fig. 1 and Fig. 2.

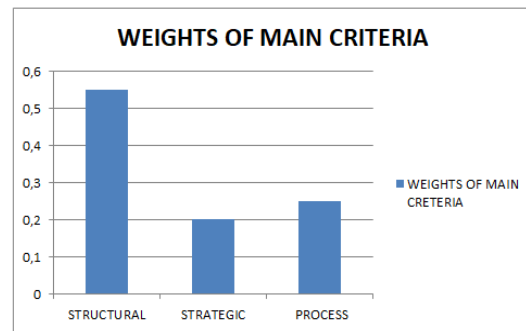


Fig. 1. Weights of main criteria

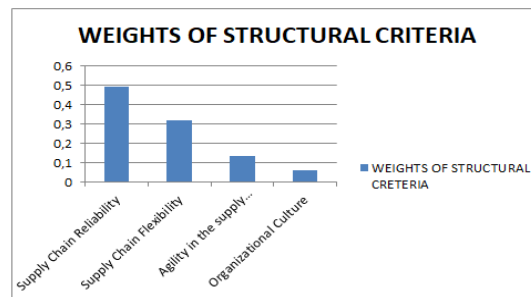


Fig. 2. Weights of structural criteria

It is seen from the Fig.2, the most important criteria is Supply Chain Reliability for structural main criteria.

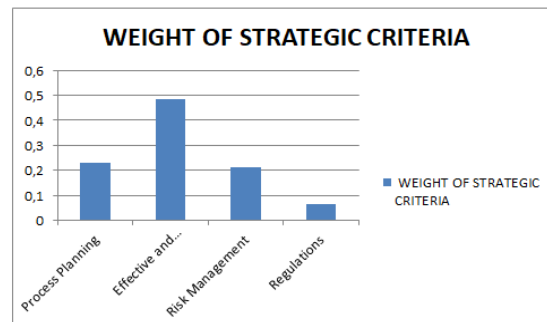


Fig. 3. Weights of strategic criteria

Effective and Competitive Global Supply Chain Strategy criterion has become the most important criterion among the strategic sub-criteria (Fig. 3).

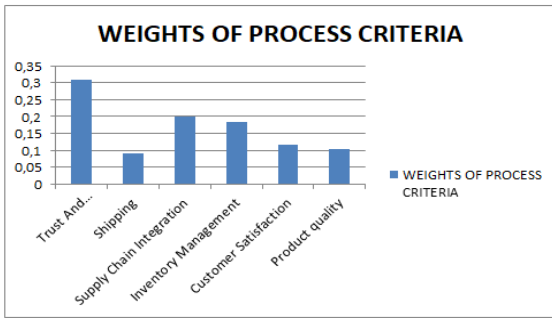


Fig. 4. Weights of process criteria

Trust and Communication Between Supply Members is the most important criterion among the process sub-criteria with AHP method (Fig. 4). First of all, the main criteria are compared with SWARA method. The Structural main criterion, which includes the Reliability of SC, Flexibility of SC, Agility of SC and Organizational Culture, has become the most important main criterion like AHP method.

Table 2. Main criteria weight for SWARA

THE MAIN CRITERIA	Order of importance	s_j	k_j	q_j	w_j
STRUCTURAL	1		1	1	0,43
STRATEGIC	2	0,32	1,32	0,76	0,33
PROCESS	3	0,37	1,37	0,55	0,24

Table 3. All global weight for SWARA

STRUCTURAL	W_j	Main Criterion Weight	Global Weight
Supply Chain Reliability	0,34	0,43	0,15
Supply Chain Flexibility	0,28	0,43	0,12
Agility in the supply chain	0,23	0,43	0,10
Organizational Culture	0,15	0,43	0,07
STRATEGIC			
Process Planning	0,35	0,24	0,11
Effective and Competitive Global Supply Chain Strategy	0,29	0,24	0,09
Risk Management	0,22	0,24	0,07
Regulations	0,14	0,24	0,05
PROCESS			
Product quality	0,29	0,33	0,07
Customer Satisfaction	0,25	0,33	0,06
Shipping	0,18	0,33	0,04
Supply Chain Integration	0,13	0,33	0,03
Trust And Communication Between Supply Members	0,09	0,33	0,02
Inventory Management	0,06	0,33	0,01

In the Table 3, the main headings and subheadings are calculated sequentially. And their global weights were found after multiplication. The most important criterion of the Swara method

is supply chain reliability. The same result was obtained in two methods with two different scoring systems.

3. Results and Discussion

In this study, critical factors were determined during the supply chain and criteria weights were calculated first with the AHP method and then with the SWARA method. In both methods, the most important main criterion is Structural, and the sub-criterion is Supply Chain Reliability.

Based on this result, the most important criterion is supply chain reliability. Due to the rapidly changing competitive environment today, reliability is of great importance. Trust is essential to get all tasks done on time and as planned. Firms with high reliability accelerate the information and cost flow of the chain. It reduces the uncertainties that may occur. Increasing the reliability first will ensure the success of the chain while planning the supply chain. Reliability covers multiple issues and requires that all tasks be performed as expected. For this reason, other features that will ensure reliability should be emphasized. The fact that the order of other criteria differs shows that each process is very important and indispensable for the supply chain. The fact that the values are close to each other and the different rankings in the two different methods show that every process is interconnected. In the study of Yuksel [3] critical factor affecting supply chain performance study, Excellent Order Fulfillment Ratio was the most important criterion. Although the most important criterion is different, it can be interpreted the underlying reason as meeting the expectations of the customer. In the study of Yavuz [2], the most important factor was found to be not holding stock.

It is possible to deduce from these different results that; The most important criterion may vary according to the sectors and criteria selection.

4. Conclusions and Recommendations

The conclusion of this study is that structural features in supply chain management significantly affect the performance of the chain. It is given recommendations to the companies that will carry out the supply chain process that should pay attention to the structural features of the chain.

References

[1]Erdem, G. (2013). *Tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının benimsenmesinin, tedarik zinciri ve işletme performansına etkisi* (Master's thesis, Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).

[2]Yavuz, O., & Ersoy, A. (2013). *Tedarik Zinciri Performansinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Değişkenlerin Yapay Sinir Ağı Yöntemiyle Değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 15(2), 209-256.*

[3]Yüksel, H. (2004). *Tedarik zincirleri için performans ölçüm sistemlerinin tasarımı. Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11(1), 143-154.*

[4]Özbek, A. (2017). *Çok kriterli karar verme yöntemleri ve excel ile problem çözümü. Seçkin Yayıncılık, Ankara.*

[5]Saaty, T. L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation.* McGraw-Hill New York.

- [6]Thomas, P. G., & Doherty, P. C. (1980). The Analytic Hierarchy. In *Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation, McGraw-Hill*.
- [7]GÖRENER, A. (2021). SWARA Metodu ile Kriter Önceliklendirme: Tedarikçi Performansının Değerlendirilmesi. *Working Paper Series*, 2(2), 32-39.
- [8]Chin, K. S., Chiu, S., & Tummala, V. R. (1999). An evaluation of success factors using the AHP to implement ISO 14001-based EMS. *International Journal of Quality & Reliability Management*.
- [9]Lebas, M. J. (1995). Performance measurement and performance management. *International journal of production economics*, 41(1-3), 23-35.
- [10]Özdemir, A. İ. (2004). Tedarik zinciri yönetiminin gelişimi, süreçleri ve yararları. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (23).



Thermal image analysis for fault detection of PV systems in Ankara/Turkey

Hale Bakır^{1*},

^{1*} Department of Electronics and Automation, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Turkey
halebakir@cumhuriyet.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICAENS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1098973)

ATIF/REFERENCE: Bakır, H. (2022). Thermal image analysis for fault detection of PV systems in Ankara/Turkey. *European Journal of Science and Technology*, (36), 41-44.

Abstract

Due to the increase in consumption of fossil fuels and the damage they cause to the environment, renewable energy-clean energy orientation has increased. However, renewable energy systems can be affected by environmental conditions and there is a decrease in energy production and efficiency. Types of faults in solar energy systems, such as cracking, soiling, connection faults, cause losses in energy production. In this study, thermal image analysis was carried out with a thermal drone in a solar power plant located in Ankara, Turkey. As a result of the examinations, the faults in the PV panels were immediately detected with the thermal drone. When the problem was solved in the field, 0.68 % improvement was achieved in energy production.

Keywords: solar power plant, energy production, thermal drone, faults

Ankara/Türkiye'deki PV sistemlerinin arıza tespiti için termal görüntü analizi

Öz

Fosil yakıtların tüketiminin artması ve çevreye verdikleri zarar nedeniyle yenilenebilir enerji-temiz enerji yönelimi artmıştır. Ancak yenilenebilir enerji sistemleri çevre koşullarından etkilenilmekte ve enerji üretimi ve verimliliğinde azalma olmaktadır. Güneş enerjisi sistemlerinde meydana gelen çatlama, kirlenme, bağlantı arızaları gibi arıza türleri enerji üretiminde kayıplara neden olmaktadır. Bu çalışmada, Ankara'da bulunan bir güneş enerjisi santralinde termal drone ile termal görüntü analizi yapılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda termal drone ile PV panellerdeki arızalar anında tespit edilmiştir. Sahada sorun çözüldüğünde enerji üretiminde % 0,68 oranında iyileşme sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: güneş enerjisi santrali, enerji üretimi, termal drone, arızalar

* Corresponding Author: halebakir@cumhuriyet.edu.tr

1. Introduction

Today, with the increase in living standards, there has been a significant increase in energy use. Renewable energy sources can play an important role in meeting these demands. One of the rapidly developing and promising applications of energy production technology from these sources is solar panel systems (Li & Lam, 2007). Solar panel systems generate power with non-linear current-voltage curves depending on environmental conditions (Taherbaneh, Rezaie, Ghafoorifard, Rahimi, & Menhaj, 2010). Therefore, users' expectations of power and economic benefits need to be realistic. Otherwise, solar electricity becomes an expensive resource (Ancuta & Cepisca, 2011).

On the other hand, there are many studies to increase the efficiency of solar panels as a result of technological innovations (Purvis, 2013). Installed solar panels lose their efficiency as a result of some deterioration. Faults or defects; delamination, connection faults, polymer cracks, front surface contamination, blackening on bottom edge of panel, junction box corrosion, bypass diode fault and hotspot fault, soiling, glass breakage, snail marks, rapid performance degradation and rapid structural deterioration, etc. way can be classified (Djordjevic, Parlevliet, & Jennings, 2014).

A single panel defect can affect the lifetime of all panels connected to the array, resulting in high replacement costs (Ding, 2012)[6]. Panel performance is directly affected by direction, angle, shading, panel type, maintenance, cleaning and back temperature, apart from the above factors.

In this study, the 2.7 MW solar power plant located in Ankara Turkey was examined with a thermal drone. The types of faults found in Turkey and these faults were analyzed and the losses caused by the faults found in real time were calculated. Depending on these losses, an improvement in energy production of 0.68 % was achieved by solving the problem in the field

2. Material and Method

2.1. PV module efficiency

Efficiency decreases with the loss of PV systems due to faults. Production loss due to faults in a solar power plant is calculated with Equation (1), and the percentage of improvement in production loss is found with Eq. (2);

$$P_{loss} = n_{st} P_{pv} n_{fault} \quad (1)$$

Where P_{loss} is the production loss, n_{st} is the number of total panels in a string, P_{pv} is panel power (330 W) and n_{fault} refers to the number of defective solar panels.

$$P_{imp} = \frac{P_{loss}}{P_{out}} 100 \% \quad (2)$$

Where P_{imp} refers to the energy production improvement, P_{loss} is production loss and P_{out} is output of the panels.

2.2. DJI Mavic enterprise advanced thermal drone

In this study, DJI Mavic advanced model drone was used. The drone picture used in the study is shown in Fig. 1.

This model, which runs quieter and can fly longer than many other models, flies at a speed of 72 km in windless air, and its flight time is 31 minutes. Since obstacle detection is extremely important in drone flights, DJI Mavic advanced drone is used and it has versatile obstacle detection systems. As seen in Fig. 2, the drone camera features are given.



Fig. 1 DJI Mavic enterprise advanced thermal drone



Fig. 2 Properties of thermal drone camera

2.3. Solar Power Plant in Ankara/Turkey

In this study, fault analysis and detection were carried out in a 2.7 MW solar power plant using a thermal drone in the field. The image taken by the drone of the power plant is given in Figure 3. Table 1 gives the drone flight information used while testing the 2.7 MW solar power plant.

Temperature differences in the PV panel are important and what to do in case of these differences is given in Table 1. If the panel temperature is below 1 °C, it is seen that the panel is normal. If the panel temperature has taken a value between 1 °C and 4 °C, it can be seen that the panel needs to be inspected. If the Panel temperature is detected between 4.0 °C and 15 °C, it is given in the table that the panel should be repaired. When the panel temperature rises above 15.0 °C, it can be seen that the panel needs to be taken to the emergency response.



Fig. 3 2.7 MW solar power plant captured by drone

Table 1. Drone flight information for 2.7 MW solar power plant

Flying height	Radiation	Ambient Temperature	Panel Temperature
20-25 Meter	985 W/m ²	24 °C	38.86 °C

Table 2. The importance of temperature differences in PV panel

Normal	Should be examined	Should be repaired	Emergency response
<1.0 °C	1.0 to 4.0 °C	4.0 to 15.0 °C	>15.0 °C

2.4. Experimental results and discussion

When the images taken with the drone were analyzed, a hotspot fault was detected on the panel shown in Figure 4. The panel temperature was determined to be a maximum of 43.0 degrees, a minimum of 11.9 degrees and an average of 38.9 degrees. In Figure 4, C1 is indicated by circle marks. One connection fault has been detected in the panel shown in Figure 4. The panel temperature was determined to be a maximum of 49.0 degrees, a minimum of 14.9 degrees and an average of 32.4 degrees.

With the thermal drone in Figure 5, three Bypass diode faults were detected on the panel and the panel temperature was determined as maximum 43.0 degrees, min 37.0 degrees and average 39.8 degrees.

As another fault, one connection fault was detected on the panel with the thermal drone and the panel temperature was found to be maximum 38.95 degrees, min 20.95 degrees and average 35.13 degrees. The connection fault is indicated by the circle marks C1 in Figure 5. Five Bypass diode faults were detected on the panel with the thermal drone in Figure 6(a-b-c).

According to the tests, a total of 11 faults were detected, and the thermal shot fault distributions taken on the panels with the drone are given in Figure 7. 8 bypass diode faults are given

with dark blue colored busbar, two connection faults are given as green colored busbar, one hotspot fault is given as blue colored bus. No other type of fault has been detected. A total of 11 panel fault were detected and the number of panels affected by these faults was determined to be 28.

The calculation of the production loss caused by the faults in a 2.7 MW solar power plant is calculated with Eq. (1), while the percentage of improvement in the production loss is found with Eq. (2) based on the losses.

As a result, an improvement of 0.68 % was achieved in energy production.

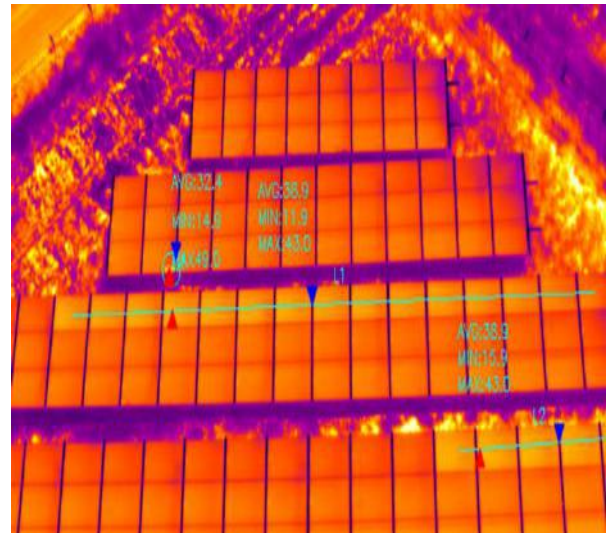


Fig. 4. One Hotspot fault and one connection fault of 2.7 MW solar power plant captured by thermal drone

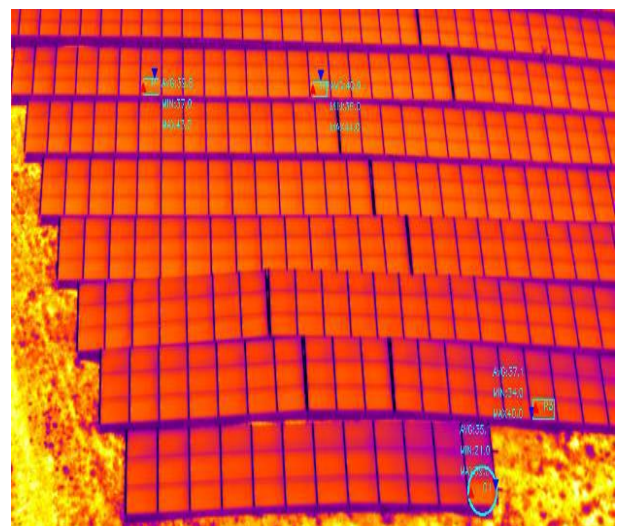
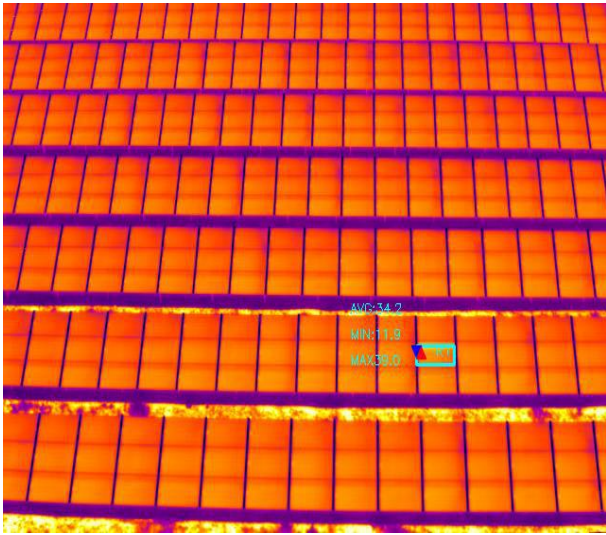
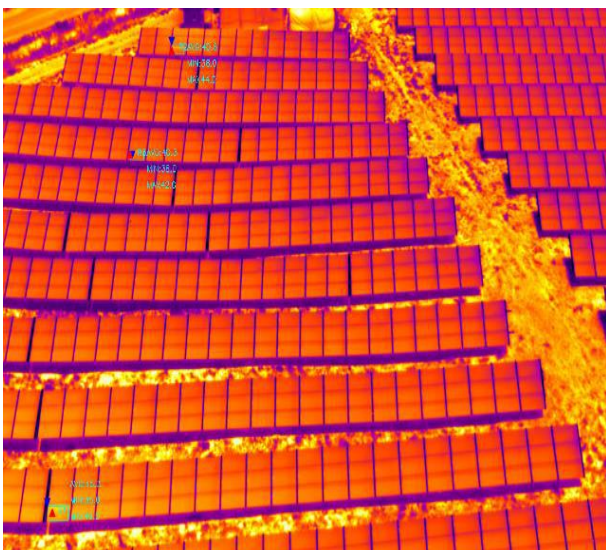


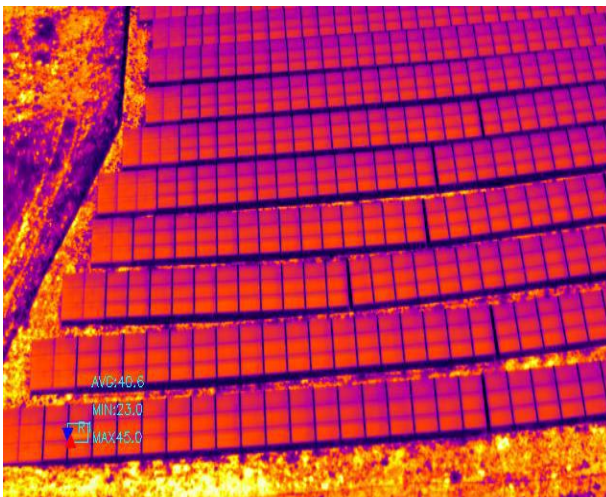
Fig. 5. Three Bypass diode fault and one connection fault of 2.7 MW solar power plant captured by thermal drone



(a)



(b)



(c)

Fig. 6. (a-b-c) Bypass diode fault of 2.7 MW solar power plant captured by thermal drone

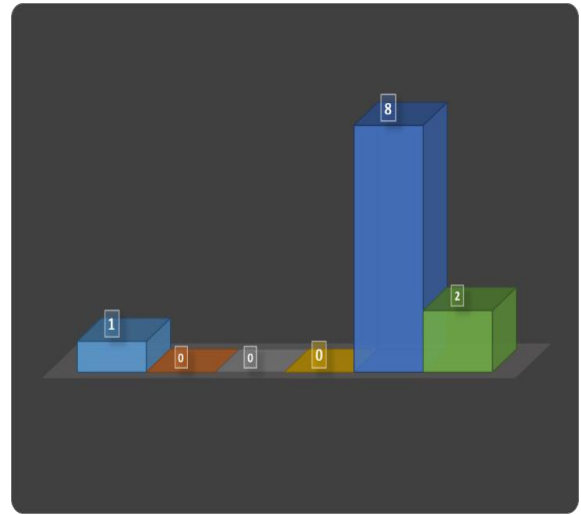


Fig. 7. Thermal shooting fault distributions for 2.7 MW solar power plant

3. Conclusion

The study was implemented in a real environment at a large-scale 2.7 MW PV power station, demonstrating its practical feasibility.

The thermal drone we use detects and pinpoints faulty PV modules in a large-scale PV power station. With the application, the types of faults occurring in solar power plants in Turkey have been observed. Since the connection fault affects the operation of all panels in the array to which it is connected, it is seen that it is important in efficiency and production loss.

A total of 11 panel faults were detected and the number of panels affected by these faults was determined as 28. As a result, an improvement of 0.68 % was achieved in energy production when the fault problems were resolved.

References

- Ancuta, F., & Cepisca, C. (2011, 7-9 July 2011). *Fault analysis possibilities for PV panels*. Paper presented at the Proceedings of the 2011 3rd International Youth Conference on Energetics (IYCE).
- Ding, Z. (2012). *PV module troubleshooting and measurement*. (Doctoral). Murdoch University
- Djordjevic, S., Parlevliet, D., & Jennings, P. (2014). Detectable faults on recently installed solar modules in Western Australia. *Renewable Energy*, 67, 215-221. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.11.036>
- Li, D. H. W., & Lam, T. N. T. (2007). Determining the Optimum Tilt Angle and Orientation for Solar Energy Collection Based on Measured Solar Radiance Data. *International Journal of Photoenergy*, 2007, 085402. doi:10.1155/2007/85402
- Purvis, M. (2013). *Remote data logger for photovoltaic research*. (Doctoral). Murdoch University
- Taherbaneh, M., Rezaie, A. H., Ghafoorifard, H., Rahimi, K., & Menhaj, M. B. (2010). Maximizing Output Power of a Solar Panel via Combination of Sun Tracking and Maximum Power Point Tracking by Fuzzy Controllers. *International Journal of Photoenergy*, 2010, 312580. doi:10.1155/2010/312580



Saplama Kaynağının 6060, 6082, 6005 Alüminyum Alaşımlara Uygulanma Parametrelerinin ve Metalografiye Etkisinin Araştırılması

Mehmet Babacan^{1*}, Faruk Tosun², Mustafa Can³

^{1*} Sakarya Uygulamalı Bilimler Üni., Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği, Sakarya, Türkiye,(ORCID: 0000-0002-9204-3985), babacanmehmet@hotmail.com

² ASAŞ Alüminyum Sanayi ve Ticaret A.Ş., Kavacık, Beykoz İstanbul, Türkiye, faruktosun@hotmail.com

³ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üni., Teknoloji Fak., Metalürji ve Malzeme Müh. Bölümü, Sakarya, Türkiye,(ORCID: 0000-0003-3200-9176), mustafacan@subu.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1099675)

ATIF/REFERENCE: Babacan, M., Tosun, F. & Can, M. (2022). Saplama Kaynağının 6060, 6082, 6005 Alüminyum Alaşımlara Uygulanma Parametrelerinin Ve Metalografiye Etkisinin Araştırılması *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 45-49.

Öz

Bu çalışmada 6060, 6082, 6005 alaşımlı alüminyum malzemeden 5 mm kalınlıktaki levhaların üzerine 5 mm çapındaki alüminyum saplamalar, saplama kaynak yöntemi ile 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150 ve 160 volt değerlerinde kondansatör boşaltmalı saplama kaynak makinesi ile atmosfer korumasız ortamda kaynak edildi. Kaynaklı numunelerin mikro yapı resimleri alınmıştır, sertlikleri ölçülerek, eğme çekme, tork testine tabi tutulmuştur ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Saplama Kaynağı, Saplama, Alüminyum, Kaynak Mikroyapısı, Mekanik Özellikler.

Investigation of the Optimum Parameters of Stud Welding on Application to 6060, 6082, 6005 Aluminum Alloys and Investigation of Its Effect on Metallography

Abstract

In this study, aluminum studs with a diameter of 5 mm were welded on plates of 5 mm thickness made of 6060, 6082, 6005 aluminum alloys by stud welding method with a capacitor discharge stud welding machine at 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150 and 160 volts in an atmosphere unprotected environment. Microstructure pictures of welded samples were taken, their hardness was measured, they were subjected to bending, tensile and torque tests and the results were evaluated.

Keywords: Stud Welding, Stud, Aluminum, Welding Microstructure, Mechanical Properties.

* Sorumlu Yazar: babacanmehmet@hotmail.com

1. Giriş

Günümüzdeki kaynak kalitesi ve özelliklerinin geliştirilmesi, maliyetlerin düşürülmesi için araştırma ve geliştirmelerde artmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte basit olarak elektrik ve gazdan yararlanılarak çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Kaynak yöntemlerinde kullanılan malzemelerin kimyasal yapıları bozulmadan ya da plastik deformasyona uğramadan birleştirilmeleri istenmektedir. Gelişen teknoloji ile farklı kalınlıktaki malzemeleri, farklı kimyasal yapıya sahip malzemeleri, seramik ve metal malzemeleri kaynaklayabilmek için yeni kaynak yöntemleri bulunmuştur. Bu kaynak yöntemleri arasında tez konumuz olan saplama kaynağı yöntemi de bulunmaktadır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada kullanmış olduğumuz 6060, 6082 ve 6005 alüminyum alaşımlarıdır. Kullanmış olduğumuz alüminyumların kimyasal analizi aşağıda verilmiştir. 5 mm kalınlıktaki levhaların üzerine 5 mm çaplarındaki Al saplama kaynağı yöntemi ile 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150 ve 160 volt voltaj değerlerinde kondansatör boşaltmalı saplama kaynak makinesi ile atmosfer korumasız ortamda kaynak edilmişlerdir. Kaynaklama işlemi için kondansatör boşaltmalı saplama kaynak makinesi kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan Al levhaların kimyasal içeriği Tablo 1. 2. ve 3. de verilmiştir.

Tablo 1. 6060 Alüminyum Alaşımının Kimyasal Bileşimi. [2]

Si	Fe	Cu	Ti	Mn	Zn	Mg	Diğer
0,3-0,6	0,1-0,3	0,1	0,1	0,1	0,15	0,35-0,6	0,15

Tablo 2. 6082 Alüminyum Alaşımının Kimyasal Bileşimi. [2]

Si	Fe	Cu	Ti	Mn	Zn	Mg	Cr
0,7-1,3	0,5	0,1	0,1	0,4-1,0	0,2	0,6-1,2	0,25

Tablo 3. 6005 Alüminyum Alaşımının Kimyasal Bileşimi. [2]

Si	Fe	Cu	Ti	Mn	Zn	Mg	Cr
0,6-0,9	0,35	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4-0,6	0,1

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Eğme Testi

Kaynaklama işlemlerinden sonra gerçekleştirilen eğme testinde amaç, kaynak edilmiş numunenin 30 °C'lik bir açı ile bükülmesi sonucu kaynaklı bölgenin değerlendirilmesidir. Eğer 30 °C'lik eğme sonucunda kaynak bölgesinde kırılma ya da

çatlama söz konusu ise kaynak başarısız, kırılma yok ise kaynak başarılıdır diye kabul edilmiştir.

Eğme Testi			
Voltaj	6082	6005	6060
70	Koptu	Koptu	Koptu
80	Koptu	Uygun	Uygun
90	Uygun	Uygun	Uygun
100	Uygun	Uygun	Uygun
110	Uygun	Uygun	Uygun
120	Uygun	Uygun	Uygun
130	Uygun	Uygun	Uygun
140	Uygun	Uygun	Uygun
150	Uygun	Uygun	Uygun
160	Koptu	Uygun	Koptu

3.2. Tork Testi

Kaynaklı saplama torkmetre ile 3000 Newton'luk değere kadar tork uygulanarak test edildiler. Tork testinde tüm alaşımlarda ve tüm voltajlarda elde edilen sonuçlar verilmiştir. Tüm alaşım ve tüm voltajlarda gerçekleştirilen test sonuçlarına göre düşük voltajlarda (70 ve 80 volt) ve yüksek voltajlarda (150 ve 160 volt) kopmalar olmuştur.

Tork Testi			
Voltaj	6082	6005	6060
70	Koptu	Koptu	Koptu
80	Koptu	Koptu	Koptu
90	Uygun	Uygun	Uygun
100	Uygun	Uygun	Uygun
110	Uygun	Uygun	Uygun
120	Uygun	Uygun	Uygun
130	Uygun	Uygun	Uygun
140	Uygun	Uygun	Uygun
150	Koptu	Uygun	Koptu
160	Koptu	Koptu	Koptu

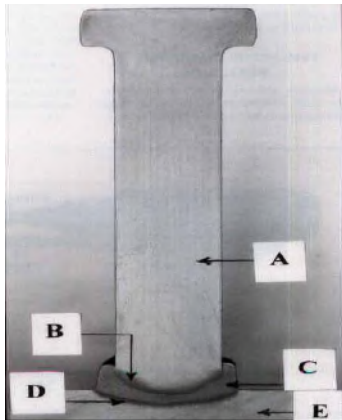
3.3. Çekme Testi

Çekme testi sonuçlarına göre 3000 Newton altında kalan kuvvette kopma olan numuneler uygun değil olarak kabul edilmiştir. Tüm alaşım ve tüm voltajlarda gerçekleştirilen test sonuçlarına göre düşük voltajlarda (70 ve 80 volt) ve yüksek voltajlarda (150 ve 160 volt) kopmalar olmuştur.

Çekme Testi			
Voltaj	6082	6005	6060
70	Koptu	Koptu	Koptu
80	Koptu	Koptu	Koptu
90	Uygun	Uygun	Uygun
100	Uygun	Uygun	Uygun
110	Uygun	Uygun	Uygun
120	Uygun	Uygun	Uygun
130	Uygun	Uygun	Uygun
140	Uygun	Uygun	Uygun
150	Koptu	Uygun	Koptu
160	Koptu	Koptu	Koptu

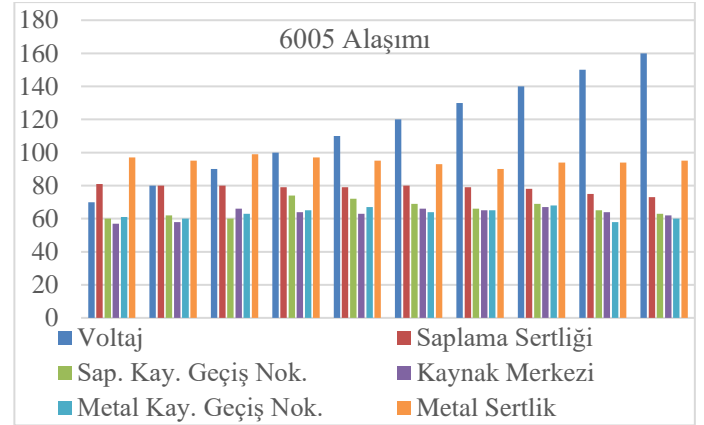
3.4. Sertlik Testi

Kaynak işlemi gerçekleştirilmiş olan saplama malzemesinin sertlik ölçümlerinin gerçekleştirilebilmesi için numuneler bakalıte alınarak metalografik olarak hazırlanmıştır. Saplama, kaynak metali, esas metal ve geçiş bölgelerinden sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

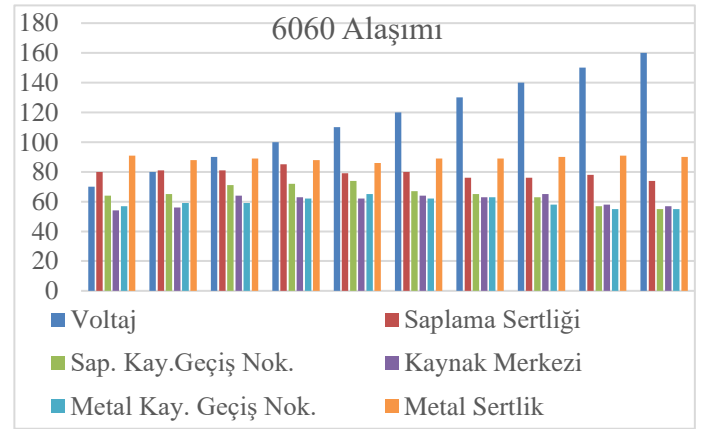


6005 alaşımı sertlik testi sonuçlarına göre voltaj yükseldikçe saplama malzemesinde ve saplama kaynak geçiş bölgesinde sertlik değerinde düşüş olmuştur. Ana metal sertliğinde voltaj değişiminin sertliğe etkisi olmazken ana metal kaynak geçiş bölgesinde düşük ve yüksek voltaj değerlerinde düşük sertlik değeri görülmektedir. Kaynak bölgesinde 70, 80 volt ve 160

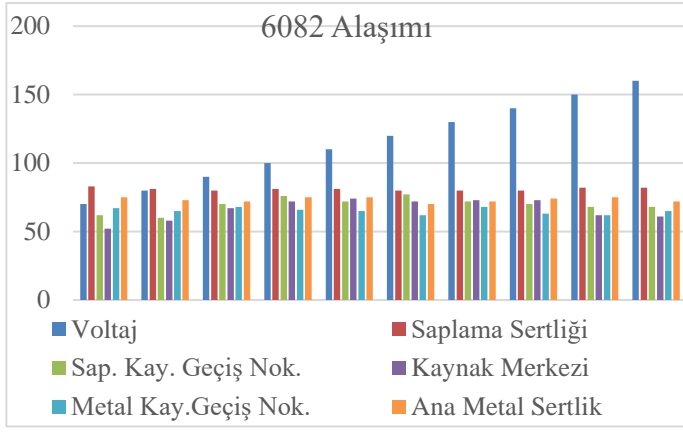
voltajlarında düşük bir sertlik hâkimken diğer tüm voltajlarda ortalama bir sertlik görülmektedir.



6060 alaşımı sertlik testi sonuçlarına göre voltaj yükseldikçe saplama malzemesinde düşüş olmuştur. Saplama kaynak geçiş bölgesinde düşük (70 ve 80 volt) ve (150 ve 160 volt) yüksek voltaj değerlerinde sertliğin düşük olduğu görülmektedir. Ana metal sertliğinde voltaj değişiminin sertliğe etkisi olmazken ana metal kaynak geçiş bölgesinde düşük ve yüksek voltajlarda sertliğin düştüğü görülmektedir. Kaynak bölgesinde 70 volt ve 160 volt değerinde düşük bir sertlik hâkimken diğer tüm voltajlarda ortalama bir sertlik görülmektedir.



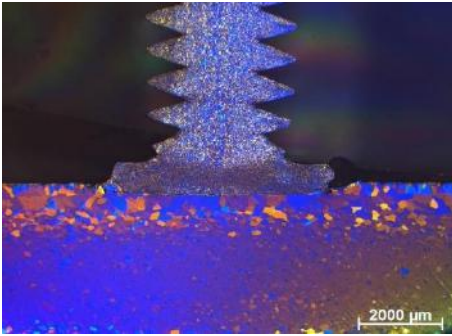
6082 alaşımı sertlik testi sonuçlarına göre voltaj yükseldikçe saplama malzemesi sertliğinde değişim olmadığını söyleyebiliriz. Saplama kaynak geçiş bölgesinde düşük (70 ve 80 volt) ve (150 ve 160 volt) yüksek voltaj değerlerinde sertliğin düşük olduğu görülmektedir. Ana metal ve ana metal kaynak geçiş bölgesinde voltaj değişiminin sertliğe etkisi olmadığı görülmektedir. Kaynak bölgesinde 70, 80 volt ve 150, 160 volt değerlerinde düşük bir sertlik hâkimken diğer tüm voltajlarda ortalama bir sertlik görülmektedir.



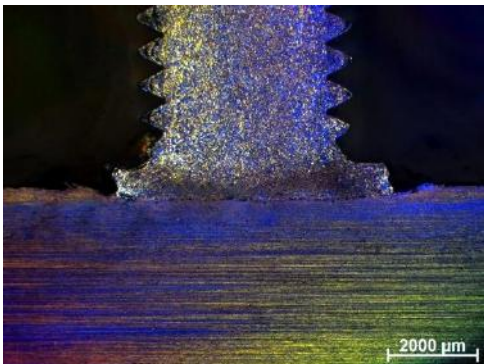
3.4. Sertlik Testi

3.5. Metalografik İncelemeler

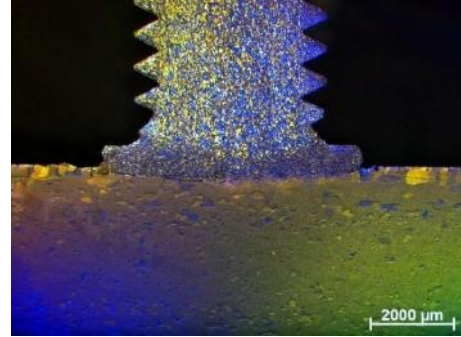
6060 alaşımı test sonuçlarına göre uygun olan ve metalografik olarak iyi bir kaynak nüfuziyetine sahip olduğunu düşündüğümüz ortalama bir voltaj değerinde olarak 100 voltta yapılan kaynağın tane yapısı görüntüsünü görebilirsiniz. 6060 alaşımın kaynak işleminin tane yapısını incelediğimizde özellikle kaynak bölgesinin tane yapısında bir değişim görülmektedir. Kısmen saplama metalinin mikro yapısında tane yapısının saplama malzemesine göre küçüldüğü gözlenmektedir.



6082 alaşımı test sonuçlarına göre uygun olan ve metalografik olarak iyi bir kaynak nüfuziyetine sahip olduğunu düşündüğümüz ortalama bir voltaj değerinde olarak 100 voltta yapılan kaynağın tane yapısı. 6082 alaşımının tane yapısını incelediğimizde ana metalin tane yapısının ekstrüzyon yönünde uzamış form olduğu görülmektedir. Kaynak işlemi esnasında tane yapısının herhangi bir ısı etkisiyle rekristalizasyon gibi herhangi bir değişime uğramadığı görülmektedir.



6005 alaşımı test sonuçlarına göre uygun olan ve metalografik olarak iyi bir kaynak nüfuziyetine sahip olduğunu düşündüğümüz ortalama bir voltaj değerinde olarak 100 voltta yapılan kaynağın tane yapısı. 6005 alaşımında saplama metalinde özellikle birleşme bölgesinde 6060 alaşımında olduğu gibi bir değişim olmasa da kısmen tane yapısı ana metale göre küçülmüştür.



4. Sonuç

Tüm alaşım ve voltajlarda saplama ile ana metal temas bölgelerinin orta kısımlarında gözenekler oluşmamıştır. Makro görüntüler incelendiğinde genel olarak düşük voltajlarda (70, 80 volt) ve yüksek voltajlarda (150, ve 160 volt) ağırlıklı olarak saplamanın kenar bölgelerinde gözenekler oluşmuştur.

6060, 6082 ve 6005 alaşımalarında yüksek voltajda (140, 150, 160 volt) yapılan kaynaklarda saplama dışına doğru kaynak metalinde sıçramalar ve kaynak metali birikintisi oluşmuştur bu duruma ark basıncının yükselmesi sebep olmuş olabilir.

Kaynak voltajının artması, akımın hızlı boşalması ve patlama şiddetinin daha fazla olması anlamına gelmektedir. Alaşımın yüksek voltajlarına ait makro görüntülerinde görüldüğü gibi kaynak metali bölgesinde hızlı bir soğuma oluşmuştur ve yüksek voltajlarda (140, 150 ve 160 volt) kaynak uygulamasında ana metalde derinleşme olduğu görülmektedir.

Tüm alaşımlarda 70 ve 80 volt kaynaklı birleştirmelere uygulanan testlerde saplamaların koptuğu gözlenmiştir. Buna düşük gerilim nedeniyle kaynak için yeterli ısı girdisinin sağlanamaması sebep olabilir.

Tüm alaşımlarda düşük voltajlarda (70 ve 80 volt) saplamanın dışına doğru kaynak metalinin oluşmadığı, kaynak bölgesi incelemelerinde saplamanın homojen olarak ana metale kaynaklanmadığı gözlemlenmiştir. Bu durum test sonuçlarında saplamanın kopmasının gerekçesi olarak düşük ark dan kaynaklı, kaynak bölgesinin çabuk soğuması olduğu düşünülmektedir.

Tane yapısı görüntüsü ışık mikroskopunda polarize kontrast altında incelenmiştir. Tüm voltajlar için yapılan tane yapısı incelemesinde ana metal ve saplama bölgelerinde tane yapısında değişim olmamıştır. Bu duruma kaynak yöntemindeki saniyeler içerisinde oluşan kaynak arkı, soğuma hızının yüksek ve ısı girdisinin mikro yapıda bir değişiklik yaratabilecek seviyede olmaması ile ilişkilidir.

Bu çalışma atmosfer ortamında yapılmıştır. Koruyucu gaz ortamında yapılarak birleşme özellikleri incelenebilir.

Bu çalışmada kullanılan voltaj parametrelerinden farklı ara değer voltajlarda birleştirmelerde, incelemeler yapılabilir.

Kaynakça

- Car E. (2011) Alüminyum Üretim Süreçleri Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği İstanbul
- The Aluminum Association International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum Alloys (ISSN: 2377-6692) Retrieved from <https://www.aluminum.org/teal-sheets>
- Gündoğdu E. (2011) Saplama Kaynak Yöntemi İle Alüminyum Malzemelerin Kaynağı Ve Mekanik Ve Metalurjik Özelliklerinin Araştırılması, (Yüksek Lisans Tezi),Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Ercan İ. (2011) Saplama Kaynak Metodu İle Birleştirilen Bakır Malzemelerin Birleştirme Özelliklerinin İncelenmesi, (Yüksek Lisans Tezi),Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Çakmakkaya M. Yönetken A. Erol A. (2016) Kondansatör Deşarjlı Saplama Kaynağı Kaynak Voltunun Aa6082 Alüminyum Alaşımında Birleşmeye Etkisi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,
- Güleç S. Çakmakkaya M. (2013) Demir Esaslı İntermetalik Malzemelere Paslanmaz Çelik, Çelik Ve Alüminyum Saplamaların Kondansatör Deşarjlı Saplama Kaynağı İle Birleştirilmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi
- Yılmaz N. F. Kurt H. İ. Oduncuoğlu M. Yılmaz M. (2017), Ark Saplama Kaynak Parametrelerinin 6013-T6 Alüminyum Alaşımları Kaynak Bölgesi Mikroyapı Ve Mekanik Özelliklere Etkileri El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 4, No: 3, 2017 (578-583),
- Yücesoy B. Gürleyik M. (2020) 5083 Tip Alüminyum Malzemedeki Saplama Kaynağı Uygulaması MÜHENDİS ve MAKİNA güncel EYLÜL 2020 www.mmo.org.tr S18 /S23



Bilişim Teknolojileri Öğretmenlerinin Blok Tabanlı Kodlama Araçlarına İlişkin Öz Yeterlik İnançlarının Evrişimsel Sinir Ağı ile Sınıflandırılması

Burak Koca^{1*}, Kemal Adem²

^{1*} Aksaray Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Aksaray, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-5703-3178), burak.koca@asu.edu.tr

² Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Aksaray, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3752-7354), kemaladem@aksaray.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1113087)

ATIF/REFERENCE: Koca, B. & Adem, K. (2021). Bilişim Teknolojileri Öğretmenlerinin Blok Tabanlı Kodlama Araçlarına İlişkin Öz Yeterlik İnançlarının Evrişimsel Sinir Ağı ile Sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 50-54.

Öz

Bu çalışmada, bilişim teknolojileri öğretmenlerinin blok tabanlı kodlama araçlarının kullanımına ilişkin öz yeterlik inançlarının makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri ile sınıflandırılması amaçlanmıştır. Veri toplama aracı olarak daha önceden geliştirilmiş likert tipinde maddelerden oluşan T-SECT ölçeği Türkçeye adapte edilerek kullanılmıştır. Veri seti bilişim teknolojileri öğretmenlerinden oluşan 190 örnek ve 39 öznelikten oluşmaktadır. Örnek sayısının azlığı nedeniyle dengesiz veri sorunundan kaçınmak için SMOTE yöntemi kullanılarak veri çoğaltılmış ve örnek sayısı 262 ye çıkarılmıştır. Veri seti WEKA yazılımına aktarılarak üzerinde makine öğrenmesi yöntemleri ve Evrişimsel Sinir Ağı (ESA) kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda J48, Random Forest (RF), K-Star, Multilayer Perceptron (MLP), NaivesBayes, SMO ve IBK yöntemleri ile sınıflandırma başarıları hesaplanmıştır. Veri seti üzerinde en yüksek sınıflandırma başarıları gösteren makine öğrenmesi yöntemleri SMO, MLP, IBK, J48 ve RF olarak bulunmuştur. ESA ile yapılan sınıflandırmada makine öğrenmesi yöntemlerinden daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bilişim teknolojileri öğretmenlerinin öz yeterlik inançları ESA kullanılarak %99.30 doğruluk oranıyla başarılı bir şekilde sınıflandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Makine öğrenmesi, Blok tabanlı kodlama, Bilgi işlemsel düşünme, Özyeterlik inancı, Evrişimsel Sinir Ağları.

Classification of Self-Efficacy Beliefs of Information Technology Teachers on Block-Based Coding Tools by Convolutional Neural Network

Abstract

In this study, it is aimed to classify the self-efficacy beliefs of information technology teachers regarding the use of block-based coding tools by machine learning and deep learning methods. As a data collection tool, the T-SECT scale, which consists of previously developed likert-type items, was adapted to Turkish and used. The data set consists of 190 examples and 39 attributes of information technology teachers. In order to avoid the problem of unbalanced data due to the small number of samples, the data was amplified using the SMOTE method and the number of samples was increased to 262. The data set was transferred to WEKA software and machine learning methods and Convolutional Neural Network (CNN) were used on it. For this purpose, classification success was calculated with J48, Random Forest (RF), K-Star, Multilayer-Perceptron (MLP), NaivesBayes, SMO and IBK methods. The machine learning methods with the highest classification success on the data set were found to be SMO, MLP, IBK, J48 and RF. In the classification made with CNN, more successful results were obtained than the machine learning methods. Self-efficacy beliefs of information technology teachers were successfully classified using CNN with an accuracy rate of 99.30%.

Keywords: Machine learning, Block-based coding, Computational thinking, Self-efficacy belief, Convolutional Neural Networks.

* Sorumlu Yazar: burak.koca@asu.edu.tr

1. Giriş

Teknolojide meydana gelen hızlı değişimler başta ekonomi olmak üzere sağlık, eğitim, üretim gibi pek çok alanda etkili olmuştur (Ersoyve diğ., 2011). Bahsedilen alanlarda teknolojinin daha çok kendine yer bulması insanların daha farklı becerilere sahip olmasını zorunlu kılmıştır. Bu beceriler son yıllarda 21. yy. becerileri olarak adlandırılmaya başlanmıştır. Problem çözme, bilgi işlemsel düşünme, yaratıcılık, varsayımsal düşünme, eleştirel düşünme, girişimcilik ve iletişim gibi üst bilişsel beceriler 21.yy becerileri kapsamında yer almaktadır. Geleceğin iş gücünü oluşturacak 21. Yy. becerilerine sahip bireylerin ekonomik kalkınmada kilit rol oynayacağı bir gerçektir. Ekonomik kalkınmanın gerekliliği eğitimle ilgili politikalar üzerinde de değişimi zorunlu kılmaktadır. Sanayi, savunma, sağlık gibi önemli alanlarda bilgisayar tabanlı teknolojilerin kullanılması, eğitim-öğretim sürecinde bilgi işlemsel düşünme becerilerine daha çok önem verilmesini gerektirmektedir. Bu bağlamda bilgi işlemsel düşünmenin temel basamağını kodlama eğitimi oluşturmaktadır (Sayın ve Seferoğlu, 2016). Pek çok ülke bilgi işlemsel düşünmenin; bireye kazandıracığı beceriler, toplumsal fayda ve ekonomik katkı gibi faydaları sebebiyle ders içeriklerine seçmeli/zorunlu olarak kodlama eğitimi dahil etmişlerdir (Bocconi ve diğ., 2016; Göncü ve diğ., 2018). Ülkemizde de bilişim teknolojileri ve yazılımı öğretim programında revizyona gidilerek birçok kademede kodlama eğitimine yer verilmeye başlanmıştır. Öğretim programıyla hedeflenen kodlama becerilerini öğrencilerin kazanabilmeleri için öğretmenlerin kodlamanın gerektirdiği alan bilgisine ve pedagojik bilgiye ihtiyaçları vardır (Göncü ve diğ., 2020).

Literatürde yer alan çalışmalarda, bilişim teknolojileri öğretmenlerinin büyük bir kısmı kodlama eğitimi hakkında kendilerini yeterli bulmamakta veya sadece temel seviyede yeterli gördüklerini düşünmektedirler (Türker ve Pala,2018). Bunun sebebi öğretmenlerin lisans eğitimde kodlama eğitimi ile ilgili eğitim almamaları veya geçerliliğini yitirmiş programlama dillerinde eğitim almış olmaları olabilir (Ozoran ve diğ., 2012). Eğitim kurumlarında programların uygulayıcısı olan öğretmenlerin kodlama konusunda donanımlı ve kodlamanın öğretiminde izlenecek adımlar konusunda deneyimli olması önemlidir (Göncü ve diğ., 2018). Bu bağlamda, bu çalışmada bilişim teknolojileri öğretmenlerinin blok tabanlı kodlama araçlarına yönelik özyeterlik inançlarının makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleriyle sınıflandırılması amaçlanmaktadır. Makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri eğitimde sınıflandırma ve tahmin etme amaçlı kullanılabilir. Makine öğrenmesi çok büyük verileri analiz etme ve yüksek seviye bilgileri ayıklama işlemlerinde kullanılmaktadır (Breiman,2001). Derin öğrenme, insan beynine benzer şekilde kompleks problemleri çözmek için kullandığı yöntem ve yeteneklerini taklit eden, büyük miktarda veriden yararlanarak öznitelik çıkarma, sınıflandırma ve dönüştürme işlemlerini gerçekleştiren bir makine öğrenmesi tekniğidir (Albannai, 2019; Adem ve Kılıçarslan, 2019; Adem ve Közkurt, 2019; Cömert ve diğ., 2019). Literatüre bakıldığında eğitim alanında özyeterliğin araştırıldığı çalışmalara rastlanmaktadır. Özyeterliğin tahmin edilmesi amacıyla yapılan bir çalışmada üniversite öğrencilerinin bir derse yönelik ön performansları göz önünde bulundurulurken makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmıştır. (Jamjoom ve diğ., 2021). Üniversite öğrencileri ile gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise Wirojcharoenwong ve diğ. (2014) öğrencilerin bilgisayar özyeterliliklerinin karar ağacı

yöntemi ile sınıflandırılmasını hedeflemişlerdir. Bu çalışmada olduğu gibi likert tipi anket aracılığıyla verilerin toplandığı bir çalışmada ise Çiftçi ve diğ. (2018) eğitim performansının makine öğrenmesi yöntemleri ile belirlemeye çalışmışlardır. Literatürde eğitim alanında yapılan tahmin ve sınıflandırma çalışmalarda genellikle makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanıldığı görülmüştür. Likert tipi anketlerden elde edilen verilerin derin öğrenme yöntemleriyle sınıflandırılmasına ilişkin müşteri memnuniyetini temel alan bir çalışma bulunmaktadır (Ünal, 2019). Ancak eğitim alanında özyeterliğin sınıflandırılmasına ilişkin likert tipi anket verilerinin derin öğrenme yöntemleri ile analiz edildiği bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmanın likert tipi anketlerle elde edilmiş veriler kullanılarak özyeterliğin derin öğrenme yöntemleriyle sınıflandırılmasına yönelik öncü çalışmalardan olacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve Metot

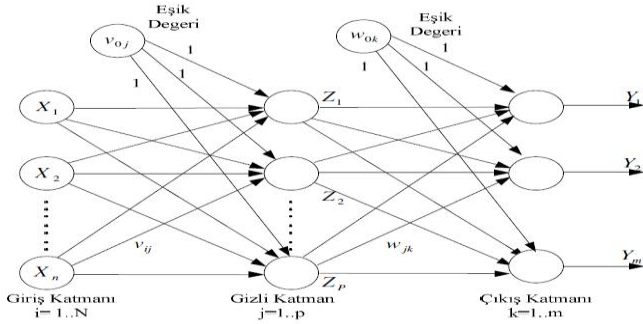
2.1. Veri Kümesi

Bu çalışmada bilişim teknolojileri öğretmenlerinin özyeterlik düzeylerini belirlemek amacıyla özel ve devlet okullarında çalışmakta olan 190 örnek ve 29 öznitelik veri kümesini oluşturmaktadır. Veriler daha önce Bean ve diğ. (2015) tarafından 29 öznitelik bulunduğu likert tipinde geliştirilmiş TSECT anketi ile elde edilmiştir. Bu anket alan uzmanlarının yardımı ile Türkçeye adapte edilerek kullanılmıştır. Smote algoritması kullanılarak sınıflar üzerindeki dengesiz veri dağılımının önüne geçilmek istenmiş ve örnek sayısı bu yöntemle 262'ye çıkarılmıştır.

Çalışmada çeşitli makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri ile bilişim teknolojileri öğretmenlerinin özyeterlik düzeyleri yeterli/yeterli değil şeklinde sınıflandırılmaya çalışılmıştır. Makine öğrenmesi yöntemlerinden en başarılı sınıflandırma performansını gösteren MLP, SMO, Random Forest, J48, K-star, Naive Bayes algoritmaları ile işlemler gerçekleştirilmiştir. Derin öğrenme yöntemlerinden ise ESA kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir.

2.2. Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP)

Çok katmanlı algılayıcılar en popüler sinir ağı mimarileri arasındadır (Süt ve Çelik, 2011). Bunun sebebi MLP'nin öğrenme ve genelleme yeteneği, daha küçük eğitim seti gereksinimleri, hızlı çalışma ve uygulama kolaylığı gibi özelliklere sahip olmasıdır (Güler ve Ubeyli,2005). MLP ağlarında nöronlar girdi, çıktı ve gizli katman olmak üzere üç farklı katmanda yer almaktadır. İlk katman olan girdi katmanı, çözüme ulaştırılması beklenen probleme ait bilgilerin yapay sinir ağına aktarılmasını sağlar (Güler ve Ubeyli, 2005). Çıktı katmanı ağ içerisinde işlenen bilginin ağ dışına iletiği katmandır (Kaynar ve Taştan, 2009). Gizli katman, girdi ve çıktı katmanlarının arasında bulunur ve gizli katman sayısı birden fazla bulunabilir (Süt ve Çelik, 2011). Standart bir MLP ağının katman yapısı Şekil 1'de yer almaktadır.



Şekil 1. Çok katmanlı algılayıcı (Kaynar ve Taştan, 2009)

2.3. Sıralı Minimum Optimizasyonu (SMO)

Sıralı Minimum Optimizasyon (SMO), bir matris depolaması gerek duymadan ve sayısal ikinci dereceden programlama optimizasyon adımlarını kullanmadan SVM problemini basit ve hızlı bir şekilde çözebilen bir algoritmadır (Platt,1998). SMO'da hiçbir matris algoritması kullanılmadığından, sayısal hassasiyet sorunlarına en az rastlanmaktadır (Platt,1998). SMO ilk aşamada tüm çarpanlardaki kısıtlamaları hesaplayarak sınırlandırılmış maksimum değeri belirler (Kuan ve diğ., 2011). SMO'nun ana bileşeni olan iki Lagrange çarpanını çözmek için analitik bir yöntem sunar ve hangi çarpanların optimize edileceğini seçmek için bir buluşsal yöntem kullanır (Platt,1998). İki çarpanın optimize edilmesinde, kısıtlamalar bir kutu yatılı sınırlandırılmış çapraz çizgi parçası olan iki boyutlu kareyi tanımlamak olarak görülebilir (Kuan ve diğ., 2011).

2.4. Random Forest Algoritması

Random Forest (RF), Leo Breiman ve Adele Cutler tarafından geliştirilmiştir. RF, tek bir sınıflandırıcı ağaç kullanmak yerine birçok sınıflandırıcı ağacın beraber kullanılması ve ardından tahminlerinden alınan oylar ile yeni veriyi sınıflandırmayı sağlayan bir öğrenme algoritmasıdır (Nizam ve Akın, 2014). RF, tüm değişkenler arasında en iyi bölünmeyi kullanarak her düğümü bölmek yerine, her düğümü, o düğümde rasgele seçilen bir tahmin edici alt kümesi arasından en iyisini kullanarak bölmektedir (Akar ve Güngör, 2012).

2.4. J48 Algoritması

Ross Quinlan tarafından geliştirilen bu algoritma WEKA veri madenciliği aracındaki C4.5 algoritmasının açık kaynaklı bir uygulamasıdır (Gholap, 2012). J48 algoritması bir çeşit karar ağacı algoritmasıdır. Karar ağacı algoritmasında amaç farklı öznelikler üzerinden birkaç örnek için nasıl davrandığının bulunması ve eğitim örneklerine bakılarak yeni örnekler için sınıflandırma yapılabilmesidir (Kaur ve Chhabra, 2014). Bu yöntemle sınıflandırma sürecini göstermek için bir ağaç oluşturularak kritik dallanmalar belirlenir ve oluşturulan tüm örneklerle uygulanarak sınıflandırma işlemi gerçekleşir (Eraldemir ve diğ., 2017). J48 karar ağacı eksik değerleri, karar ağaçlarının budanmasını, sürekli öznelik değer aralıklarını, kuralların türetilmesini hesaba katmaktadır. Bu algoritma, verilerin sınıflandırılması için belirli bir kimliğinin üretildiği kuralları oluşturarak esneklik ve doğruluk dengesi kurulana kadar bir karar ağacının aşamalı olarak geliştirilmesidir (Kaur ve Chhabra, 2014). J48 algoritmasının temel adımları şu şekilde sıralanmaktadır:

- Örnekler aynı sınıfa ait olursa ağaç bir yaprağı temsil eder, böylece o yaprak aynı sınıfla etiketlenerek döndürülür.
- Öznelik üzerinde bir test ile verilen her nitelik için potansiyel bilgi hesaplanır. Daha sonra, öznelik üzerindeki bir testten kaynaklanacak bilgi kazancı hesaplanır.

Daha sonra mevcut seçim kriteri temelinde en iyi nitelik bulunur ve dallanma için o öznelik seçilir (Quinlan, 1992).

2.5. IBK (K-En Yakın Komşu kNN=IBK)

IBK algoritması iyi bilinen geçmişi olan basit ve etkili yapıda bir örüntü sınıflandırma yöntemi olup, makine öğrenmesi algoritmaları arasında çok tercih edilir (Taşçı ve Onan, 2016). IBK algoritması en yakın k değerine sahip verilere göre oluşmuş bir sınıflama türü algoritmadır. Aynı zamanda öğrenme işlemi, eğitim için ayrılan veriye bağlı k yakınlığa göre bir sınıflandırma ile gerçekleştirilir (Taşçı ve Onan, 2016).

Veri setinde hangi sınıfta olduğu bilinen verilerden faydalanılarak yeni verinin hangi sınıfa girmesi gerektiğini bulmaya çalışır (Güldal ve Çakıcı, 2017). Sınıfını belirlemek istediğimiz verinin uzaklığının hesaplanması gerekir bunun için çeşitli ölçütler kullanılabilir. Bu ölçütler, Minkowski, Öklid, Manhattan, Chebyshev ve Dilca uzaklığıdır (Taşçı ve Onan, 2016). Çok tercih edilen ölçütlerden biri iki nota arasındaki doğrusal uzaklık olan Eşitlik 3'de verilen Öklid uzaklığıdır (Taşçı ve Onan, 2016).

$$d(i, j) = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (3)$$

2.8. Evrimsel Sinir Ağları

Evrimsel sinir ağları (ESA), Le Cun tarafından 1990 yılında insan beynini temel olarak oluşturulmuş bir modeldir (Ciresan ve diğ., 2010). Görüntü / video işleme, sinyal işleme ve sınıflandırma ile 2B yapılarda sıklıkla ESA modelleri kullanılmaktadır (Deng ve Yu, 2014). ESA modelinin temelinde bir veya daha fazla evrişim katmanı, aktivasyon katmanı, normleştirme katmanı, havuzlama katmanı, tam bağlantı katmanı ve softmax katmanları yer almaktadır. Yapay sinir ağlarında ilk olarak giriş katmanında nöronlar, sonraki katmanlarının çıkış katmanlarına nöronlar yardımı ile bağlanırlar (LeCun ve diğ., 2015). ESA modellerinde ise yapay sinir ağlarındaki giriş katmanına ekstra olarak evrişim işlemi yapılır (Adem ve Kılıçarslan, 2021). Bunun sonucunda oluşturulan modele her katman sonucunda filtreler uygulanır ve sonuçlar toplanır. Genel olarak ESA modellerinin amacı problem çözmenin öğrenilmesinin sağlanmasıdır (Simard ve diğ., 2003). Bu çalışmada da anket sonucunda oluşturulan veri setleri tek boyutlu 1DCONV kullanılarak sınıflandırma işlemi yapılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada bilişim teknoloji öğretmenlerinin blok tabanlı kodlama araçlarına yönelik öz yeterliklerini ölçmek için oluşturulan veri seti üzerinde makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemlerinden oluşan modeller ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma için J48, SMO, Multilayer Perceptron (MLP), Random Forest (RF), Naive Bayes ve Evrimsel Sinir Ağı (ESA) modelleri kullanılmıştır. Çalışmada

kullanılan modeller, Intel Core-i5 10200H işlemci ve 8 GB RAM'e sahip bilgisayarda Weka Platformunda ve Google'ın geliştirdiği sanal platform olan Google Colaboratory platformunda test edilmiştir. MLP yönteminde nöron sayısı 20, öğrenme oranı 0.1 ve momentum katsayısı 0.2 olarak belirlenmiştir. SMO yönteminde kernel olarak Polinomsal fonksiyon kullanılmıştır. IBK yönteminde komşuluk sayısı 3 ve uzaklık ölçütü olarak 'Öklid' kullanılmıştır. RF yönteminde ise rastgele ormandaki ağaç sayısı 100 olarak belirlenmiştir.

3.1. Değerlendirme Kriterleri

Deneylerde kullanılan yöntemlerin objektif bir şekilde değerlendirilmesi için her bir veri seti cross validation (çapraz doğrulama) yöntemi ile eğitim ve test veri setlerine ayrılmıştır. Eğitim ve test veri setleri rastgele bir şekilde ayrılmıştır. En temel cross-validation yöntemlerinden olan K-Fold yöntemi ile veri seti rastgele olacak şekilde karıştırılır. Veri seti k gruba ayrılır. Seçilen grup validasyon seti olarak kullanılır. Diğer tüm gruplar ($k-1$ grup) train seti olarak kullanılır. Train seti kullanılarak model kurulur ve validasyon seti ile değerlendirilir. Modelin değerlendirme puanı bir listede saklanır. Son olarak k farklı değerlendirme puanının ortalaması modelin performansı olarak sunulmaktadır. Bu çalışmada, performans değerlendirmesi için sırasıyla Eşitlik 4, 5 ve 6'da verilen duyarlılık, özgüllük ve doğruluk değerleri kullanılmıştır.

$$\text{Doğruluk} = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \times 100 \quad (4)$$

$$\text{Duyarlılık} = \frac{TP}{TP+FN} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{Özgüllük} = \frac{TN}{TN+FP} \times 100 \quad (6)$$

Eşitliklerde görülen TP gerçek pozitif, TN gerçek negatif, FP yanlış pozitif ve FN ise yanlış negatif ifade etmektedir. Çalışmamızda oluşturduğumuz veri setine 10 farklı makine öğrenmesi yöntemi uygulanmış olup elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Deneysel Sonuçları

Sınıflandırma	Çapraz Geçerlilik (Fold)	Duyarlılık	Özgüllük	Doğruluk
NAIVEBAYES	10	0,911	0,854	%87,40
SMO	10	0,986	0,993	%98,85
MLP	10	0,978	0,944	%95,80
RF	10	0,953	0,968	%96,05
J48	10	0,959	0,968	%96,42
K-STAR	10	0,978	0,910	%93,89
IBK	10	0,966	0,993	%97,70
LOGİSTİC	10	0,924	0,908	%91,60
RANDOM TREE	10	0,959	0,951	%95,48
ZERO-R	10	0,550	0,936	%54,96

Tablo 1'de görüldüğü gibi, SMO makine öğrenmesi yönteminin duyarlılık, özgüllük ve doğruluk oranları diğer yöntemlere göre daha yüksek çıkmıştır. Performans ölçütlerinden görüleceği gibi en iyi sınıflandırma performansı gösteren beş yöntem sırası ile SMO, IBK, J48, RF ve MLP algoritmalarıdır. Sınıflandırma performansını artırmak için veri kümesine ayrıca derin öğrenme yöntemlerinden ESA modeli uygulanmıştır. ESA modelinde dört evrişim katmanı, evrişim katmanlarında filtre boyutu iki, ReLU aktivasyon fonksiyonu, drop out değeri 0.1 ve optimizer

fonksiyonu ise 'Adam' olarak belirlenmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Makine öğrenmesi ve ESA yöntemlerinin sonuçları

Sınıflandırma	Çapraz Geçerlilik (Fold)	Duyarlılık	Özgüllük	Doğruluk
SMO	10	0,986	0,993	%98,85
J48	10	0,959	0,968	%96,42
MLP	10	0,978	0,944	%95,80
RF	10	0,953	0,968	%96,05
IBK	10	0,966	0,993	%97,70
ESA	10	0,993	1,00	%99,6

Tablo 2'de görüldüğü gibi, ESA modeli ile elde edilen sonuçlar tüm makine öğrenmesi modellerinden elde edilen sonuçlara göre daha başarılıdır. ESA yöntemi ile %99.6 doğruluk, %99.3 duyarlılık ve %100 özgüllük değerlerine ulaşılmıştır. ESA yönteminin makine öğrenmesi modellerine göre daha iyi sonuçlar vermesinin temel nedeni, evrişim katmanında belirlenen veri kümesindeki düşük ve yüksek seviyeli öznelikleri ön plana alarak sınıflandırma başarısını artırmasıdır.

4. Sonuç

Gelişen teknoloji ile geleceğin iş gücünü oluşturacağı düşünülen bireylerin kodlama bilgisine sahip olmaları büyük bir gereklilik haline gelmiştir. Kodlama eğitimin verilmesinde temel düzeyde sorumlu olan bilişim teknolojileri öğretmenleridir. Bu nedenle bu öğretmenlerin kodlamanın gerekli kıldığı becerilere tam anlamıyla sahip olmaları ve bunu uygulamalı olarak öğrencilerine aktarabilmeleri oldukça önemlidir. Bu bağlamda, bu çalışmada bilişim teknolojileri öğretmenlerinin blok tabanlı kodlama araçlarına yönelik özyeterlik düzeylerine göre sınıflandırılmasına çalışılmıştır. Bu amaçla makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri kullanılmıştır. T-SECT anketi ile elde edilen veriler Weka ve Google Colab platformlarına aktarılarak analiz edilmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlara bakıldığında en iyi sınıflandırma performansı gösteren makine öğrenmesi yöntemleri sırasıyla %98,6 doğrulukla SMO, %97,8 doğrulukla MLP, %96,6 doğrulukla IBK, %95,9 doğrulukla J48 ve %95,6 doğrulukla RF'dir. Ayrıca ESA modelinin sınıflandırma başarı oranı %99,3'dür. ESA ile makine öğrenmesi yöntemleri kıyaslandığında ESA ile elde edilen sonuçlar daha başarılı sınıflama performansı göstermiştir. Gelecekteki çalışmalarda farklı makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri kullanılabilir. ESA modelindeki başarı oranını artırmak için farklı parametreler veya optimizasyon yöntemleri uygulanabilir. Örnek sayısının da artırılarak aynı yöntemlerle daha başarılı sonuçlar alınabileceği düşünülmektedir.

Kaynakça

- Adem, K., & Kılıçarslan, S. (2021). COVID-19 Diagnosis Prediction in Emergency Care Patients using Convolutional Neural Network. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, (2), 300-309.
- Adem, K., & Kılıçarslan, S. (2019, October). Performance analysis of optimization algorithms on stacked autoencoder. In *2019 3rd International Symposium on Multidisciplinary*

- Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)* (pp. 1-4). IEEE.
- Adem, K., & Közkurt, C. (2019). Defect detection of seals in multilayer aseptic packages using deep learning. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 27(6), 4220-4230.
- Akar, Ö., & Güngör, O. (2012). Classification of multispectral images using Random Forest algorithm. *Journal of Geodesy and Geoinformation*, 1(2), 105-112.
- Albannai, B. (2019). *Comparative Study of HVAC and HVDC Transmission Systems With Proposed Machine Learning Algorithms for Fault Location Detectio* (Doctoral dissertation, Arizona State University).
- Bean, N., Weese, J., Feldhausen, R., & Bell, R. S. (2015, October). Starting from scratch: Developing a pre-service teacher training program in computational thinking. In *2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-8). IEEE.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., & Engelhardt, K. (2016). *Developing computational thinking in compulsory education-Implications for policy and practice* (No. JRC104188). Joint Research Centre (Seville site).
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32.
- Cireşan, D. C., Meier, U., Gambardella, L. M., & Schmidhuber, J. (2010). Deep, big, simple neural nets for handwritten digit recognition. *Neural computation*, 22(12), 3207-3220.
- Cömert, O., Hekim, M., & Adem, K. (2019). Faster R-CNN Kullanarak Elmalarda Çürük Tespiti. *International Journal of Engineering Research and Development*, 11(1), 335-341.
- Çiftçi, F., Kaleli, C., & Ünal, S. (2018). Öznitelik seçme ve makine öğrenmesi yöntemleriyle eğitim performansının tahmin edilmesi. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 8(2), 419-440.
- Deng, L., & Yu, D. (2014). Deep learning: methods and applications. *Foundations and trends in signal processing*, 7(3-4), 197-387.
- Eraldemir, S. G., Arslan, M. T., & Yıldırım, E. (2017, November). The Effect of Feature Selection Algorithms in EEG Signal Analysis. In *International Advanced Researches & Engineering Congress*.
- Ersoy, H., Madran, R. O., & Gülbahar, Y. (2011). Programlama dilleri öğretimine bir model önerisi: robot programlama. *Akademik Bilişim*, 11, 731-736.
- Gholap, J. (2012). Performance tuning of J48 Algorithm for prediction of soil fertility. *arXiv preprint arXiv:1208.3943*.
- Göncü, A., Çetin, İ., & Şendurur, P. (2020). Bilişim Teknolojileri ve Yazılım Dersi Öğretmenlerinin Kodlama Eğitimine Yönelik Görüşleri. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16(2), 301-321.
- Göncü, A., Çetin, İ., & Top, E. (2018). Öğretmen Adaylarının Kodlama Eğitimine Yönelik Görüşleri: Bir Durum Çalışması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (48), 85-110.
- Güldal, H., & Çakıcı, Y. (2017). Ders Yönetim Sistemi Yazılımı Kullanıcı Etkileşimlerinin Sınıflandırma Algoritmaları ile Analizi. *Journal of Graduate School of Social Sciences*, 21(4), 1355-1367.
- Güler, İ., & Übeyli, E. D. (2005). An expert system for detection of electrocardiographic changes in patients with partial epilepsy using wavelet-based neural networks. *Expert Systems*, 22(2), 62-71.
- J. C. Platt, (1998). "Fast training of support vector machines using sequentialminimal optimization," in *Advances in Kernel Methods of Support Vector Machine*, B. Schölkopf, C. Burges, and A. Smola, Eds. Cambridge, MA: MIT Press.
- Jamjoom, A. A., Rhodes, J., Andrews, P. J., & Grant, S. G. (2021). The synapse in traumatic brain injury. *Brain*, 144(1), 18-31.
- Kaur, G., & Chhabra, A. (2014). Improved J48 classification algorithm for the prediction of diabetes. *International journal of computer applications*, 98(22).
- Kaynar, O., & Taştan, S. (2009). Zaman serisi analizinde mlp yapay sinir ağları ve arıma modelinin karşılaştırılması. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33, 161-172.
- Kuan, T. W., Wang, J. F., Wang, J. C., Lin, P. C., & Gu, G. H. (2011). VLSI design of an SVM learning core on sequential minimal optimization algorithm. *IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems*, 20(4), 673-683.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
- Metz, C. E. (1978, October). Basic principles of ROC analysis. In *Seminars in nuclear medicine* (Vol. 8, No. 4, pp. 283-298). WB Saunders.
- Nizam, H., & Akın, S. S. (2014). Sosyal medyada makine öğrenmesi ile duygu analizinde dengeli ve dengesiz veri setlerinin performanslarının karşılaştırılması. *XIX. Türkiye'de İnternet Konferansı*, 1(6).
- Ozoran, D., Cagiltay, N., & Topalli, D. (2012). Using scratch in introduction to programming course for engineering students. In *2nd International Engineering Education Conference (IEEC2012)* (Vol. 2, pp. 125-132).
- Quinlan, J. R. (1992, November). Learning with continuous classes. In *5th Australian joint conference on artificial intelligence* (Vol. 92, pp. 343-348).
- Sayın, Z., & Seferoğlu, S. S. (2016). Yeni bir 21. yüzyıl becerisi olarak kodlama eğitimi ve kodlamanın eğitim politikalarına etkisi. *Akademik Bilişim Konferansı*, 2016, 3-5.
- Simard PY, Steinkraus D, Platt JC. Best practices for convolutional neural networks applied to visual document analysis. In: *Proceedings of the seventh international conference on document analysis and recognition*; Edinburgh, UK; 2003; 2: 958-62.
- Süt, N., & Çelik, Y. (2012). Prediction of mortality in stroke patients using multilayer perceptron neural networks. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 42(5), 886-893.
- Taşcı, E., & Onan, A. (2016). K-en yakın komşu algoritması parametrelerinin sınıflandırma performansı üzerine etkisinin incelenmesi. *Akademik Bilişim*, 1(1), 4-18.
- Türker, P. M., & Pala, F. K. (2018). Ortaokul öğrencilerinin, öğretmenlerin ve öğrenci velilerinin kodlamaya yönelik görüşleri. *İlköğretim Online*, 17(4).
- Ünal, Z. (2019). *Likert tipi verilerde bulanık mantık ve derin öğrenme entegrasyonu*. [Yayınlanmamış doktora tezi]. Akdeniz Üniversitesi
- Van't Veer LJ, Dai H, Van De Vijver MJ, He YD, Hart AA, et al. (2002) Gene expression profiling predicts clinical outcome of breast cancer. *Nature*, 415(6871), 530-536.
- Wirojcharoenwong, W., Luangnaruedom, N., Rattanasiriwongwut, M., & Tiantong, M. (2014). Decision Tree Classifier for Computer Self-Efficacy with Best First Feature Selection. *Int. J. Comput. Internet Manag*, 22, 62-67.



Rail Tracking and Detection with Drone in Gazebo Environment

Mehmet Sevi^{1*}, İlhan Aydın²

^{1*} Muş Alparslan University, IT Department, Muş, Turkey, (ORCID: 0000-0001-6952-8880), m.sevi@alparslan.edu.tr

² Firat University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Elazığ, Turkey, (ORCID: 0000-0001-6880-4935), ilyaydin@firat.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1099471)

ATIF/REFERENCE: Sevi, M. & Aydın, İ. (2022). Rail Tracking and Detection with Drone in Gazebo Environment. *European Journal of Science and Technology*, (36), 50-54.

Abstract

Rail transport is considered one of the safest modes of transport. Along with the development of technology, significant developments have been observed in railway transportation over the years. With the increasing railway line, the demand for railway transportation is increasing day by day. The number of passengers using railway transportation has also increased in this context. With this intensity, the damage to the railway line increases. In ensuring the safety of railway transport, methods based on deep learning have become important to ensure railway safety. In order for the railway line to provide healthy service, the monitoring of the railway line should be done regularly. Traditional rail monitoring services require different vehicles. Today, besides conventional vehicles, drones are used for the monitoring of the railway line. Experimenting with drones in the real environment can be difficult and costly. It is always more advantageous to run the codes that will run on the drone first in a simulation environment to save time. In this study, a drone-based system that autonomously tracks and detects railway tracks is proposed as an alternative to traditional methods. The proposed method detects the rails with the semantic segmentation method and follows the rails with its front camera. The proposed method was developed in the Gazebo environment. The general purpose of the study is to record the rail images with the drone camera that follows the railway autonomously. In this way, drone experiments to be carried out in the real railway environment will be completed in a shorter time.

Keywords: Rail, Tracking, Detection, Gazebo, Semantic Segmentation.

Gazebo Ortamında İHA ile Ray Takibi ve Tespiti

Öz

Demiryolu taşımacılığı, en güvenli ulaşım türlerinden biri olarak kabul edilir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yıllar içinde demiryolu taşımacılığında da önemli gelişmeler gözlenmiştir. Artan demiryolu hattı ile demiryolu taşımacılığına olan talep her geçen gün artmaktadır. Bu kapsamda demiryolu ulaşımını kullanan yolcu sayısı da artmıştır. Bu yoğunlukla birlikte demiryolu hattına verilen zarar da artmaktadır. Demiryolu taşımacılığının güvenliğinin sağlanmasında derin öğrenmeye dayalı yöntemler önem kazanmıştır. Demiryolu hattının sağlıklı hizmet verebilmesi için demiryolu hattının izlenmesi düzenli olarak yapılmalıdır. Geleneksel demiryolu izleme hizmetleri farklı araçlar gerektirmektedir. Günümüzde demiryolu hattının izlenmesi için konvansiyonel araçların yanı sıra İHA'lar kullanılmaktadır. Gerçek ortamda İHA'larla deney yapmak zor ve maliyetli olabilir. Zaman kazanmak için öncelikle İHA üzerinde çalışacak kodları simülasyon ortamında çalıştırmak her zaman daha avantajlıdır. Bu çalışmada, geleneksel yöntemlere alternatif olarak, otonom olarak demiryolu raylarını takip eden ve tespit eden İHA tabanlı bir sistem önerilmiştir. Önerilen yöntem anlamsal bölütleme yöntemi ile rayları tespit etmekte ve ön kamerası ile rayları takip etmektedir. Önerilen yöntem Gazebo ortamında geliştirilmiştir. Çalışmanın genel amacı, demiryolunu otonom olarak takip eden İHA kamerası ile ray görüntülerini kayıt altına almaktır. Bu sayede gerçek demiryolu ortamında yapılacak İHA deneyleri daha kısa sürede tamamlanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Ray, Takip, Tespit, Gazebo, Semantik Segmentasyon.

* Corresponding Author: m.sevi@alparslan.edu.tr

1. Introduction

Rail transport has become more and more popular with the introduction of safe and comfortable high-speed trains. Therefore, maintenance costs have also increased. Transportation by rail is seen as one of the most reliable modes of transportation. In traditional methods, a maintenance personnel walks on the track and periodically checks the track components. Manual inspection techniques bring problems such as reliability and system costs. Low sensitivity and accuracy rates were found in manual systems used as a reliability problem (Aydın, 2021). It has become quite possible in today's technology to make maintenance and planning automatically for the safety of railway transportation (Singhal, 2021). Images collected by unmanned aerial vehicles, popularly called drones, have large fields of view that allow it to analyze large areas. In addition, drones offer flexible maintenance schedules without hindering rail transport. On the other hand, drone images provide a significantly higher level of detail compared to other aerial imagery methods (eg satellites) (Rahman, 2021). Performing real-life drone experiments in a simulation environment before performing them in the field provides faster solutions. Gazebo was used in the study to create the railway line and its surroundings.

Developments in the field of computers have contributed to the development of vision-based railway maintenance techniques in recent years. Drones are increasingly used in many sectors and show their advantages in many areas. They are not used much in railway maintenance systems.

Drones reduce monitoring costs in the areas where they are used (Máthé, 2015). In this study, it is aimed to control the railway line with the Anafi4K drone modeled in the Gazebo environment. Although the monitoring experiments of the railway line in the literature are done with drones, they have not been done very often in the Gazebo environment. Pall et al. They detected the rails on the railway with image processing techniques. With the PID system they developed, the drone image acquisition process was carried out autonomously (Páli, 2014). Physical and environmental factors can cause disruptions in the railway line. In the study conducted in the literature, the images obtained from the railway line with the help of a drone were preprocessed in the MATLAB environment, and the expansion gaps between the rails were determined and measured (Yilmazer, 2021). The most important advantage of the proposed method is that it can detect expansion gaps from the images obtained using the drone, can be monitored without touching the rails, and can be monitored without disrupting the railway transportation (Yilmazer, 2021). In another study on the railway line, Ikshwaku et al. They identified and classified railway components with the deep architectural method they developed. They used two different deep architectures in the classification of railway components. The pre-trained GoogleNet architecture detected rail, one of the most important railway components, with a rate of 89%, and with a CNN-based architecture with a rate of 93% (Ikshwaku, 2018). In another study, the rails on the railway line were determined using drone, edge, and feature extraction methods (Banić, 2019).

Thanks to the rapid development, flexibility, and ease of use of machine vision-based systems, the monitoring of the railway line was carried out autonomously. The aim of the study is to design a ready-made system for use in real world experiments. This environment, prepared in the Gazebo simulation environment, detects the railway line in real time with the

semantic segmentation method. Then, the drone, which flies simply and autonomously with image processing techniques, flies on the railway line.

In studies in the literature, drone experiments have generally been tested in a real-world environment. The Anafi4K drone used in this study was simulated in the Gazebo environment.

In the second part of the study, the BiSeNetV2 method, which is the semantic segmentation method used to detect the railway track, and the computer vision method created for autonomous flight are mentioned. In the last section, the results will be mentioned. The main structure of the study is shown in Fig. 1.

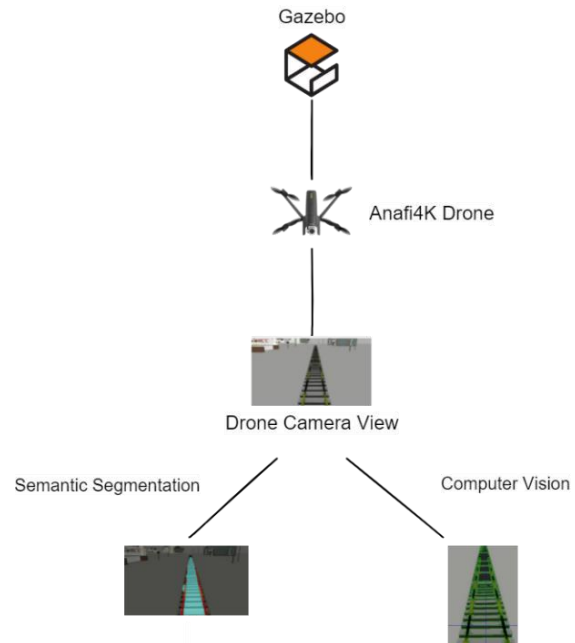


Fig. 1. General Structure of the Study

2. Material and Method

2.1. Gazebo

Gazebo is an open source, free, 3D robot experiment environment developed for both indoor and outdoor spaces (Ikshwaku, 2018). Gazebo has the ability to simulate various models in a three-dimensional environment (Büyükkalek, 2020). In the study, models such as Anafi4K drone, rail, tree, mailbox, traffic sign, building were added for the simulation environment in the Gazebo environment. The world created for the Gazebo experimental environment is shown in Fig. 2.



Fig. 2. Gazebo Experimental Environment

2.2. Parrot Anafi4K Drone

Gazebo provides a Parrot drone model that is identical to the physical Parrot drones that can be used in the experimental environment. Anafi4K drone was preferred in the study because it has a higher resolution than the drones in Table 1. Anafi4K model has one front camera. The railway line is followed by this camera with line tracking logic. Fig. 3 shows the Parrot Anafi4K drone model used in the Gazebo environment.



Fig. 3. Anafi4K Drone Model in Gazebo Environment

Table 1. Drones Used in Both Gazebo and Real World

Drone	Resolution
Anafi4K	4K
Airborne	480p
Bebop2	1080p
BlueGrass	1080p

2.3. Line Tracking

With line tracking, the drone model is intended to follow the railway track autonomously. First of all, the real time image taken from the drone camera in the Python environment is cropped. The aim here is to make the drone focus only on the rail part. Then the real time image is converted to grayscale and Gaussian blur is applied. Gaussian was used to remove blur in the image. The outputs of these steps are shown in Fig. 4.

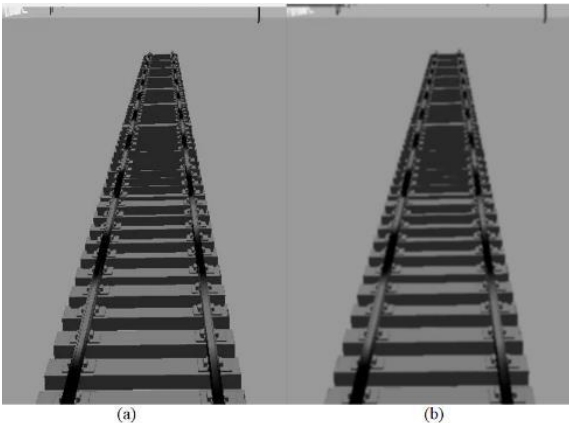


Fig. 4. (a) Grayscale output (b) Gaussian output

The image is converted to binary value by applying a color threshold to the resulting image. The thresholded image is shown in Fig. 5.



Fig. 5. Threshold Image

Lines are detected in the thresholded image. According to the coordinates of the detected line, flight instructions were given to the drone. The final route is shown in Fig. 6.

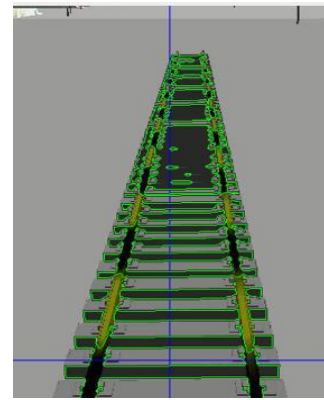


Fig. 6. Detected Lines

2.4. Rail Detection with BiSeNetV2

In this study, fast semantic segmentation rail detection was performed for railway images using BiSeNetV2 algorithm. In semantic segmentation, objects in the image are classified according to the classes they belong to, as well as determining their boundaries (He, 2018). The main purpose of semantic segmentation is to label each pixel in the image to a specific class. In this study, a two-way architecture called two-way segmentation network (BiSeNetV2) is proposed for real time semantic segmentation. BiSeNetV2, proposed a way to separate the localization problem from the semantic extraction problem, and then to merge the two information appropriately (Courdier, 2020). A pre-trained model was used for segmentation. The study trained BiSeNetV2 on a modified version of the RailSem19 dataset with only three labels ("rail-raised", "rail-track", "background") (Zendel, 2019). BiSeNetV2 is a two-way architecture built for real time semantic segmentation. The first path is designed to capture spatial details with wide channels and shallow layers, called the Detail Branch. Against this, another way called Semantic Branch is provided to extract categorical semantics with narrow channels and deep layers. The Semantic Branch simply needs a large receptive field to capture the semantic context, while the detail information can be provided by the Detail Branch (Yu, 2020).

Therefore, the Semantic Branch can be made very lightweight with fewer channels and fast downsampling strategy. Both types of feature representation are combined to create a stronger and more comprehensive feature representation (Yu, 2020). The structure of BiSeNetV2 is shown in Fig. 7.

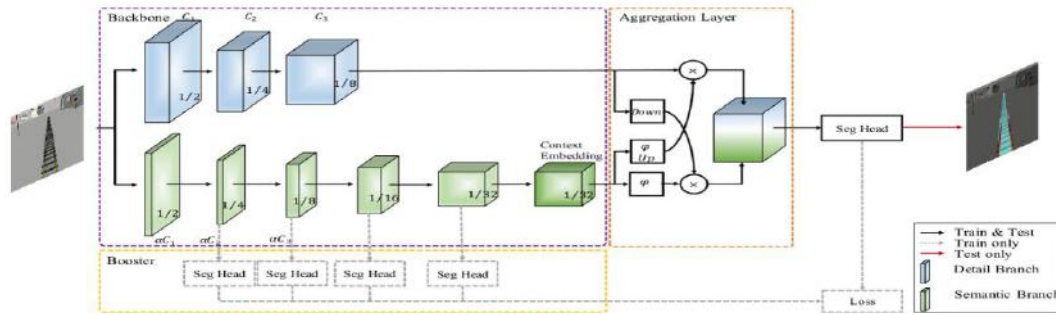


Fig. 7. Structure of Detail Branch and Semantic Branch

The Detail Branch and the Semantic Branch are complementary to each other in feature representation (Yu, 2020). Therefore, an Aggregation Layer is designed to combine two types of feature representation. The similarity between ground truth and model prediction is measured by the IoU. Therefore, the IoU calculation is calculated as the area where the two rectangles intersect divided by the area of the union of these two rectangles. Fig. 8 shows the visual representation of the IoU metric.

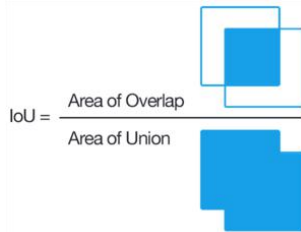


Fig. 8. IoU Visual Equation

As seen in Eq. (1), IoU metric ranges from 0–1 (0–100%), with 0 indicating no overlap and 1 indicating perfect segmentation (Rezatofighi, 2019).

$$IoU = \frac{target \cap prediction}{target \cup prediction} \quad (1)$$

3. Results

The IoU value obtained as a result of the tests in the study is 0.99. The predicted rail view is as in Fig. 9. As seen in Fig. 9, the model visibly detected the railway line.

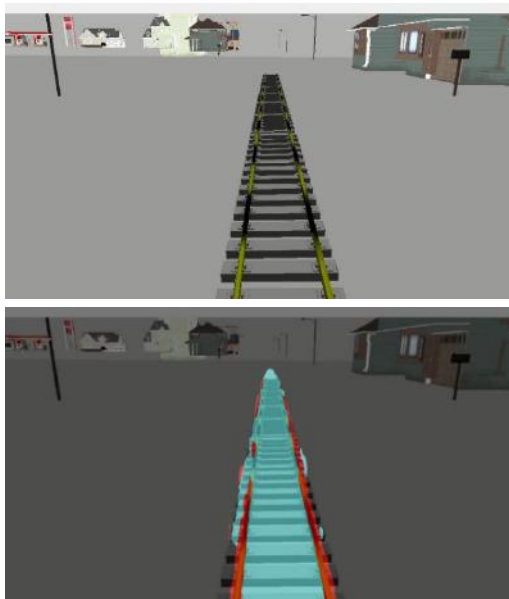


Fig. 9. Predicted Rail View

The BiSeNetV2 model outperforms other studies in the literature as in Table 2.

Table 2. Comparison of BiSeNetV2's Segmentation Performance with Other Studies in the Literature

Model	IoU
RailNet (Wang, 2019)	0.89
RailCNN (Belyaev, 2020)	0.94
BiSeNetV2	0.99

4. Conclusion

With the camera of the Parrot Anafi model simulated in a gazebo environment, it can autonomously maintain its position along the center of the railway line. During this time, the railway line can be detected with semantic segmentation in real time with the same camera. In the study, a drone successfully performed a line-following autonomous flight in the Gazebo simulation environment. Semantic segmentation has also been used in problems such as defect detection, material classification, as well as rail line detection (He, 2018; Giben, 2015; Sevi, 2021). In the study, the IoU value was obtained as 0.99. The BiSeNetV2 model used in the Gazebo environment offers very affordable costs for defect detection systems. The BiSeNetV2 model achieved a 99% segmentation accuracy rate and a good inference speed. This simulation is a guide for future field tests. In future studies, it is aimed to detect railway components other than rail: ballast, fasteners in the Gazebo environment.

5. Acknowledge

This work was supported by the TUBITAK (The Scientific and Technological Research Council of Turkey) under Grant No: 120E097.

References

Aydın, I., Akin, E., & Karakose, M. (2021). Defect classification based on deep features for railway tracks in sustainable transportation. *Applied Soft Computing*, 111, 107706. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107706>.

Singhal, V., Anand, D., Aljahdali, H. M., Goyal, N., Singh, A., & Kadry, S. (2021). An Intelligent and Autonomous Sight Distance Evaluation Framework for Sustainable Transportation. *Sustainability*, 13(16), 8885. <https://doi.org/10.3390/su13168885>.

Rahman, M. A., & Mammeri, A. (2021). Vegetation Detection in UAV Imagery for Railway Monitoring. *Proceedings of the 7th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems*. <https://doi.org/10.5220/0010439904570464>.

- Máthé, K., & Buşoniu, L. (2015). Vision and Control for UAVs: A Survey of General Methods and of Inexpensive Platforms for Infrastructure Inspection. *Sensors*, 15(7), 14887–14916. <https://doi.org/10.3390/s150714887>.
- Páli, E., Máthé, K., Tamás, L., & Buşoniu, L. (2014). Railway track following with the AR.Drone using vanishing point detection. *IEEE Xplore*. <https://doi.org/10.1109/AQTR.2014.6857870>.
- Yilmazer, M., Karakose, M., & Aydın, I. (2021). Detection and Measurement of Railway Expansion Gap with Image Processing. *IEEE Xplore*. <https://doi.org/10.1109/ICDABI53623.2021.9655906>.
- Ikshwaku, S., Srinivasan, A., Varghese, A., & Gubbi, J. (2018). Railway Corridor Monitoring Using Deep Drone Vision. *Advances in Intelligent Systems and Computing*.
- Banić, M., Miltenović, A., Pavlović, M., & Ćirić, I. (2019). Intelligent machine vision based railway infrastructure inspection and monitoring using UAV. *Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering*, 17(3), 357. <https://doi.org/10.22190/fume190507041b>.
- Büyükkelek, A. F., Dağadası, M., Yusefi, A., Türkmenoğlu, Y. & Durdu, A. (2020). DJI Tello ile ROS Tabanlı Haritalandırma Simülasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Ejosat Özel Sayı 2020 (ICCEES)*, 504-508. <https://doi.org/10.31590/ejosat.820154>.
- He, Z., Tang, P., Jin, W., Hu, C., & Li, W. (2018). Deep Semantic Segmentation Neural Networks of Railway Scene. *IEEE Xplore*. <https://doi.org/10.23919/ChiCC.2018.8483877>.
- Courdier, E., & Fleuret, F. (Eds.). (2020). Real-Time Segmentation Networks should be Latency Aware. *Proceedings of the Asian Conference on Computer Vision 2020*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69525-5_36.
- Zendel, O., Murschitz, M., Zeilinger, M., Steininger, D., Abbasi, S., & Beleznai, C. (2019). RailSem19: A Dataset for Semantic Rail Scene Understanding. *IEEE Xplore*. <https://doi.org/10.1109/CVPRW.2019.00161>.
- Yu, C., Gao, C., Wang, J., Yu, G., Shen, C., & Sang, N. (2021). BiSeNet V2: Bilateral Network with Guided Aggregation for Real-Time Semantic Segmentation. *International Journal of Computer Vision*, 129(11), 3051–3068. <https://doi.org/10.1007/s11263-021-01515-2>.
- Rezatofighi, H., Tsoi, N., Gwak, J., Sadeghian, A., Reid, I., & Savarese, S. (2019). Generalized Intersection Over Union: A Metric and a Loss for Bounding Box Regression. *2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. <https://doi.org/10.1109/cvpr.2019.00075>.
- Wang, Y., Wang, L., Hu, Y. H., & Qiu, J. (2019). RailNet: A Segmentation Network for Railroad Detection. *IEEE Access*, 7, 143772–143779. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2945633>.
- Belyaev, S., Popov, I., Shubnikov, V., Popov, P., Boltenkova, E., & Savchuk, D. (2020). Railroad semantic segmentation on high-resolution images. *IEEE Xplore*. <https://doi.org/10.1109/ITSC45102.2020.9294722>.
- Giben, X., Patel, V. M., & Chellappa, R. (2015). Material classification and semantic segmentation of railway track images with deep convolutional neural networks. *IEEE Xplore*. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2015.7350873>.
- Sevi, M., & Aydın, İ. (2021, July 1). Detecting Flaws on Railways Using Semantic Segmentation. *2021 International Conference on Information Technology (ICIT)*. <https://doi.org/10.1109/ICIT52682.2021.9491736>.



Recording Performances of Some File Types for Pandas Data

Hakan Temiz

Artvin Coruh University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Artvin, Turkey, (ORCID: 0000-0002-1351-7565), htemiz@artvin.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1103499)

ATIF/REFERENCE: Temiz, H., (2022). Recording Performances of Some File Types for Pandas Data. *European Journal of Science and Technology*, (36), 55-60.

Abstract

Scientists, researchers, engineers, etc. almost everyone who works with data crosses paths with Pandas at some point. It is so powerful library that allows for easy, rapid and efficient manipulation of data. It can convert data it represent into various file types. Among these file types, the determination of the one which records the same Pandas data with the smallest size on the disk is an important issue considering the abundance of today's data. In this study, the file types that can save Pandas data with minimum size has been experimentally investigated from various perspectives. In this respect, the CSV, HDF, JSON, Excel and Pickle file types are involved in the experiments. The sizes of these files were benchmarked under several conditions such as the completeness or lack of data and type of variables that are contained in data. In addition, it was also examined that how file sizes vary as data increases.

Keywords: pandas, data, file sizes, file types, recording performance.

Bazı Dosya Türlerinin Pandas Verisini Kaydetmedeki Performansları

Öz

Bilim insanları, araştırmacılar, mühendisler vb. verilerle çalışan hemen hemen herkesin yolu bir noktada Pandas kütüphanesi ile kesişmektedir. Pandas, verilerin kolay, hızlı ve verimli bir şekilde işlenmesine izin veren çok güçlü bir kütüphanedir. Temsil ettiği verileri çeşitli dosya türlerine dönüştürebilme kabiliyetine sahiptir. Bu dosya türleri arasından, aynı Pandas verisini diske en küçük boyutta kaydeden dosya türünün tespiti günümüz verisinin bolluğu göz önüne alındığında önemli bir konudur. Bu çalışmada, Pandas verilerini minimum boyutta kaydedebilen dosya türleri deneysel olarak çeşitli açılardan incelenmiştir. Bu doğrultuda deneylerde CSV, HDF, JSON, Excel ve Pickle dosya türleri incelemeye alınmıştır. Bu dosyaların boyutları, verilerin tamlığı veya eksikliği ile verilerde bulunan değişkenlerin türü gibi çeşitli koşullar altında karşılaştırılmıştır. Ayrıca veriler arttıkça dosya boyutlarının nasıl değiştiği de bu çalışma kapsamında incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: pandas, veri, dosya boyutları, dosya türleri, kayıt performansı.

1. Introduction

Data is a central part of contemporary life today. Every second, an unprecedented amount of data is generated by machines or people. Machine generated data correspond to data produced from cameras, sensors, satellites, real-time or medical monitoring devices, trackers for personal health care, and so on. Humans act as another major source of data. We create a vast amount of data by tweeting, logging, blogging, or posting messages, images and other types of contents in social media. Organizations are another spring for cooking data especially with enterprise resource management (ERP) systems.

The amount of data generated through the sources mentioned above has pushed the capabilities and capabilities of data processing tools, devices and analytics towards new technologies and techniques. Newly developed tools have gained the ability to process and/or transfer high volumes of data very quickly. Millions of connected devices collect, transfers or stores data with high accuracy and efficiency. Analytics can seamlessly process and uncover groundbreaking insights from much more complex and vast amount of data to support decision makers to make better decisions.

All these developments have increased the need for talented individuals specialized in data science and engineering. These individuals fulfil the jobs under the names data scientist or data engineer. A data scientist or engineer (as data workers) typically should have proficiency in data science and related tools and software. Python is one of the most used platforms by data workers. Numerous software and tools have already been developed on both platforms and broadly used for data representation, manipulation and recording (Abeykoon et al., 2020),(Van Rossum & Drake, 2003). Both provide very rich sets of libraries for working on data. In Python side, the renowned library, Pandas (Reback et al., 2020),(Hoyer & Hamman, 2017) is the first choice for data.

Pandas is a member of SciPy (Virtanen et al., 2020) library that is an open source software package tailored for scientific computing in Python. Pandas allows for a fast, easy, powerful and flexible way of data analysis and manipulation for multi-dimensional data. Thanks to its simplicity, rapidity, flexibility, and many other features, it has managed to become one of the most preferred and widely used tools. Overwhelming majority of data scientists, researchers and engineers prefer to use it in their works.

Pandas can easily convert data into various file types for storage and exchange. Since today's data sizes are very high, the space occupied by the same data on the recording media needs to be minimal in terms of storage costs, efficiency and speed. Therefore, we should find a way to store data in files with minimal space. The smaller the file size, the smaller the disk space it will occupy and the faster and less costly it will be able to transfer it through the network to other computers and devices.

In this study, various file types that are the pandas can record its data are compared in terms of occupied sizes on a storage device. The experiments have been performed for well-known five distinct file types, as per two separate datasets: small-size and large-size. The change in the file size

in respect to the amount of the data was also examined by these two distinct size of data. The occupied file sizes are measured for Pandas data composed of a certain variable type and mixture of these. This study clearly revealed which file type is more suitable for certain conditions.

2. File Types

In essential, Pandas can easily write to or read from a variety of file types. It accompanies a variety of methods to convert its data into or to read from these files. Amongst these, only most common types of file formats are introduced in the experiments. These file types are Comma Separated Values file (CSV), Hierarchical Data Format (HDF) (Fortner, 1998), JavaScript Object Notation (JSON) (Pezoa, Reutter, Suarez, Ugarte, & Vrigoč, 2016) file, Microsoft Excel file, and Python's preferred serialization library, Pickle (Van Rossum, 2020). The storage formats of the files are given in Table 1. Next, a very brief information is provided about them.

Table 1. Storage Formats of files.

Storage Format	CSV	JSON	Excel	HDF	Pickle
Plain text	✓	✓			
Binary			✓	✓	✓

CSV is an ordinary plain text file where each line preserves a record of data whose, in default, fields are separated by commas. It is very prevalently used for storing tabular data thanks to its convenience in reading and writing. Other than commas, several delimiter characters, such as space, semicolons etc., are also used for separating values.

Excel is one of Microsoft products for Office Suite, which enables to efficiently work on spreadsheets. Excel provides a very reach of features and functions for computation, data manipulation and analysis, data exchanging, statistical analyzing, engineering, financial, plotting, etc.

JSON is another plain-text file format that enables computers to parse and generate data. It is very easy also for humans to read and write since it stores data as plain text. Its language-independent feature makes it a versatile data-interchange format. JSON, structures data in collections of name-value pairs or ordered list of values.

HDF is designed by The HDF Group, a non-profit corporation, to organize and store large amounts of data. HDF is supported by many programming languages and software. It uses B-trees for indexing the data which makes it faster than a SQL database to access stored data that is stored as arrays in binary format. The compression level of HDF file is set to 9 in all experiments in this study.

Pickle is designed to serialize Python objects as byte streams in binary files or in bytes-like objects. Pickle is a very widely used Python library to represent and store data. The serialization process whereby a Python object is transformed into a byte stream is called as "pickling", and the inverse operation is called as "unpickling".

3. Method

Pandas allows for storing a rich set of variable types in the same data set. In Pandas, data is often contained through DataFrame objects. A typical DataFrame represents a tabular form of data with certain rows and columns. Normally, every column comprise of a single type variable, such as integer, real number, text or categorical. In this context, a DataFrame can comprise of columns each having the same variable type, or possibly any combination of these. Surely, file sizes would vary with the variety of data types that make up a data set. Therefore, it is important to examine the change in file sizes relative to data constituted of various data types. In this respect, A DataFrame is created with random entries for each of the Integer, String, Float and Categorical variable types, and additional DataFrame for the mixture of these. The total size of each individual file type as which these DataFrames are saved on disk is then measured.

The randint() and random() functions under the random module of the numpy library were used for generating the DataFrames of integer and float variables, respectively. The uuid4() method from the uuid library was used to randomly fill in the DataFrames of string and categorical variables.

In reality, data persist in the form of a mixture of different types of variables rather than a single type. Therefore, it is much more meaningful to examine the sizes of particular file types for such data sets. To observe required space to store such data for certain file types, an additional dataset consisting of an equal mix of different data types was included in the experiments as well. Eventually, 5 distinct data sets were established for experiments.

Additionally, in order to observe how file sizes vary according to data size, these DataFrames were created in total

of two different number of records. The former and latter consist of 1000 and 10,000 records, respectively. So, the second data is ten times the first. The number of columns remains the same in both versions. The DataFrames comprised of a single variable type only have 10 columns, while the DataFrame with compounded variables has 40. The details of two data sets are given in Table 2.

Table 2. Details of Data Sets.

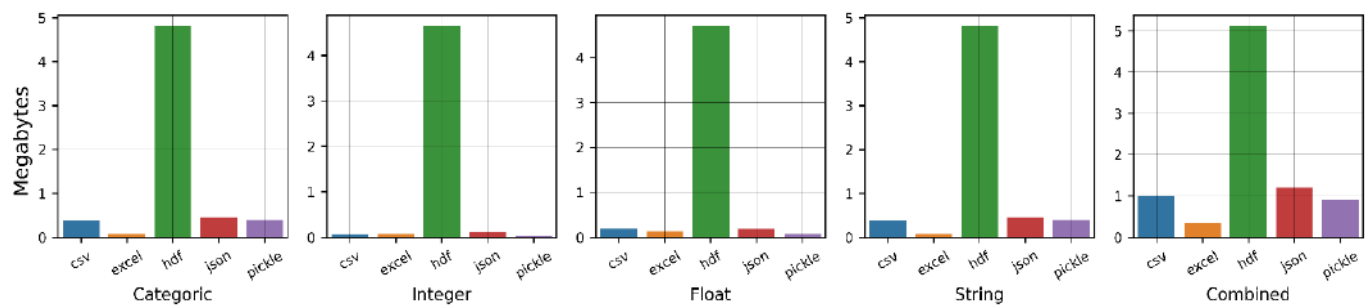
Data Size	Variable Types				
	# Integer	Float	String	Categorical	Combined
Small	Rows	1,000			
	Columns	10			40
Large	Rows	10,000			
	Columns	10			40

4. Results

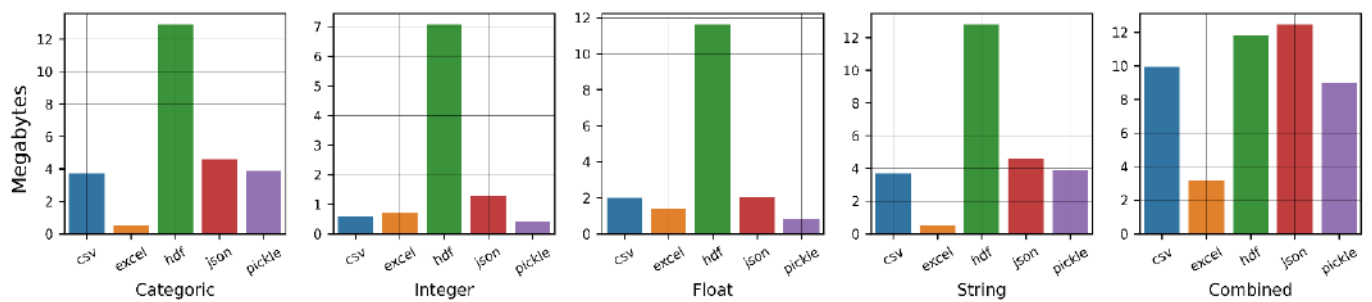
The whole experiment was performed on two alternatives of the data sets: on the complete and 20% missing data. The following sections describe the results of the experiments for both cases.

4.1. Complete Data Case

In this case, data set was complete. The results are shown in Fig 1. Subfigure (a) graphically present the file sizes for small-size data of particular variable(s), whereas (b) for large-size data.



(a) Small-size data (one thousand records without missing entries)



(b) Large-size data (ten thousand records without missing entries)

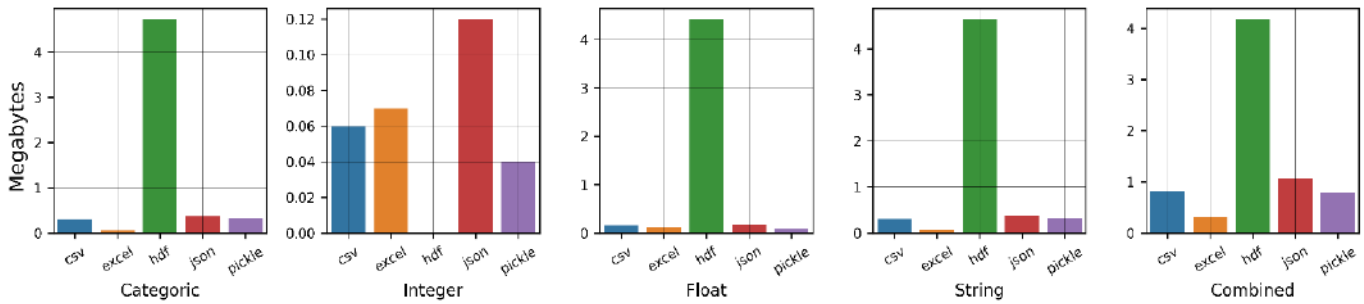
Fig. 1. Sizes on disk of some file types recorded for the same complete Pandas data consisting of certain variable type(s). The amount of records in large-size data (b) is ten times the amount of record in small-size data (a).

For small-size data sets consisting of other variable types than integer and float, Pandas achieved the minimum file size when saving them as Excel file type. It stores data consisting of categorical, string and float variable types very efficiently. For data of integer and float variables, Pickle file type offers the smallest sizes. On the other hand, HDF file occupies the largest space for any data of any variable type. For large-size data sets, the ratio between the different file sizes is quite similar to those of small-size data sets. The only difference is that the file sizes have increased depending on the number of records. The results from mixed data are much more important, as a typical data today usually comprise of multiple different types of variables. The both figures tell us that the file size is still minimum when Pandas saves the combined data as an Excel file. The second best smallest file

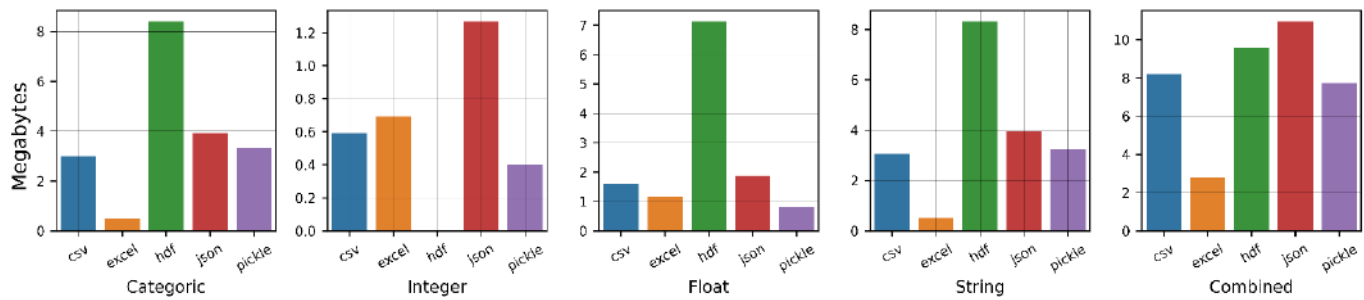
size is achieved when it stores the data as a Pickle file. The HDF file type still occupies the largest size on disk.

4.2. Missing Data Case

It is very likely that data present a considerable amount of missing entries. Although missing data is not desired, it is a frequently encountered situation. Hence, it is also very important to observe how the file sizes vary in presence of missing data. For this purpose, the same experiment repeated again but this time with missing data. In order to simulate the real-world, the lost data rate were chosen as 20%, which can be considered moderate. The results are shown in Fig. 2. Subfigure (a) graphically present the file sizes for small-size data of a particular variable(s), whereas (b) for large-size data.



(a) Small-size data (one thousand records with 20% missing entries)



(b) Large-size data (ten thousand records with 20% missing entries)

Fig. 2. Size on disk of some file types recorded for the same Pandas data with 20% missing entries, consisting of certain variable type(s). The amount of records in large-size data (b) is ten times the amount of record in small-size data (a)

In this experiment, the files are reduced in size by a relatively small amount as the datasets lack 20% of data. This change in the file size is best seen in CSV file. Its size dramatically dropped compared to the others. When we examine the file sizes for both size data sets comprised of combined variables, CSV file size is approximately 10MB for the complete data, while it drops to around 8MB given the 20% lack of data. The drop in sizes is clearly observed in the other file types as well, though relatively small. Another observation is that the order of file sizes does not change regardless of whether the data is complete or incomplete. An interesting finding is that although the CSV file stores data in plain text format, the size of the integer data type is smaller than the Excel file in both cases, data is complete or 20% missing.

4.3. Increase Rate in File Sizes

This section presents and discusses the changes in file sizes when the amount of data is increased by 10 times.

Fig. 3 presents the rate of increase in file sizes for both versions (complete and missing) of data. The lowness of the bars

means that although the amount of data increases at the same rate, less file size is obtained.

It can easily be said that, generally, the file sizes increased at almost the same rate as the amount of data increased. Most file formats show a linear relationship between data increment and file size, except the HDF. Additionally, except for the HDF file, missing data does not cause a significant change in file sizes. There has been a fairly small amount of fluctuations in most cases.

On the other hand, the size of the HDF file increased more or less at a much lower rate than the increase in data. The HDF file have increased in size by 2 to 3 times, while the size of other files has increased by 8 to 10 times. However, it is clearly seen from the figure that the HDF file is very sensitive to missing data. The ratio of HDF file for missing data comprised of integer variables cannot be measured since Pandas does not allow to store such DataFrame object. However, its size remains almost the same for combined data. For other data types, its size decreases in moderate amount in the presence of missing data.

Amongst the data types, the HDF file is best when saving integer data, and then combined data in the complete case. On the other hand, it is best when recording float data, and then categorical data in the missing case.

The second smallest inflation rate in size has been seen for the Excel file. Its size has increased less than the increment of the

data when Pandas data contains categorical or string variables. For the both missing and complete data cases, there is hardly change in its size for integer data. Its size would remain nearly the same. Much more interesting outcome is seen for string data. The increase rate in file size is much higher for the missing data case than the size of complete case.

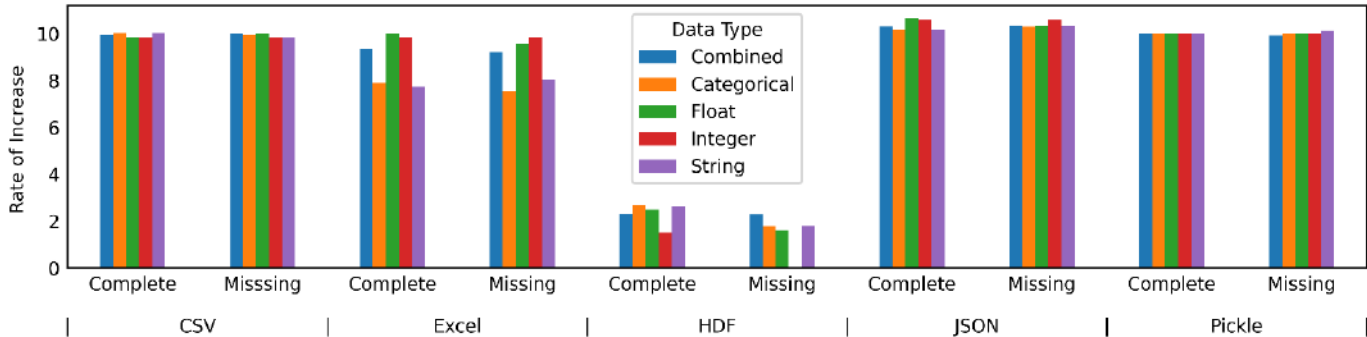


Fig. 3. Rate of increase in file sizes for the complete data and incomplete data with 20% missing entries when data increases by 10 times.

The pickle file's bars rich exactly the same high for all data types in the complete case. Which means that the pickle file stores data in such a way that the file size increase linearly. On the other hand, the same thing cannot be said for the missing case. The file sizes inflate nonlinearly in the missing case. Even much higher compared to the complete case. This dramatic increase can be seen much clearly from the bar of string data. This obviously indicates that the pickle cannot store string data as much efficiently as it records the other types. On the contrary, it is much more successful at saving combined data in the presence of missing data than saving other types of data.

JSON file ensures its minimum size for categorical and string data in the complete case when the amount of data increased. The worst performance is achieved for data of float type. This consequence is understandable considering the fact that float data accompany varying number of fractions. Contrary, for the missing data case, the highest inflate in the file size occurs integer data. This is a very odd outcome because normally float data is expected to have the highest increase compared to the others. There are very slight differences between the increase rates of the other data types. However, the categorical data has achieved the lowest increase rate for the missing data.

As for the CSV file, it is typically expected to have the lowest rate for the categorical or string data types. But the bars on the figure say the opposite. The lowest increase rate was obtained from integer and float data in the complete data case. However, in the missing data case, the integer and string data provided the lowest inflation in the file sizes, whereas the categorical and float data delivered the highest rates.

5. Discussion

When we analyzed the file sizes only and only in terms of the increase rate, it was observed that Excel was more successful than other files, that is, the file size increased more slowly than the amount of data increase. In terms of increase rate, there are no significant differences between other files, except for the JSON. On the other hand, the inflation rate in the size of JSON, generally was higher than the inflation rate of the data.

It is not possible to examine the effective performance of HDF file in terms of increase rate. Because it allocates extra space for the data that will probably be added in the future within the HDF file. Due to the redundant space allocated, the increase in the actual size of the file could not be fully measured. However, it can be easily said that the file occupies more space than the actual data in terms of the space it takes in the recording media.

Experiments have shown that Pandas data containing only integer or float variables will have the smallest file size when saved as a Pickle file. However, the Excel file ensures the smallest file size given that the data only comprise of categorical or string variables, or a mix of all variable types. On the other hand, amongst the file types examined, the HDF file occupies the largest disk space.

6. Conclusion

The Pandas is a widely used library by those who extensively deal with data. It allows one to work with the data in a very easy, rapid and efficient way. The Pandas enables the data to be exported to or read from various file formats. An important issue in this context is which file format is more convenient to represent the Pandas data in terms of occupied space on the storage media. In order to find out a clue for this question, the storage space of some file types to which the Pandas data can be converted has been evaluated from various aspects such as data size and lack or completeness of data.

For the experiments, two different sized datasets, one relatively small and the other 10 times more than the small dataset, were created synthetically. Both data sets were prepared according to two different alternatives in order to allow experimental analysis under the complete or incomplete data conditions. All data sets were examined separately and 10 times for each variable type, consisting only of float, integer, string, categorical and also a mixture of these variable types. The average file sizes that were obtained from the examinations were benchmarked. As a result of the comparisons, the files with the most successful performance were determined for the cases where the data sets are incomplete by twenty percent or complete for each variable data type. For both full and missing data cases, the

rate of increase in file sizes according to the increase in the amount of data was also examined.

In future studies, the capabilities of the files for much larger data capacities will be analyzed. It will also examine other aspects such as required memory consumption and time to read and/or write files.

References

- Abeykoon, V., Perera, N., Widanage, C., Kamburugamuve, S., Kanewala, T. A., Maithree, H., ... Fox, G. (2020). Data Engineering for HPC with Python. In *2020 IEEE/ACM 9th Workshop on Python for High-Performance and Scientific Computing (PyHPC)* (pp. 13–21). <https://doi.org/10.1109/PyHPC51966.2020.00007>
- Fortner, B. (1998). HDF: The hierarchical data format. *Dr Dobbs' J Software Tools Prof Program*, 23(5), 42.
- Hoyer, S., & Hamman, J. (2017). xarray: ND labeled arrays and datasets in Python. *Journal of Open Research Software*, 5(1).
- Kişisel Verilerin Korunması Kanunu. (n.d.). Retrieved from <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.6698.pdf>
- Pezoa, F., Reutter, J. L., Suarez, F., Ugarte, M., & Vrgoč, D. (2016). Foundations of JSON schema. In *Proceedings of the 25th International Conference on World Wide Web* (pp. 263–273).
- Reback, J., McKinney, W., jbrockmendel, den Bossche, J. Van, Augspurger, T., Cloud, P., ... Mehyar, M. (2020). pandas-dev/pandas: Pandas 1.0.3. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3715232>
- Van Rossum, G. (2020). *The Python Library Reference, release 3.8.2*. Python Software Foundation.
- Van Rossum, G., & Drake, F. L. (2003). *An introduction to Python*. Network Theory Ltd. Bristol.
- Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D., ... SciPy 1.0 Contributors. (2020). {SciPy} 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python. *Nature Methods*, 17, 261–272. <https://doi.org/10.1038/s41592-019-0686-2>



Peynir Teknolojisinde Kullanılan Hayvansal Kaynaklı Enzimler ile İlgili Güncel Araştırmalar

Hasan Alptuğ Akgün^{1*}, Tuğba Kök Taş¹

^{1*} Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-3808-3003), alptugakgun@gmail.com

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8813-6479), tugbakoktas@sdu.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICAENS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1097335)

ATIF/REFERENCE: Akgün, H.A., Kök Taş, T. (2021). Peynir Teknolojisinde Kullanılan Hayvansal Kaynaklı Enzimler ile İlgili Güncel Araştırmalar. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 61-66.

Öz

Peynir üretiminde bitkisel, hayvansal ve mikrobiyolojik pıhtılaştırıcılar kullanılmaktadır. Sütün pıhtılaşması, peynir üretiminde en önemli basamaklardan bir tanesidir ve süt pıhtılaştırma enzimleri bu basamakta önemli rol oynar. Hayvansal türdeki pıhtılaştırıcıların insanlığın ilk tarihinden itibaren kullanıldığı, her ne kadar azalan hayvansal kaynaklara karşın, dünya çapında peynir üretimindeki artış nedeniyle kullanımları sınırlı hale gelse de, günümüzde geleneksel üretim de dahil olmak üzere çeşitli peynirlerin üretiminde hala kullanıldıkları bilinmektedir. Bu derlemede, hayvansal kaynaklı pıhtılaştırıcılar ile ilgili bilgiler ve güncel araştırmalar sunularak genel bir bakış açısı oluşturmak ve literatüre bu konuda katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Şirden, Rennet, Kimozin, Pepsin, Hayvansal Pıhtılaştırıcılar.

Current Research on Animal-Derived Enzymes Used in Cheese Technology

Abstract

In the manufacturing of cheese, coagulants obtained from herbal, animal, and microbiologic sources are utilized. The most crucial step in the cheese-making process is milk coagulation. Animal rennet has been used as a milk coagulant since the dawn of history. Although despite the fact that their use has been reduced due to an increase in the production of cheese, it is known that they are still used as a coagulant. This review aimed to provide an information and contribute to the literature by presenting information and current research on coagulants of animal origin.

Keywords: Abomasum, Rennet, Chymosin, Pepsin, Animal Coagulants

* Sorumlu Yazar: alptugakgun@gmail.com

1. Giriş

Süt ürünlerinin atası olarak bilinen peynirin, 8000 yıl önce Fırat ve Dicle nehirleri arasında kalan Mezopotamya Bölgesinde geliştiğine dair yazılı kaynaklar bulunmaktadır [1]. Peynirin ilk defa hangi bölgede ve hangi tarihte üretildiğine dair kesin olarak bilgi olmasada, Orta Asya'dan göç eden Türk boylarında peynir ve peynir gibi süt ürünlerinin kullanıldığı bilinmektedir [2]. Peynir, ülkemizde olduğu kadar tüm dünyada da üretilip tüketilmekte ve çok fazla çeşitlilik göstermektedir. Sandine ve Elliker 1970 yılında 1000'den fazla peynir çeşidinin varlığından bahsetmiş, 1981 yılında Burkhalter 510 peynir çeşidini sınıflandırmış, 1972 yılında ise Walter ve Hargrove 400 çeşidini tanımlamış ve 400'den fazlasının ismini listelemiştir [1]. Türkiye'de ise 100'den fazla peynir çeşidi bilinmektedir fakat bunlardan beyaz peynir, kaşar peynir ve tulum peynir çeşitleri ulusal ve ekonomik değere sahiptir. Türkiye'deki diğer önemli peynirler lor, dil, çökelek, otlu peynir ve mihalıç peyniridir [3]. Bu peynir çeşitliliğine sahip ülkemizde üretim, TÜİK Aralık 2020 tarihli verilerine göre inek peynirinde 2020 yılı Ocak-Aralık aylarında toplam 739774 ton, diğer peynirlerde (keçi, manda, koyun ve karıştırılmış sütlerden üretilmiş peynir çeşitleri) ise 27173 ton olarak açıklanmıştır. TÜİK Aralık 2021 tarihli verilere göre de, 2021 yılı Ocak-Aralık aylarında inek peyniri üretimi 735733 ton, diğer peynirlerde 27533 ton olmuş ve bir önceki yılın Aralık ayına göre inek peyniri üretimi % 0.5 azalmış, diğer peynirlerin üretimi de % 1.3 artmıştır [4].

Sütün peynir pıhtısına dönüşmesi genellikle enzimatik pıhtılaşma yoluyla gerçekleşmektedir. Sütü pıhtılaştrabilen enzimler bitki, hayvan ve mikroorganizmalardan elde edilen asit proteazlardır [5]. Peynirin son özelliklerinin belirlendiği sütün pıhtılaşması, peynir üretiminde en önemli basamaklardan bir tanesidir. Pıhtılaşma işleminde kullanılan ajanlar nedeniyle protein yapısının yıkımında farklılıklar oluşmakta, böylece hidrofobik peptidlerin ve kazeinin hidrolizi ile verimde, peynir tekstüründe (elastikiyet, kırılabilirlik, yapışkanlık, sertlik, sakızimsılık ve çignenebilirlik) ve aroma bileşenlerinde gerçekleşecek (özellikle ransit tat) değişiklikler etkilenmektedir [6].

Buzağı renneti, peynir üretiminde en çok kullanılan hayvansal pıhtılaştırıcıdır. Bununla birlikte, azalan buzağı renneti kaynağına karşın dünya çapında yaşanan peynir üretimindeki artış, buzağı renneti ikamelerinin aranmasına neden olmuştur [7]. Bu nedenle rennetin dışında, peynir üretiminde süt pıhtılaştırıcıları olarak bilinen farklı kaynaklar da (hayvansal, bitkisel, mikrobiyal veya genetik olarak değiştirilmiş mikroorganizmalar) kullanılmaktadır [8]. Rennet yerine geçecek pıhtılaştırıcının zayıf proteolitik etkiye sahip ve kolayca peynir altı suyunda denatüre olması gerekmektedir [9].

Bu çalışmanın amacı, kullanımı geçmişten günümüze süregelen hayvansal kaynaklı pıhtılaştırıcıların özellikleri hakkında yayınlanmış çalışmalara genel bir bakış sağlamaktır.

2. Hayvansal Pıhtılaştırıcılar

Hayvansal kaynaklı pıhtılaştırıcılar, süttten kesilmemiş buzağların midelerinin dördüncü bölümü olan şirdenden (abomasum) elde edilen [5] kimozin (EC 3.4.23.4), kimotripsin (EC 3.4.21.1), tripsin (EC 3.4.21.4) ve pepsin (EC 3.4.23.1) enzimleridir [10]. Bu enzimlerden tripsin ve kimotripsinin sahip oldukları proteolitik etki, peynirde çoğunlukla acı tada sebebiyet veren peptidlerin oluşmasına neden olduklarından ve bazen de pıhtıyı yeniden parçalayabileceklerinden peynir üretiminde tercih

edilmemektedirler. Bu sebeplerden dolayı yaygın olarak kullanılan enzim kimozindir [11].

Araştırmalarda ve endüstride ise peynir üretiminde kullanılan peynir enzimi, rennet enzimi olarak tanımlanmıştır [3]. Endüstride, rennetin, sıvı, toz ve macun formları kullanılmaktadır. Peynir üretiminde geniş kullanıma sahip ilk iki form, endüstriyel bazda buzağı şirdeninden üretilmektedir. Rennet, buzağı şirdeni dışında çoğunlukla kuzu veya oğlak şirdeninden de yapılmakta olup macun halinde ve el yapımı olarak da üretilmektedir [8]. Bunun dışında deve, bufalo, ren geyiği gibi geviş getiren hayvanlar, tavşan gibi tek mideli hayvanlar, munida, kalamar, ton balığı ve yayın balığı gibi kabuklular ile deniz hayvanlarından da süt pıhtılaştırma enzimleri üretildiği bildirilmiştir [12].

Rennet, iki ana asidik proteolitik enzimin enzimatik preparatı olup, hayvanların kesilmiş oldukları yaşa, beslenme şekillerine, elde edilen kaynağa göre farklı oranlarda kimozin ve pepsin enzimi içermektedir ([11], [13]). Kimozin enzimi, buzağların midesinde ilk günlerde en fazla bulunmakta, zamanla enzim seviyesi düşmekte ve pepsin enzimi kimozin enziminin yerine geçmektedir. Böyle bir durumda şirdenden üretilen kimozin enziminin miktarı azalmakta ve rennetin kalitesi düşmektedir ([14], [15]).

Buzağı şirdeninden üretilen peynir pıhtılaştırma enzimleri çoğunlukla %88-94 (v/v) kimozin ve %6-12 (v/v) pepsin içermekte, bu enzimler dışında iz miktarda kimotripsin, tripsin ve lipaz enzimleri de bulunabilmektedir [11]. Bir aspartik proteaz olan kimozin, buzağı rennetinin aktif formudur ve bu aktif form olan kimozinin molekül ağırlığı buzağı rennetinde 35-40 kDa, kuzu ve oğlak rennetinde 36 kDa, deve rennetinde ise 40 kDa'dur ([16], [17]).

Sütle beslenen ve geviş getiren hayvanların dördüncü midesinde üretilen proteaz grubunda, kazein misellerinde κ-kazein zincirinin hidrolizinden sorumlu olan renneti (kimozin'i) araştıran bir çalışma yapılmıştır. Bu enzimler, peynir yapımında süt pıhtılaştırıcı olarak kullanılması sebebiyle çok değerlidir. Mevcut araştırma, keçi midesinden elde edilen enzimi saflaştırmak ve karakterize etmek için yapılmıştır. Enzim, oğlak abomasum dokusundan ekstrakte edilmiş, anyon değiştirici ve jel filtrasyon kromatografisi kullanılarak yaklaşık 30 kat saflaştırılmıştır. Oğlak kimozini DEAE-selüloz iyon değişim kolonundan geçirilmiştir. Saflaştırılmış enzim, SDS-PAGE üzerinde 36 kDa'lık bir moleküler kütleyle sahip olduğu, Western blot analizi ile doğrulanmıştır [16].

Kimozin, preprokimozin olarak hücre içinde sentezlenmekte ve prokimozin halinde inaktif zimojen olarak salgılanmaktadır. Asidik pH'da aktive olarak, kimozin veya pseudokimozine dönüşmektedir. Kimozin ve pseudokimozin sütü pıhtılaştırma aktivitesine sahiptir [18]. Pseudokimozin, asidik pH'da uzun süre değişmeden kalabilir. Ancak pH 4.5'in üzerine çıktığında hızla kimozine dönüşmektedir [19]. Kimozin, izoelektrik noktası pH 4.6-4.7 olan [20], pH 5.3-6.3 arasında stabil, pH 7'nin üzerine çıktığında veya yüksek asitli koşullarda aktivitesi oldukça azalan bir enzimdir. Kimozinin optimum sıcaklığı 41°C'dir. 20°C'nin aşağısında ve 50°C ve üzeri sıcaklıklarda pıhtılaştırma gücü çok düşük olan bir enzimdir [5]. Buzağı kimozini, κ-kazeinin Phe 105-Met 106 arasındaki peptid bağımlı kırarak sütü pıhtılaştırmaktadır [21].

Pepsin, midenin alt bölümlerinde bulunan mukoza hücrelerinde inaktif halde bulunur. Mukoza hücrelerinden salgılanan pepsinojen, midedeki asitli ortamda etkin hali olan pepsine dönüşür. Pepsin de kimozin gibi pH 7'nin üzerinde hızlı bir şekilde aktivitesini yitirir ve optimum pH aralığı 1.7-2.3'tür. Pepsinin proteolitik aktivitesi yüksek olduğu için peynirlerde

olgunlaşma aşamasında ransit tat bileşenlerinin oluşmasına neden olması, pepsinle üretilen peynirlerin, kimozinle üretilen peynirlerden daha az sertlikte pıhtıya sahip olması ve pepsin enzimi kullanıldığında, peynir altı suyu ile kayıpların daha fazla olması nedenleriyle pepsinin tek başına kullanımı verimli olmamaktadır ([19], [5])

Lipoliz, peynir olgunlaşması sırasında meydana gelen başlıca biyokimyasal değişikliklerden biridir. Lipoliz sırasında serbest yağ asitlerinin (FFA'lar) salınmasının peynirlerin lezzetini etkilediği düşünülmektedir [22]. Peynirde bulunan lipolitik ajanlar doğal olarak süttten (süt lipazları), rennetten (pregastrik ve gastrik lipazlar) ve mikroflora aktivitesinden gelen lipolitik enzimlerdir [23]. Rennetin katkısı, rennet tipine bağlıdır. En yaygın olarak kullanılan ticari buzağı ve sığır rennetleri normalde lipolitik aktivite içermez. Öte yandan, midesi dolu, süttten kesilmemiş kuzuların kesilmesiyle elde edilen rennetler, pregastrik lipaz (PGL) içeriği nedeniyle yüksek lipolitik aktiviteye sahiptir [24].

Addis ve arkadaşları, süt kuzularından elde edilerek hazırlanmış rennetten (A), otlamaya izin verilen ve aynı zamanda emmeye devam eden kuzulardan hazırlanmış rennetten (B) ve ticari rennet preparatından (C) oluşan üç farklı kuzu rennet macununun, PDO Pecorino Romano peyniri üzerindeki biyokimyasal ve duyuşsal özelliklerin etkisini araştırmışlardır. Muhtemelen daha genç olan kuzuların yaşından veya emmeden sonra kesim koşullarındaki farklılıklardan dolayı A ve B rennetlerinin kimozin aktivitelerinin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Hazırlanan rennetlerdeki lipolitik aktivitelerin sonuçlarının yüksek çıkmasının, muhtemelen emmeyle uyarılan PGL salgılanmasına bağlı olarak gelişmiş olabileceğini rapor etmişlerdir. Ayrıca kuzular süt emdikten kısa bir süre sonra kesildiğinde, PGL'nin abomasada ve dolayısıyla da rennet macununda kaldığını göstermişlerdir. A ve B peynirlerinin, özellikle kısa zincirli serbest yağ asitlerinin seviyelerine ve hepsinden önemlisi bütirik asit seviyelerine bağlı olarak daha yüksek toplam serbest yağ asidi içeriğine sahip olduğunu belirtmişlerdir [25].

3. Hayvansal Enzimler Kullanılarak Üretilen Peynirler İle Yapılan Çalışmalar

Hayvansal enzimler ile ilgili 2000 yılından sonra yapılan çalışmalar bu bölümde özetlenmiştir.

Sığırdan elde edilen kimozinin, deve süttünü pıhtılaştıramamasından yola çıkan Al-zoreky ve Almathen, rekombinant bir deve kimozini kullanarak deve süttünden peynir pıhtısı üretmeyi amaçlamış ve yumuşak yapıda peynir ürettiklerini belirtmişlerdir. Termofilik starter kültürler ile kültürlenmiş deve süttünün (%8.75), kültürlenmemiş deve süttüne (%3.34) göre daha yüksek peynir verimi ürettiğini ve termofilik starter kültürün beyaz yumuşak peynirde (pH 5.27) daha düşük nem içeriğine (51.89%) katkıda bulunduğunu rapor etmişlerdir [26].

Manuelian ve arkadaşları, %75 kimozin, %25 pepsin içeren endüstriyel buzağı renneti ve endüstriyel Galium bitkisel rennetinin (*Cynara cardunculus*), bufalo süttü üzerindeki pıhtılaşıma özelliklerini incelemişlerdir. Bitkisel rennet kullanılan örneklerin pıhtılaşımaya başlaması, hayvan renneti kullanılan örnekler göre daha uzun zaman aldığı, her iki rennetin de benzer pıhtı kalınlığı sunduğunu ve son ürünün benzer viskoelastik özelliklere sahip olduğunu belirtmişlerdir [27].

Murgia ve arkadaşları, farklı Sardunya çiftlikleri tarafından üretilen, farklı yenilebilir keçi rennetlerinin mikrobiyolojik ve

fizikokimyasal özellikleri üzerine bir ön araştırma yapmışlardır. Yenilebilir keçi rennetinin, patojenik bakteriler içermediğini ve önemli sayıda (6-7 log cfu g⁻¹) mezofilik laktik asit bakterisi ile enterokok varlığıyla karakterize edildiğini göstermişlerdir. Tüm örneklerde en çok bulunan serbest yağ asitlerinin, oleik, linolenik, palmitik ve miristik asitler olduğunu, hem kaprilik hem de bütirik asit içeriklerinin ise miktar olarak en düşük sonucu verdiğini belirtmişlerdir. Uzun zincirli serbest yağ asitlerinin (\geq C18:0), toplam serbest yağ asitlerinin yaklaşık %50'sini temsil ettiğini ve çoklu doymamış serbest yağ asitleri arasında yüksek linoleik (C18:2n-6) ve alfa-linolenik (C18:3n-3) asit içeriği tespit edildiğini rapor etmişlerdir. Yazarlar, yüksek sayıda canlı laktik bakterisine ve beslenme açısından serbest yağ asidi içeriğine sahip yenilebilir keçi rennetinin, mikrobiyolojik olarak güvenli olduğunu belirtmişlerdir [28].

Mamo ve Balasubramanian'ın, minimum pıhtılaşıma süresi için sıcaklık, pH ve kalsiyum klorür konsantrasyonu parametrelerini optimize ettikleri çalışmada, peş peşe ekstraksiyonla elde edilen, dört farklı parti kullanılarak bir buzağı şirdeninden iki litre buzağı rennetinin çıkarıldığının gözlemlendiği belirtilmiştir. Pıhtılaştırma gücünün Lambert (1988) yöntemi temel alınarak hesaplandığı ve 1:13148 bulunduğu rapor edilmiştir. Bu da, bir hacim rennetin 13148 hacim süttü pıhtılaştırdığı anlamına gelmektedir. Elde edilen buzağı rennetinin, minimum pıhtılaşıma süresi sağlamayı amaçlayan tasarım uzmanı V-7 kullanılarak optimize edildiği belirtilmiştir. Bu sonuçlara dayanarak optimum sıcaklık 39.13 °C, kalsiyum klorür konsantrasyonu 0.21 g 500ml⁻¹ ve pH 4 koşullarında minimum 91.27 s pıhtılaşıma süresi elde edildiği söylenmiştir [29].

Soltani ve arkadaşları, pıhtılaştırıcı olarak beş *Rhizomucor miehei*'nin proteazı ve deve kimozini kombinasyonu kullanarak İran ultrafiltrasyon (UF) beyaz peyniri üretmiş, üretilen peynirlerin 90 günlük olgunlaşma süresince reolojik ve mikroyapısal özelliklerini araştırmışlardır. Çalışmada UF tekniği ile mikrobiyal (*Rhizomucor miehei*) enzim kullanılarak elde edilen A peyniri, UF tekniği ile hayvansal enzim kullanılarak elde edilen B peyniri, geleneksel yöntem ve mikrobiyal enzim kullanılarak elde edilen C peyniri, geleneksel yöntem ve hayvansal enzim kullanılarak elde edilen D peyniri olmak üzere 4 ayrı yöntem kullanılmış ve süte 65°C'de 15 dakika pastörizasyon işlemi uygulanmıştır. Deve kimozini seviyelerinin artmasının daha düşük proteoliz seviyesine neden olduğu, böylece peynirlerde daha kompakt bir protein ağı ve daha sıkı bir doku ile karşılaştığı belirtilmiştir. Deve kimozini konsantrasyonunun artmasıyla birlikte peynirlerin depolanma süresinin ve kayma modüllerinin arttığını, zarar teğetinin azaldığını rapor etmişlerdir. Analiz edilen peynirlerin elastikliği, deve kimozini ile karşılaştırıldığında muhtemelen R. miehei'nin daha yüksek proteolitik aktivitesi nedeniyle büyük oranda azaldığını belirtmişlerdir. Deve kimozininin daha az proteolitik aktiviteye sahip olmasından dolayı, koagülant olarak artan deve kimozini seviyesinin, peynirlerde daha yoğun protein kümelenmesi ve daha kompakt bir yapıya neden olduğundan bahsetmişlerdir [30].

R. miehei NRRL 2034'den fungal rennin kullanılarak, laboratuvarında ultrafiltrasyon yöntemi ile üretilen beyaz yumuşak peynir, kontrol olarak kullanılan buzağı renneti ile üretilen peynire çok yakın özellikler gösterdiği belirtilmiştir. Fungal rennet ile üretilen peynirin, buzağı renneti ile üretilen kontrol peynirinden daha fazla çözünür azot, toplam uçucu yağ asitleri, tirozin ve triptofan değerleri ortaya çıkardığı rapor edilmiştir [31].

Ayana ve arkadaşlarının çalışmalarında, *M. mucedo* KP736529 enzimi (E-peynir) ve kontrol olarak kullanılan ticari

buzağı renneti (C-peynir) ile domiati peyniri üretmişlerdir. E-peynirin kimyasal özelliklerinin ve veriminin daha iyi olduğu rapor edilmiştir. Fungal enzimin, acı tat kusurlarından yoksun olarak buzağı rennetinden daha yüksek proteolitik aktivite gösterdiği belirtilmiştir. E-peynirin, organoleptik skorlarının da C-peynirinden daha yüksek olduğundan bahsedilmiştir [32].

An ve arkadaşları, pıhtılaştırıcı olarak mikrobiyal rennet ve buzağı renneti kullanarak minyatür cheddar tipi peynir üretmek ve olgunlaşma aşamasında peynirlerin karakteristiklerini karşılaştırmak için bir çalışma yapmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre, *Bacillus amyloliquefaciens*'den elde edilen mikrobiyal rennet ile üretilen pilot tipi cheddar peynirinin, buzağı renneti ile üretilen peynire benzer bir brüt bileşime sahip olduğunu göstermişlerdir. *B. amiloliquefaciens* kaynaklı mikrobiyal rennetin, buzağı rennetinden daha fazla proteolize neden olduğunu ve daha yumuşak peynir yapısına katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir. Ancak, hidrolitik ürünlerin, serbest amino asitlere veya düşük moleküler ağırlıklı peptitlere yeterli derecede hidrolize edilemediğini de belirtmişlerdir. Ek olarak, *B. amiloliquefaciens*'den mikrobiyal rennet ile üretilen peynirde istenmeyen ransit tadın varlığını rapor etmişlerdir. Bu sonuçlar, *B. amiloliquefaciens*'den mikrobiyal rennetin yüksek proteolize neden olduğunu, olgunlaşma zamanı ve hem olgunlaşma zamanı hem de işlem sıcaklığının, yüksek proteolitik oranları telafi etmek için değiştirilebileceğini belirtmişlerdir [33].

Aspergillus niger FFB1'den okratoksin içermeyen, hücre dışı asit proteazı ile sulandırılmış inek sütü kullanılarak üretilen taze peynirin, buzağı renneti kullanılarak üretilmiş peynirlere benzer temel özellikler gösterdiği belirtilmiştir [34]. Özcan ve Vapur'un yaptıkları çalışmada, *Rhizomucor miehei* kaynaklı mikrobiyal rennet ve buzağı renneti kullanarak Türk beyaz salamura peyniri üretmişlerdir. Üretilen peynirlerin, serbest amino asit konsantrasyonu ve fizikokimyasal özellikleri bakımından benzer olduğu sonucuna ulaşmışlardır. 90 günlük olgunlaşma döneminden sonra *Rhizomucor miehei*'den elde edilen mikrobiyal rennet ve buzağı renneti ile üretilen peynir üzerinde yapılan deneysel çalışma, toplam acı tat veren amino asit içeriğinin (Phe, Leu-Ile, Val ve Pro) ve fizikokimyasal özelliklerinin her iki peynir türü için de benzer olduğunu göstermiştir [35].

Garcia ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, keçi peyniri üretimi için teknolojik uygunluğu belirlemek amacıyla, bir mikrobiyal (*Mucor miehei*), iki bitkisel pıhtılaştırıcı (*Cynara cardunculus subsp. flavescons* ve *C. cardunculus subsp. cardunculus*) kullanarak ürettikleri taze keçi peynirinin fizikokimyasal, tekstürel, duysal ve proteolitik parametrelerini, buzağı renneti ile üretilen peynirle karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda, bitkisel pıhtılaştırıcıların, mikrobiyal pıhtılaştırıcıya göre daha az süt pıhtılaşma süresi gösterdiğini belirtmişlerdir. Peynirlerin yağ, yağsız kuru madde ve protein içeriklerinin, pıhtılaştırıcı tipinden etkilenmediğini, ancak en yüksek değerlerin bitkisel pıhtılaştırıcılar ile yapılan peynirlere bağlı olarak kuru maddedeki farklılıklar olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmaya göre bitkisel pıhtılaştırıcı ile yapılan peynirler, buzağı renneti ve mikrobiyal pıhtılaştırıcı ile yapılanlardan daha fazla sertlik, sakızimsılık ve çiğneme özelliği gösterdiği belirtilmiştir. Duysal panel sonuçları, bitkisel pıhtılaştırıcılar ile yapılan peynirlerin, hayvan veya mikrobiyal pıhtılaştırıcı ile yapılan peynirlerden daha koyu görünüme, daha acı tada ve daha az sert yapıya sahip olduğunu gösterdiği rapor edilmiştir. Bu çalışmanın sonucu olarak yazarlar, bitki pıhtılaştırıcılarının hayvan rennetine alternatif olarak kullanılabilmesine rağmen, olgunlaşma süresi ve starterlerin

kullanımı gibi duysal sonuçları iyileştirmek amacıyla yeni teknolojik stratejiler benimsenebileceğini söylemişlerdir [6].

B. subtilis var. natto, *Rhizopus oligosporus* ve ticari rennet tarafından üretilen proteazların süt pıhtılaştırma aktivitesinin karşılaştırılması ile ilgili bir çalışmada, ticari rennet tarafından oluşturulan pıhtının en yüksek viskoziteye, pıhtı gerginliğine ve en kısa pıhtılaştırma zamanına sahip olduğu rapor edilmiştir. Ticari renneti, diğer iki enzim arasında *Rhizopus oligosporus*'den elde edilen proteinaz tarafından üretilen pıhtı izlemektedir. En yüksek süt pıhtılaştırma aktivitesi ticari rennette kaydedilirken en fazla proteolitik aktivite *B. subtilis*'den elde edilen enzimde kaydedilmiştir. Elektron mikroskobu taramasından (SEM) elde ettikleri mikro yapıların gözlemlerinde, ticari rennet tarafından oluşturulan pıhtının 3 boyutlu ağ yapısının, diğerlerinden daha yoğun, daha sıkı ve daha düzgün olduğu belirtilmiştir [36].

Bazı çalışmalarda, kuzu rennet türünün enzimatik özelliklerinin, kuzuların yetiştirilmesinden ve kesim sisteminden etkilendiğini görülmüştür. Piredda ve Addis ile Addis ve arkadaşları, 25-30 günlük genç kuzulardan hazırlanan rennet macununun, sadece sütle beslenen veya otlanmasına izin verilen (karışık süt-çayır diyeti) kuzuların beslenmeden hemen sonra kesimi şartıyla %98-100 kimozin içerdiğini bildirmiştir. Kuzular süt emdikten 2 saat sonra kesildiğinde kimozinin %88'e düştüğü, kuzular kesilmeden 12 saat boyunca aç bırakıldıklarında ise toplam pıhtılaşma aktivitesinin %76'ya düştüğü belirtilmiştir. Aksine, Bustamante ve arkadaşları, 4 haftalık kuzulardan hazırlanan kuzu rennet macununun, kuzu öldürüldüğünde, midenin durumuna bakılmaksızın (boş veya süt dolu), kimozinin, toplam pıhtılaşma aktivitesinin %75-80'ini temsil ettiğini bulmuşlardır [37].

Jaros ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, özellikle 34 °C ile 31 °C arasındaki sıcaklık değişimleriyle ilgili olarak hayvan rennetlerinin (iki ticari hayvan renneti), mikrobiyal pıhtılaştırıcılardan (*R. miehei*'den iki mikrobiyal rennet) daha kararlı olduğu belirtilmiştir. Hayvan renneti ve mikrobiyal pıhtılaştırıcılar kullanıldığında, jel sertliğinde ve jelleşme zamanında farklılıklar görüldüğünden bahsetmişlerdir. Hayvan renneti kullanıldıklarında, merkez nokta şartlarında tg'nin yaklaşık %10 daha fazla olduğu belirtilmiştir. Bu etkinin, jelleşme sıcaklığı düşürülerek telafi edilebildiğini, aynı zamanda benzer jel sertliği elde etmek için az miktarda hayvan rennetinin gerekli olabileceğini de belirtmişlerdir [38].

Gil ve arkadaşları, peynir üreticilerinin kendi kullanımları için hazırladıkları kuzu rennet macunlarının mikrobiyolojik kalitesini incelemek ve model olarak idiazabal peyniri kullanarak, bu pıhtılaştırıcılarla çiğ koyun sütüyle yapılan peynirlerin hijyenik kalitesini değerlendirmek için bir çalışma yapmışlardır. Sonuç olarak yazarlar, hijyenik kalitesinin "şüpheli" olarak görüldüğü belirtilen çiğ süttan üretilmiş peynirler için kuzu rennet macunlarının kullanımı sonucunda, hijyenik kalitede iyi ürünlerin ortaya çıktığını göstermişlerdir. Bu durumun büyük olasılıkla fazla miktarda süte eklenen çok düşük miktarda mikroorganizma sayısından ve peynir olgunlaşması sırasında çoğalmaları için elverişsiz koşullardan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Geleneksel olarak üretilen kuzu rennet macunlarının kullanımının, çiğ süttan üretilmiş sert peynirlere ek bir kontaminasyon riski oluşturmadığını göstermişlerdir [39].

Fresno ve arkadaşları, yaygın olarak kullanılan ve geleneksel olarak üretilen doğal oğlak renneti macununun ve ticari buzağı rennetinin palmero peynirinin dokusuna ve rengine etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak, kullanılan rennet çeşidinin peynir kompozisyonu üzerine daha az, renk ve doku üzerine ise daha fazla etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Doğal oğlak rennet

macunu ile yapılan peynirin, ticari rennet ile yapılan peynire göre daha sert, daha kırılabilir, daha elastik ve daha koyu olduğunu belirtmişlerdir [40].

Madadlou ve arkadaşları, az yağlı İran beyaz peynirindeki rennet konsantrasyonunun iki katına çıkarılmasının, dokunun reolojik özelliklerini ve duyu izlenimini geliştirdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, arttırılmış proteolitik aktivitenin, peynirin erime kabiliyetini arttırdığını gözlemlemişlerdir. Bu enzim karışımının konsantrasyonunun üç katına çıkarılması, jel oluşturma fazı sırasında başlangıç kazein misel kümelenmesindeki değişiklikler nedeniyle ürün sertliğini arttıracığından bahsetmişlerdir [41].

Moatsou ve arkadaşları, geleneksel sıvı rennet kullanımının, beyaz peynirin, fizikokimyasal bileşimi, proteoliz gelişimi, serbest yağ asitleri profili, mikrobiyolojik özellikleri, tekstürel özellikleri ve lezzet puanları üzerine etkisini araştırmışlardır. Peloponnes'in Argos bölgesinde bulunan peynir fabrikalarında kullanılan geleneksel sıvı oğlak ve kuzu rennetlerinin, endüstriyel yöntemle göre beyaz peynir üretimine uyarlanması ile ilgili çalışmada, geleneksel sıvı rennetinin yanında, aynı sütle ticari buzağı renneti de kullanarak beyaz peynir üretmişlerdir. Sonuç olarak, oğlak ve kuzu şirdenlerinden elde edilen geleneksel rennet ve buzağı renneti miktarlarının, eşdeğer toplam süt pıhtılaşma aktivitelere ve benzer kimozi/pepsin oranlarına sahip olduğu belirtilmiştir. Geleneksel rennet kullanımının, olgunlaşma sırasında, fizikokimyasal kompozisyon ve proteoliz üzerinde önemli bir etkisi olmadığını, bu nedenle de rennetin orijininin önemli olmadığı belirtilmiştir. Ayrıca kimozi/pepsin oranının, beyaz peynirin fizikokimyasal ve proteolitik özellikleri için kritik parametre olduğunun görüldüğünü rapor etmişlerdir. Olgun peynirlerin mikrobiyolojik ve tekstürel özelliklerinde önemli farklılıklar olmadığını, geleneksel sıvı rennet ile yapılan olgun peynirlerin, C4:0 ve C10:0 serbest yağ asitleri içeriklerinin, lezzet puanları ile karşılaştırıldığında anlamlı olarak diğer peynirden daha yüksek bulunduğunu göstermişlerdir [42].

Irigonyen ve arkadaşları, kuzu ve buzağı renneti kullanarak roncal peyniri üretmiş ve psikokimyasal, proteolitik ve duyu olarak karşılaştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada, kuzu rennetinin, buzağı rennetine göre, özellikle α_{s1} -kazeine olmak üzere, α_s -kazeine karşı daha büyük bir proteolitik aktivite sergilediğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak, α_s -kazeinin parçalanma ürünü olarak adlandırdıkları α_{s1} -I-kazeininin oluşumu ve ardından bozunmasının, kuzu renneti kullanılarak yapılan peynirde daha hızlı gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, olgunlaşma sonunda buzağı renneti ile yapılan peynirde α_{s1} -I-kazeininin daha fazla miktarlarda bulunduğu belirtilmiştir [43]. Bustamante ve arkadaşları, geleneksel kuzu rennet macunu (kimozi/pepsin oranı; 80:20) ve ticari bir buzağı mayası (kimozi/pepsin oranı; 90:10) kullanarak idiazabal peynirinde proteolitik aktiviteyi incelemişlerdir. α_{s1} -kazeinin hidrolizinin, rennet tipinden önemli ölçüde etkilenmediğini, α_{s1} -I-kazein fraksiyonunun, sığır renneti ile yapılan peynirlerde, kuzu renneti kullanılarak yapılan peynirlerden daha fazla olduğunu gözlemlemişlerdir. Rennetin çeşidi β -kazeinin bozunma derecesini etkilemediğini de belirtmişlerdir [44].

4. Sonuç

Buzağı renneti, peynir yapımında en geniş kullanıma sahip hayvansal pıhtılaştırıcıdır. Bunun dışında diğer geviş getiren veya getirmeyen hayvanların da peynir yapımı için pıhtılaştırıcı kaynağı olarak kullanıldığı veya çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Hayvansal pıhtılaştırıcıların diğer pıhtılaştırıcılara

göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar, sütün yapısına, rennetin kaynağına, kaynağın yaşına ve beslenme diyetine bağlı olarak şirdenin özelliğinin ve dolayısıyla da peynir özelliklerinin değiştiğini göstermektedir. Artan peynir ihtiyacını karşılamak için gelecekte daha farklı hayvansal kaynaklardan ve hayvansal rennete eşdeğer mikrobiyolojik ve bitkisel kaynaklardan peynir üretimleri gerçekleştirmek üzere çalışmalar yapılacağı kesindir.

Kaynakça

- [1] Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H. (2000). Cheese: Historical Aspects. In Colilla J. (Ed.), *Fundamentals of Cheese Science* (pp. 1-9). Aspen Publishers Inc, 2000.
- [2] Özer, B., Hayaloğlu, A.A. (2011). Giriş. In Hayaloğlu A.A., Özer B. (Eds.), *Peynir Biliminin Temelleri* (pp. 1-9), Sidaş.
- [3] Hayaloğlu, A.A., Guven, M., Fox, P.F. (2002). Microbiological, biochemical and technological properties of Turkish White cheese "Beyaz Peynir". *International Dairy Journal*, 12, 635-648.
- [4] Türkiye İstatistik Kurumu, (2021). Süt ve Süt Ürünleri Üretimi. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sut-ve-Sut-Urunleri-Uretimi-Aralik-2021-45747>
- [5] Çakmakçı, S., Cantürk, A., Çakır, Y. (2017). Peynir Üretimi İçin Sütü Pıhtılaştırıcı Enzimlere Genel Bir Bakış ve Güncel Gelişmeler. *Akademik Gıda*, 15(4), 396-408.
- [6] Garcia V., Rovira S., Teruel R., Boutoia K., Rodríguez J., Roa I., López M. B. (2012). Effect of vegetable coagulant, microbial coagulant and calf rennet on physicochemical, proteolysis, sensory and texture profiles of fresh goats cheese. *Dairy Science & Technology*, 92, 691-707.
- [7] Cavalcanti, M.T.H., Teixeira, M.F.S., Lima, J.L., Porto, A.L.F. (2004). Partial purification of new milk-clotting enzyme produced by *Nocardia* sp. *Bioresource Technology*, 93, 29-35.
- [8] Moschopoulou E. (2011). Characteristics of rennet and other enzymes from small ruminants used in cheese production. *Small Ruminant Research*, 101, 188-195.
- [9] Bansal, N., Drake, M.A., Piraino, P., Broe, M.L., Harboe, M., Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. (2009). Suitability of recombinant camel (*Camelus dromedarius*) chymosin as a coagulant for Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, 19(9), 510-517.
- [10] Yetişemiyen, A. (2007). Süt Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Basımevi,
- [11] Üçüncü, M. (2004). A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.
- [12] Liu X., Wu Y., Guan R., Jia G., Ma Y., Zhang Y. (2021). Advances in research on calf rennet substitutes and their effects on cheese quality. *Food Research International*, 149.
- [13] Jacob M., Jaros D., Rohm H. (2011). Recent advances in milk clotting enzymes. *International Journal of Dairy Technology*, 64, 14-33.
- [14] Kurt, A. (1987). Edirne Tipi (Salamura) Beyaz Peynir İşleme Tekniği. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı.
- [15] Guinee T.P., Wilkinson M.G. (1992). Rennet coagulation and coagulants in cheese manufacture. *Journal of the Society of Dairy Technology*. 45, 94-104.
- [16] Kumar A., Sharma J., Mohanty A.K., Grover S., Batish V.K. (2006). Purification and characterization of milk clotting enzyme from goat (*Capra hircus*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 145, 108-113.

- [17]Meghwal M., Anusha R., Bindhu O.S. (2017) Plant-based Coagulants in Cheese Making: Review. In Meghwal M., Goyal M.R., Chavan R.S. (Eds), *Dairy Engineering, Advanced Technologies and Their Applications*, Apple Academic Press Inc.
- [18]Mohanty, A.K., Mukhopadhyay, U.K., Grover, S., Batish, V.K. (1999). Bovine chymosin: production by rDNA technology and application in cheese manufacture. *Biotechnology Advances*, 7(2-3), 205-217.
- [19]Dervişoğlu M., Aydemir O., Yazıcı F. (2007). Peynir Yapımında Kullanılan Pıhtılaştırıcı Enzimler ve Kazein Fraksiyonları Üzerine Etkileri. *Gıda*, 32 (5), 241-249.
- [20]Metin, M. (1998). Süt Teknolojisi: Sütün Bileşimi ve İşlenmesi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları.
- [21]Rawlings D. N., Salvasen G. (Eds.), *Chymosin. Handbook of Proteolytic Enzymes*, Academic Press.
- [22]Woo, A.H., Kollodge, S., Lindsay, R.C. (1984) Quantification of major free fatty acids in several cheese varieties. *Journal of Dairy Science*. 67, 874–878.
- [23]Collins, Y.F., McSweeney, P.L.H., Wilkinson, M.G (2003). Lipolysis and free fatty acids catabolism in cheese: a review of current knowledge. *International Dairy Journal*, 13, 841–866.
- [24]Bustamante, M.A., Chavarri, F., Santisteban, A., Ceballos, G., Hernandez, I., Miguelez, M.J., Aramburu, I., Barron, L.J.R., Virto, M., De Renobales, M. (2000). Coagulating and lipolytic activities of artisanal lamb rennet paste. *Journal of Dairy Research*, 67, 393–402.
- [25]Addis M., Piredda G., Pes M., Di Salvo R., Scintu M.F., Pirisi A. (2005). Effect of the use of three different lamb paste rennets on lipolysis of the PDO Pecorino Romano Cheese. *International Dairy Journal*, 15, 563–569.
- [26]Al-zoreky N.S., Almathen F.S. (2021). Using recombinant camel chymosin to make white soft cheese from camel milk. *Food Chemistry*, 337.
- [27]Manuelian C. L., Boselli C., Vigolo V., Giangolini G., De Marchi M. (2020). Effects of animal versus vegetal rennet on milk coagulation traits in Mediterranean buffalo bulk milk. *Journal of Dairy Science*, 103, 4958–4964.
- [28]Murgia M.A., Marcone M., Deiana P., Mangia N.P. (2019). Preliminary microbiological and chemical characterisation of edible goat's rennet, a unique product of Sardinian food tradition. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 1327-1334.
- [29]Mamo A., Balasubramanian N. (2018). Calf rennet production and its performance optimization. *Journal of Applied and Natural Science*, 10(1), 247 – 252.
- [30]Soltani, M., Boran, O.S., Hayaloğlu, A.A. (2016). Effect of various blends of camel chymosin and microbial rennet (*Rhizomucor miehei*) on microstructure and rheological properties of Iranian UF white cheese. *Food Science and Technology*, 68, 724-728.
- [31]Abbas H.M., Foda M.S., Kassem J.M., Bayomi H.M., Moharam M.E. (2013). Production of White Soft Cheese Using Fungal Coagulant Produced by Solid State Fermentation Technique. *World Applied Sciences Journal*, 25 (6), 939-944.
- [32]Ayana I. A. A. A., Ibrahim A. E., Saber W. I. A. (2015). Statistical optimization of milk clotting enzyme biosynthesis by *Mucor mucedo* KP736529 and its further application in cheese production. *International Journal of Dairy Science*, 10 (2), 61–76.
- [33]An, Z., He, X., Gao, W., Zhao, W., Zhang, W. (2014). Characteristics of Miniature Cheddar Type Cheese Made by Microbial Rennet from *Bacillus amyloliquefaciens*: A Comparison with Commercial Calf Rennet. *Journal of Food Science*, 79(2), 224-221.
- [34]F. Fazouane-Naimi, A. Mechakra, R. Abdellaoui Nouani A., Daga S.M., Alzouma A.M., Gais S., Penninckx M.J. (2010). Characterization and cheese-making properties of rennet like enzyme produced by a local algerian isolate of *Aspergillus niger*. *Food Biotechnology*, 24(3), 258–269.
- [35]Özcan T., Vapur U. E. (2013). Effect of different rennet type on physico-chemical properties and bitterness in white cheese. *International Journal of Environmental Science and Development*, 4(1), 71–75.
- [36]Chen M. T., Lu Y. Y., Weng T. M. (2010). Comparison of milkclotting activity of proteinase produced by *Bacillus subtilis* var. natto and *Rhizopus oligosporus* with commercial rennet. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(10), 1369–1379.
- [37]Addis M., Piredda G., Pirisi A. (2008). The use of lamb rennet paste in traditional sheep milk cheese production. *Small Ruminant Research* 79, 2–10.
- [38]Jaros D., Seitler K., Rohm H. (2008). Enzymatic coagulation of milk: animal rennets and microbial coagulants differ in their gelation behaviour as affected by pH and temperature. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, pp. 1721–1727.
- [39]Gil P. F., Conde S., Albisu M., Pe´rez-Elortondo F.J., Etayo I.A., Virto M., Renobales M.D. (2007). Hygienic quality of ewes' milk cheeses manufactured with artisan-produced lamb rennet pastes. *Journal of Dairy Research*, 74, 329–335.
- [40]Fresno M. R., Álvarez S, Rodríguez V., Castro N., Argüello A. (2006). Evaluation of the Effect of Rennet Type on the Texture and Colour of Goats Cheese. *Journal of Applied Animal Research*, 30, 157-160.
- [41]Madadlou A., Khosroshahi A., Mousavi M. E. (2005). Rheology, Microstructure, and Functionality of Low-Fat Iranian White Cheese Made with Different Concentrations of Rennet. *Journal of Dairy Science*, 88, 3052–3062.
- [42]Moatsou G., Moschopoulou E., Georgala Aik., Zoidou E., Kandarakis I., Kaminarides S., Anifantakis E. (2004). Effect of artisanal liquid rennet from kids and lambs abomasa on the characteristics of Feta cheese. *Food Chemistry*, 88, 517–52.
- [43]Irigoyen A., Izco J.M., Ibanez F.C., Torre P. (2002). Influence of calf or lamb rennet on the physicochemical, proteolytic, and sensory characteristics of an ewe's-milk cheese. *International Dairy Journal*, 12, 27–34.
- [44]Bustamante M.A., Virto M., Aramburu M., Barron L. J. R., Perez-Elortondo F. J., Albisu M., Renobales M. (2003). Lamb rennet paste in ovine cheese (*Idiazabal*) manufacture. Proteolysis and relationship between analytical and sensory parameters, *International Dairy Journal*, 13, 547-557.



Comparing Bearing Capacity Factor N_γ of Finite Element Method with Analytical Methods for Sandy Soils

Emrah Dağlı^{1*}

^{1*} Zonguldak Bulent Ecevit University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Zonguldak, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5744-8151), emrahdagli@beun.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1102440)

ATIF/REFERENCE: Dağlı, E. (2022). Comparing Bearing Capacity Factor N_γ of Finite Element Method with Analytical Methods for Sandy Soils. *European Journal of Science and Technology*, (36), 67-72.

Abstract

Shallow strip footings are essential to carry loads from structures. Load bearing capacity factors can be calculated both by the field tests (plate load test) and numerically. Bearing capacity factors are the main parameters that affect the bearing capacity of any foundations. N_γ , one of these factors, have significant impact. Increase in internal frictional angle (ϕ), causes enhance the N_γ value. However, after ϕ value reaches 30° , dramatic increase is observed. This make the bearing capacity values complicated. In this study, strip foundation on surface resting on sandy soils were designed with a Geostudio 2012 software. Various foundation width (1, 1.25, 1.5, 1.75 and 2 m) and internal friction angle (29° , 31° , 33° , 35° , 37° , 39° , and 41°) was selected. Bearing capacity values were calculated with both numerical (software) and analytical methods. After, N_γ values of analytical methods were compared to results obtained from software. Results indicate that, Biarez 1961 has the average N_γ values while Terzaghi (1943) and Michalowski (1997) have the maximum. N_γ value obtained from numerical analysis (finite element method) increased with an increase in foundation width also. Values from finite element method is average of other analytical methods when $B = 1.25$ m, while N_γ values of numerical methods are the biggest when $B = 2$ m.

Keywords: Bearing capacity, Numerical analysis, Internal friction angle, N_γ value, Shallow strip footing

Kumlu Zeminler için Sonlu Elemanlar Yöntemi ve Analitik Yöntemlerle Bulunan Taşıma Gücü Faktörü N_γ Karşılaştırılması

Öz

Sığ şerit temeller, yapıdan gelen yükleri taşımak için önemlidir. Yük taşıma kapasitesi hem arazi testleri (plaka yük testi) ile hem de sayısal olarak hesaplanabilir. Taşıma kapasitesi (gücü) faktörleri, herhangi bir temelin taşıma gücünü etkileyen ana parametrelerdir. Bu faktörlerden biri olan N_γ önemli bir etkiye sahiptir. İçsel sürtünme açısındaki (ϕ) artış, N_γ değerinin artmasına neden olur. Ancak ϕ değeri 30° 'ye ulaştıktan sonra dramatik bir artış gözlenmektedir. Bu, taşıma kapasitesi değerlerini karmaşık hale getirir. Bu çalışmada, Geostudio 2012 yazılımı ile kumlu zeminler üzerine oturan yüzeyde (derinliksiz) şerit temel tasarlanmıştır. Çeşitli temel genişliği (1 m, 1.25 m, 1.5 m, 1.75 m ve 2 m) ve içsel sürtünme açısı (29° , 31° , 33° , 35° , 37° , 39° ve 41°) seçilmiştir. Taşıma kapasitesi değerleri hem sayısal (yazılım) hem de analitik yöntemlerle hesaplanmıştır. Daha sonra, analitik yöntemlerin N_γ değerleri yazılımdan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, Biarez 1961'in ortalama N_γ değerlerine sahip olduğunu, Terzaghi (1943) ve Michalowski (1997)'nin ise maksimum değerlere sahip olduğunu göstermektedir. Sayısal analizden (sonlu elemanlar yöntemi) elde edilen N_γ değeri de temel genişliğinin artmasıyla artmıştır. Sonlu elemanlar yönteminden elde edilen değerler, $B = 1.25$ m olduğunda diğer analitik yöntemlerin ortalaması olmuştur. Ancak sayısal yöntemlerden elde edilen N_γ değerleri $B = 2$ m olduğunda en büyüktür.

Anahtar Kelimeler: Taşıma kapasitesi, Sayısal analiz, İçsel sürtünme açısı, N_γ değeri, Sığ şerit temel

* Corresponding Author: emrahdagli@beun.edu.tr

1. Introduction

Foundations are designed to carry the structural loads. These are the combination of dead, live and other loads (wind, earthquake, etc.). Shallow or deep foundations are requested to have sufficient bearing capacity for loads acting on them.

Bearing capacity values mainly depend on the bearing capacity factors of N_c , N_q and N_γ which are the functions of internal friction angle (ϕ). N_c , and N_q values give similar results for the weightless soil [1]. However, N_γ gave different values when compared to all equations created by the researches.

Numerous researchers [2-17] focused on the bearing capacity factor N_γ . [10] and [17] used upper bound limit analysis were used to evaluate the bearing capacity factor N_γ . [11] also used numerical analysis and found the relationship between ϕ - N_γ . [14], researched the effect of dilatation angle to evaluate the N_γ for rough strip ring footing. [15], proposed failure mechanism to centrally loaded strip footings. [16], used method of characteristics to find out bearing capacity factor of soils containing both cohesion and friction angle.

Equations created by some researchers are presented in Table 1. In this table, when compared to N_γ relationship of [6] and [7]. It is clearly seen that there is a significant difference.

Table 1. N_γ equations [18]

Researchers	Relationship
Terzaghi (1943)	$N_\gamma = 0.5 \tan\phi (K_{py} \tan\phi - 1)$
Biarez (1961)	$N_\gamma = 1.8(N_q - 1)\tan\phi$
Meyerhof (1963)	$N_\gamma = (N_q - 1)\tan 1.4\phi$
Booker (1969)	$N_\gamma = 0.1045e^{9.6\phi}$
Hansen (1970)	$N_\gamma = 1.5(N_q - 1)\tan\phi$
Vesic (1973)	$N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan\phi$
Michalowski (1997)	$N_\gamma = e^{(0.66+5.1\tan\phi)}\tan\phi$
Hjjaj et al. (2005)	$N_\gamma = e^{(1/6(\pi+3\pi 2\tan\phi) (\tan\phi)^{2\pi/5})}$
Martin (2005)	$N_\gamma = (N_q - 1)\tan 1.32\phi$

In this study, shallow strip surface footing resting on sand soils were modelled with Geostudio 2012 software by changing internal friction angle ($29^\circ, 31^\circ, 33^\circ, 35^\circ, 37^\circ, 39^\circ$ and 41°) were and foundation width (1, 1.25, 1.5, 1.75 and 2 m). Since there is no depth, no load inclination factor and no cohesion, bearing capacity equations are simplified to $0.5\gamma BN_\gamma$. In this manner, from displacement load curve from software, $0.5\gamma BN_\gamma$ value is calculated. Therefore, N_γ value is obtained and compared to analytical methods.

2. Material and Method

2.1. Bearing Capacity Theories

There are numerous bearing capacity theories. Most widely used are [2,4,7].

2.1.1. Terzaghi Bearing Capacity Theory

[2] bearing capacity is the main theory of all those theories mentioned. According to this theory ultimate bearing capacity of shallow strip footing (q_u) can be calculated with the following equation

$$q_u = cN_c + qN_q + 0.5\gamma BN_\gamma \tag{1}$$

$N_c, N_q,$ and N_γ : bearing capacity factors

- B : foundation width
- c : cohesion
- γ : unit weight of soil
- q : surcharge load (γD_f)

2.1.2. Meyerhof Bearing Capacity Theory

[4] modifies the bearing capacity equation of [2] by adding shape, depth and inclination factors and equation 2 is obtained.

$$q_u = cN_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + 0.5\gamma BN_\gamma F_{\gamma s}F_{\gamma d}F_{\gamma i} \tag{2}$$

2.1.3. Vesic Bearing Capacity Theory

[7] used the same capacity equation of [2] except by changing load inclination factors with compressibility factor.

$$q_u = cN_cF_{cs}F_{cd}F_{cc} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qc} + 0.5\gamma BN_\gamma F_{\gamma s}F_{\gamma d}F_{\gamma c} \tag{3}$$

In this study, since the cohesion (c) value is equal to zero and foundation rest on the surface ($q = 0$), first two terms of equation 1 is neglected. Furthermore, strip footing were used ($B/L = 0$), foundation depth ($D_f = 0$) and no inclination load conditions make all shape (F_{cs}, F_{qs} and $F_{\gamma s}$), depth (F_{cd}, F_{qd} and $F_{\gamma d}$), compressibility (F_{cc}, F_{qc} and $F_{\gamma c}$) and load inclination factors (F_{ci}, F_{qi} , and $F_{\gamma i}$), are equal to 1 for the equation 2. Therefore, there is only third term ($0.5\gamma BN_\gamma$) for all theories [2, 4, 7] remaining for the bearing capacity value.

2.2. Finite Element Method

In Finite element models were created with [19] program as shown in Figure 1. Problem boundaries depend on the width of the foundation. Boundaries are selected as $5B \times 5B$ for vertical and horizontal sides. Half of the model were used since the symmetry condition exists. 8-noded quadrilateral mesh elements were used. Mesh densifications were applied areas close to foundation. Displacements were restricted both horizontally and vertically for the right and bottom side of the model while they were restricted only horizontally for the left side of the model Displacement velocity were used as 0.0025 mm per step.

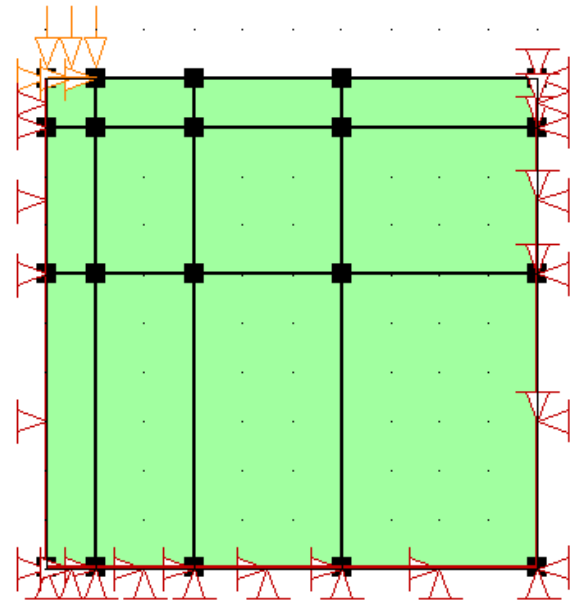


Fig. 1 Finite element model of the problem

Load-displacement of curve for the sample example ($B=1m$ and $\phi = 29^\circ$) obtained from the finite element analysis is shown in Figure 2. This load values are transformed to stress values to evaluate the bearing capacity value for the numerical method.

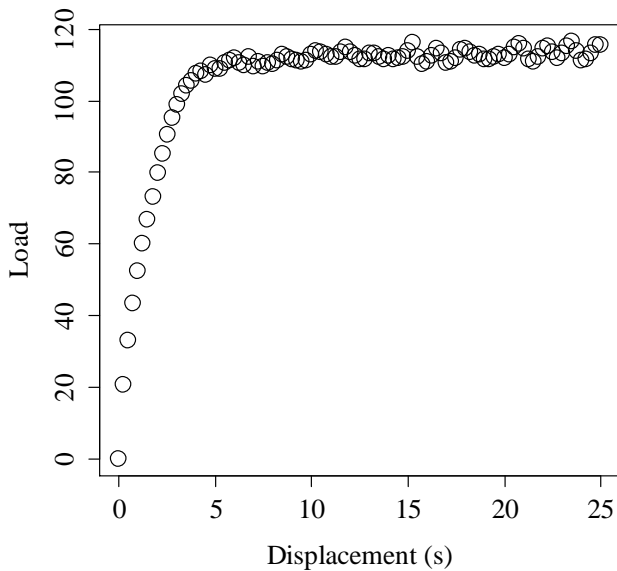


Fig.2 Load-displacement curve for $B = 1\text{m}$ and $\phi = 29^\circ$

Shallow strip footing resting on cohesionless sandy soils are used. Geostudio 2012 program [19] were used for this purpose. Mohr-Coulomb material model was used. Modulus of elasticity (E), Poisson's ratio (ν), unit weight of soil (γ), internal friction angle (ϕ) and dilatation angle (ψ) used in the analyses are given in Table 2.

Table 2. Material parameters for the study (cohesion = 0)

γ kN/m ³	ϕ °	ψ °	B (m)	E (kPa)	ν
16	29	0	1, 1.25, 1.5, 1.75, 2	15000	0.20
16.25	31	1	1, 1.25, 1.5, 1.75, 2	20000	0.24
16.5	33	3	1, 1.25, 1.5, 1.75, 2	25000	0.28
16.75	35	5	1, 1.25, 1.5, 1.75, 2	30000	0.32
17	37	7	1, 1.25, 1.5, 1.75, 2	35000	0.36
17.25	39	9	1, 1.25, 1.5, 1.75, 2	40000	0.40
17.5	41	11	1, 1.25, 1.5, 1.75, 2	45000	0.44

2.3. De Beer Method

Load-displacement curve from Fig 2 is transformed to stress-displacement curve as seen in Fig 3 which describes the [20] method. According to this method, linear portion of the elastic region (2) and linear portion (1) of the plastic regions are extended and intercepted as seen in Fig 3. The y-coordinate of this point is defined as the bearing capacity.

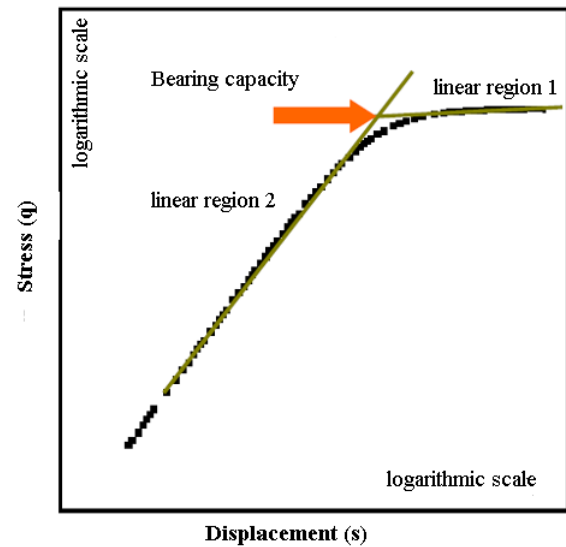


Fig. 3 De Beer method for bearing capacity [21]

3. Results and Discussion

3.1. Results

After applying finite element modelling, displacement arrows are developed as shown in Fig 4.

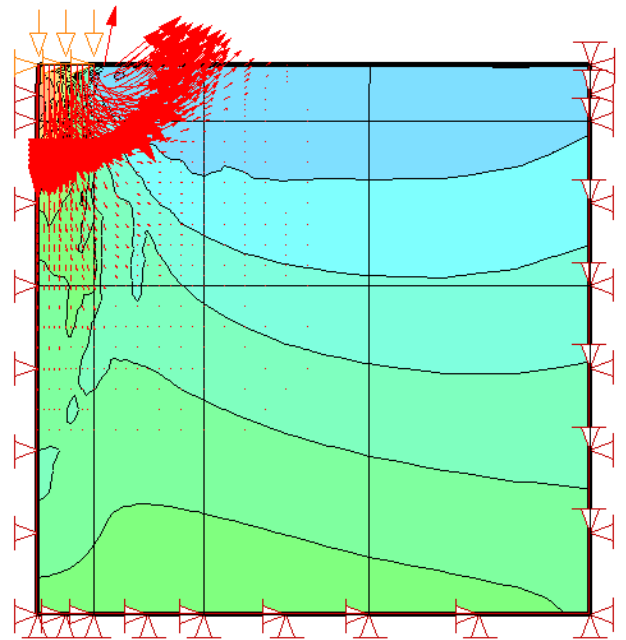


Fig. 4 Displacement arrows developed after analysis

After applying finite element modelling, displacement arrows in Fig 4, indicates the movement of displacement. Arrows move from left to right since just half of the problem is modelled. Arrows are developed as shown in Fig 4.

Internal friction angle (ϕ) and bearing capacity factor (N_γ) relationships for $B = 1, 1.25, 1.5, 1.75$ and 2 are shown in Fig 5, 6, 7, 8 and 9 respectively. Values of bearing capacity factor (N_γ) increase exponentially with an increase in internal friction angle (ϕ). N_γ values of program were obtained by calculating the " $q_u/0.5\gamma B$ ".

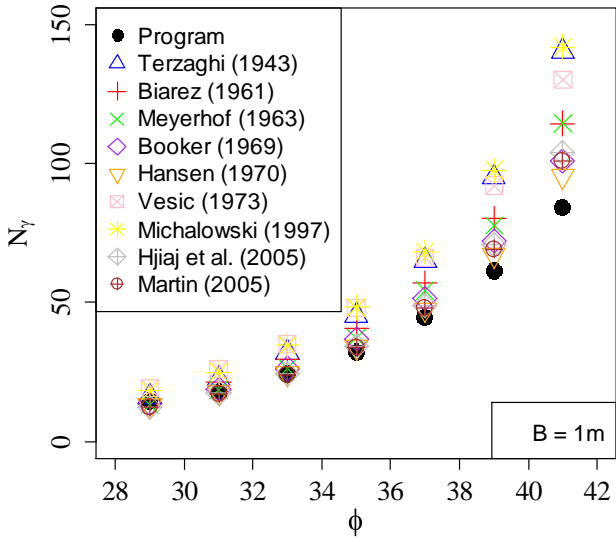


Fig. 5 ϕ - N_y relationship for B = 1 m

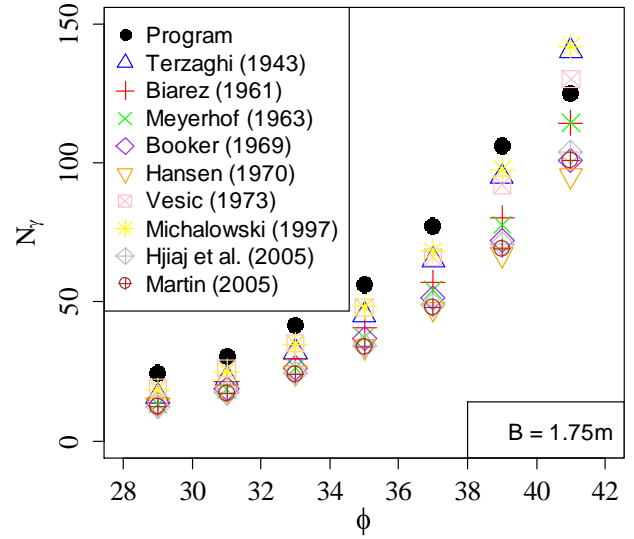


Fig. 8 ϕ - N_y relationship for B = 1.75 m

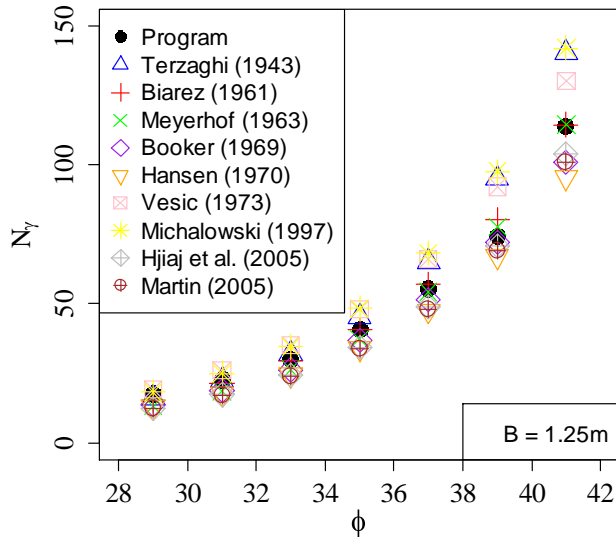


Fig. 6 ϕ - N_y relationship for B = 1.25 m

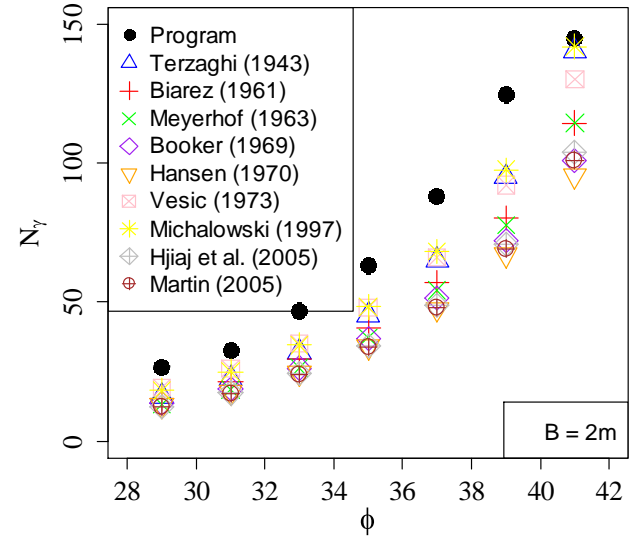


Fig. 9 ϕ - N_y relationship for B = 2 m

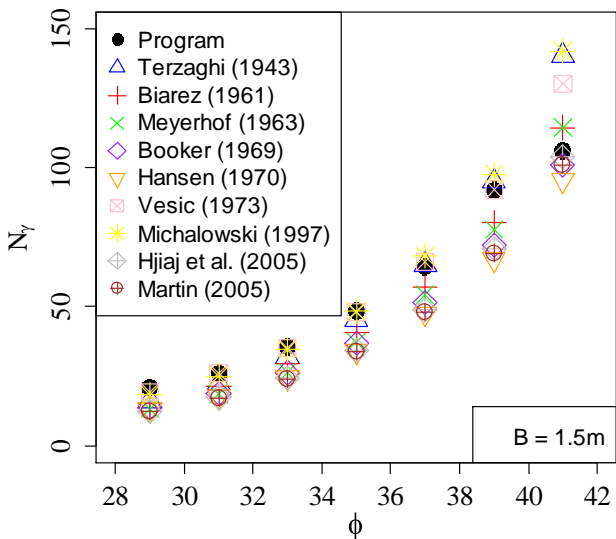


Fig. 7 ϕ - N_y relationship for B = 1.5 m

According to Fig 5, N_y values obtained from program seem to be the minimum compared to other theories. Maximum values were obtained from [2] and [8]. In the Fig 6, N_y values of Geostudio program began to be somewhere in the middle of other theories for this foundation width (1.25 m). Minimum values of N_y are obtained from [6] and [12]. In the Fig 7 and 8, N_y values keep increasing trend line compared to other values. Maximum values of N_y are the one obtained from the program as shown in Fig 9. [3] seems to be the average value for all foundation width.

3.2. Discussion

Bearing capacity factor (N_y) for several researchers found different values since there are various equations created by them as seen in Table 1. Movement of displacement arrows are similar with the other studies [10,11,14,17,22]. N_y values of [3] seems to be average of all analytical methods [2,4-8,11,12] and program for Fig 5, 6, 7, 8 and 9. N_y values of finite element model enhances with an increase in foundation width also.

Fig 10. consist of the all results obtained from researchers and finite element model. Total of 98 values (7 different ϕ value * 9 researchers + 7 different ϕ x 5different foundation width). As a result, after drawing trend line for these points following equation is obtained.

$$N_{\gamma} = 0.688\phi^2 - 40.376\phi + 608.7 \quad (3)$$

It should be noted that this equation is valid only for the rough strip footings having no depth, inclination or shape factors and internal friction angle between 29° and 41°.

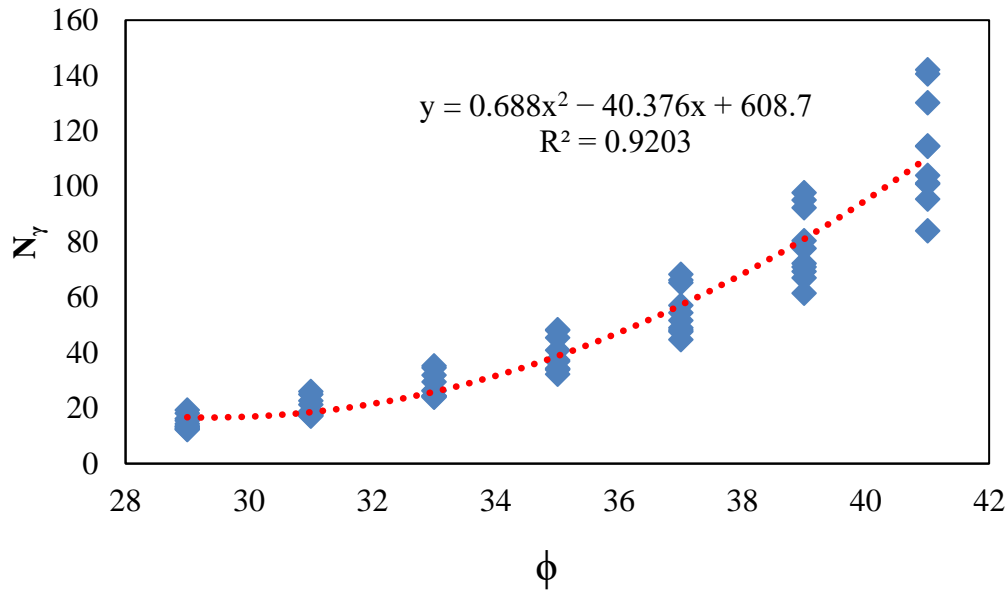


Fig. 10 ϕ - N_{γ} relationship for all foundation widths and methods together

4. Conclusions and Recommendations

Analytical methods and numerical method were used to evaluate N_{γ} value. Different foundation widths and friction angle values were chosen for this analysis. Following results are obtained.

- 1) [2] and [8] have maximum values of N_{γ} for all foundation widths except $B = 2m$.
- 2) N_{γ} values of software enhances with an increase in foundation width.
- 3) Differences of N_{γ} values for the whole methods increase sharply for higher internal friction angles.
- 4) Displacement arrows for the analyses are consistent with the bearing capacity theory.
- 5) Equation obtained from these analyses can be used for the soils having internal friction angle satisfies the $29^{\circ} \leq \phi \leq 41^{\circ}$.

References

- [1] Frydman, S., & Burd, H. J. (1997). Numerical studies of bearing capacity factor. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 123(1), 20–29.
- [2] Terzaghi, K. V. (1943). *Theoretical soil mechanics*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- [3] Biarez, J., Burel, M., & Wack, B. (1961). Contribution a l'etude de la Force Portante des Fondations. *Fifth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Paris. 1, 603–609.
- [4] Meyerhof, G. G. (1963). Some recent research on the bearing capacity of foundations. *Canadian Geotechnical Journal*, 1(1), 16–26.
- [5] Booker, J. R. (1969). *Application of theories of plasticity for cohesive frictional soils*. Ph.D. Thesis, University of Sydney, Australia
- [6] Hansen, J. B. (1970). *A revised and extended formula for bearing capacity*. Bulletin 28. Danish Geotechnical Institute. Copenhagen.
- [7] Vesic, A. S. (1973). Analysis of ultimate loads of shallow foundations. *Journal of Soil Mechanics Foundation Engineering*, 99(1), 45-76.
- [8] Michalowski, R. L. (1997). An estimate of the influence of the soil weight on bearing capacity using limit analysis. *Soils and Foundations*, 37(4), 57–64.
- [9] Kumar, J. (2003). N_{γ} for rough strip footing using the method of characteristics. *Canadian Geotechnical Journal*, 40,669-674.
- [10] Ukritchon, B., Whittle, A. J., & Klangvijit C. (2003). Calculations of bearing capacity factor N_{γ} using numerical limit analysis. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 129 (6), 68-74.
- [11] Hjiat, M., Liyamin, A. V., & Sloan, S. W. (2005). Numerical limit analysis solutions for the bearing capacity factor N_{γ} . *International Journal of Solids and Structures*, 42, 1681-1704.
- [12] Martin, C. M. (2005). Exact bearing capacity calculations using the method of characteristics. *Proceedings Eleventh International Conference of the International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanic*, Turin, 4, 441-450.
- [13] Jahanandish, M., Veiskarami, M., & Ghahramani, A.(2010). Effect of stress level on the bearing capacity factor, N_{γ} , by the ZEL method. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 40(5), 709-723.
- [14] Benmebarek, S., Remadna, M. S., Benmebarek, N., & Belouar, L. (2012). Numerical evaluation of the bearing

- capacity factor N_γ of ring footings. *Computers and Geotechnics*, 44, 132-138.
- [15] Mrunal, P., Mandal, J. N., & Devaikaar, D. M. (2014). Computation of bearing capacity factor N_γ . *International Journal of Geotechnical Engineering*, 8(4), 372-382.
- [16] Han, D., Xie, X., & Huang, L. (2016). The bearing capacity factor N_γ of strip footings on $c-\phi-\gamma$ soil using the method of characteristics. *SpringerPlus*, 5, 1-17.
- [17] Soufi, G. R., Chenari, R. J., & Fard, M. K. (2019). Influence of random heterogeneity of the friction angle on the bearing capacity factor N_γ . *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, 14(1), 69-89.
- [18] Das B., & Sivakugan, N. (2019). *Principles of Foundation Engineering* 9E SI ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Boston, USA: Cengage.
- [19] Geostudio (2012), Sigma/W 2012 Module, Geo-Slope International, Canada.
- [20] De Beer, E. E. (1970). Experimental determination on the shape factors and the bearing capacity of sand. *Geotechnics*, 2(4), 387-411. De Beer, E. E. (1970). Experimental determination on the shape factors and the bearing capacity of sand. *Geotechnics*, 2(4), 387-411.
- [21] Elhakim A. F. (2005). *Evaluation of shallow foundation displacements using small-strain stiffness*. Ph.D. Thesis, Georgia Institute of Technology, USA.
- [22] Dağlı, E., & Çapar, Ö. F. (2021). Evaluation of the bearing capacity of shallow strip foundations resting on sandy soils with analytical and numerical methods. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17(1), 91-100.



Garbage Classification Using Pre-Trained Models

Selim Sürücü^{1*}, İrem Nur Ecemiş²

^{1*} Çankırı Karatekin University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Çankırı, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8754-3846), selimsurucu@karatekin.edu.tr

² Çankırı Karatekin University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Çankırı Turkey, (ORCID: 0000-0001-9535-2209), iremnurecemis@karatekin.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1103628)

ATIF/REFERENCE: Surucu, S., Ecemiş, İ. N. (2022). Garbage Classification Using Pre-Trained Models. *European Journal of Science and Technology*, (36), 73-77.

Abstract

With the increase of urbanization, the garbage accumulated in the cities has become a big problem. While all of the accumulated garbage is classified as unnecessary, today, with the development of recycling technologies, most of the materials in the garbage are considered recyclable. Recycling recyclable materials in our daily lives is essential both for material development and for creating the life cycle of existence in the world in ecological terms. Different studies are carried out in almost every country to separate recyclable materials from the garbage. Being able to detect recyclable materials automatically with artificial intelligence will benefit from cost, human resources and time. This decomposition issue appears as a new field of study in the literature. This study aims to classify garbage by automatically using the transfer learning method. By using different transfer learning methods, it was seen that the Resnet50-V2 model showed a high success rate of 97.07% in the results.

Keywords: Garbage Classification, Pre-Trained Models, Image Classification

Önceden Eğitilmiş Modeller Kullanılarak Çöp Sınıflandırması

Öz

Şehirleşmenin artmasıyla birlikte şehirlerde biriken çöpler büyük bir sorun haline geldi. Birikmiş çöplerin tamamı gereksiz olarak sınıflandırılırken, günümüzde geri dönüşüm teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte çöpün içindeki malzemelerin çoğu geri dönüştürülebilir olarak kabul edilmektedir. Geri dönüştürülebilir malzemelerin günlük hayatımızda geri dönüşümü hem malzeme gelişimi için hem de ekolojik anlamda dünyadaki varoluşun yaşam döngüsünü oluşturmak için elzemdir. Geri dönüştürülebilir malzemeleri çöpten ayırmak için hemen her ülkede farklı çalışmalar yapılmaktadır. Geri dönüştürülebilir malzemeleri yapay zeka ile otomatik olarak tespit edebilmek, maliyet, insan kaynağı ve zamandan fayda sağlayacaktır. Bu ayrıştırma konusu literatürde yeni bir çalışma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışma, transfer öğrenme yöntemini kullanarak çöpleri otomatik olarak sınıflandırmayı amaçlamaktadır. Farklı transfer öğrenme yöntemleri kullanılan bu çalışmada, Resnet50-V2 modelinin sonuçlarda %97,07 gibi yüksek bir başarı oranı gösterdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çöp Sınıflandırma, Pre-Trained Models, Görüntü Sınıflandırma

* Corresponding Author: selimsurucu@karatekin.edu.tr

1. Introduction

Many waste materials emerge as the residue of the products used in our daily lives. Some of the waste materials create toxic effects over the years and reach the human body differently and become harmful to human health. In order to reduce the harm of these products to health as much as possible, harm-reducing actions should be taken by gathering them together again. On the other hand, some waste materials can be reused in human life thanks to the different structures they contain. In the beginning, the products that could be offered for reuse were paper, glass, plastic, and metal. These and similar products should be separated from organic or non-recyclable waste.

In recent years, when urbanization and the use of cheap materials have increased, the recycling of waste products has been of great importance to reduce ecological damage. Therefore, many studies are carried out on computers to increase recycling. The first of these is the Automatic Garbage Classification System made by Rao et al [1]. In the system created here, ResNet-50 was chosen as the main algorithm, and changes were made to this algorithm to obtain better results by performing operations on this algorithm. Furthermore, an improved algorithm based on ResNet-50 is proposed. In this way, a neural network whose further improved activation function part gave higher results. As a result of the studies, almost 95% accuracy results were obtained with six types of garbage.

In another study [2], the VGG16 model defined and classified garbage. The OpenCV library was used to find and then select objects on the dataset in the study. Here, preprocessing was applied to 224x224 RGB images. Then, the operations continued by using different functions and adding layers to the network. As a result, a deep learning-based VGG16 convolutional neural network model is proposed. At the end of the study, the garbage was divided into four different groups hazardous garbage, kitchen waste, recyclable garbage, and others. As a result of the tests, it was seen that the accuracy rate of the system created was 75.6%, and it is thought that this result meets the daily needs for household garbage.

In another study [3], the MobileNet convolutional neural network model classified general garbage into six categories: metal, cardboard, glass, paper, plastic, and other garbage. With the model, the test accuracy rate was 87.2% with 500 training steps on a dataset with 2527 garbage images. Optimization and quantification were carried out in the model Android application development part. Confidence in the optimized model was higher than in the quantized model. The model was installed on the Samsung Galaxy S6 Edge+ mobile phone, and it was seen that high success was achieved in the test definitions made afterward.

2. Material and Method

2.1. Dataset

The dataset used for the study was taken from the Kaggle website [4], which is open-sourced to users. There are a total of 6 different classes in the dataset, which is publicly shared with the name "Garbage Classification". These classes are cardboard, glass, metal, paper, plastic, and garbage. There are 2527 different images in the dataset, 403 in the cardboard class, 501 in the glass class, 410 in the metal class, 594 in the paper class, 482 in the plastic class and 137 in the garbage class. It was an important point to use a clean dataset so that the garbage can be trained for

pre-trained models in the work to be done, and this dataset was used to show the characteristics of each class and was deemed appropriate for our study. Dataset example is shown in Figure 1.

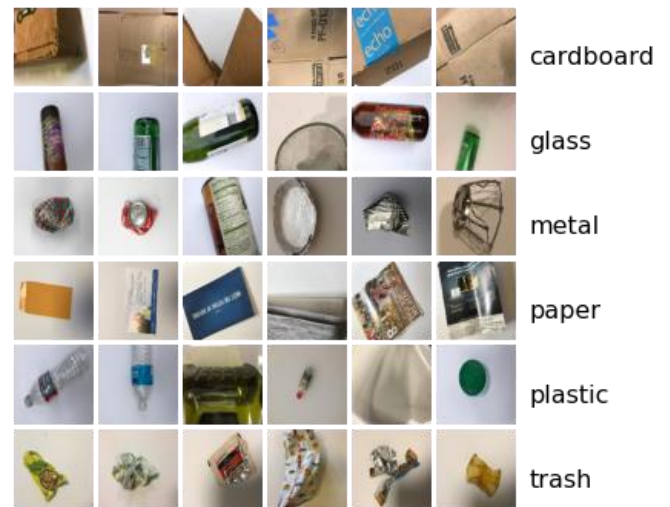


Fig. 1 Sample images from the dataset

2.2. Methodology

As a first step in the study, the dataset was divided into 5 different subsets using the K-fold cross-validation method. We thought that running the models on these subsets—one in each fold as test data and the remaining 4 as training data—would provide efficiency to the dataset. Thanks to this method, there would be no data in our dataset that the models used could not test as test data.

In the next step, we applied transfer learning models. Transfer learning is starting the learning process from a previously taught model for another problem rather than starting from scratch. The term pre-trained model is used in computer vision instead of the name transfer learning. It is seen that pre-trained models are used in many different areas, from disease detection [5] to the classification of plant leaves [6] in different sectors.

This study carried out training in 20 epochs, and 5 pre-trained models were used. Our first model is EfficientNetB7 [7]. The EfficientNetB7 is the latest released model among the Efficient models. The basic building block in EfficientNet models is the inverted bottleneck (MBConv). It combines computation with a separable convolutional structure compared to traditional layers, using shortcuts between bottlenecks that connect far fewer channels. For example, while EfficientNetB0 has around 10 million total parameters, EfficientNetB7 has around 23 million parameters.

Another model of ours is the Inception V3 model. This model consists of multiple convolutions (with 1x1,3x3,5x5 filters) and 3x3 maximum pooling steps [8]. Also, in the final stage, a fully connected layer was added. While the Inception V3 model does not allow the number of parameters to be high, it allows for the formation of deeper networks. An accuracy of 78.1% was obtained in the ImageNet dataset.

Our other model, NaSNet-Large, is a convolutional neural network trained on more than one million images, with input dimensions of 331x331 [9]. Despite achieving the most advanced result in the ImageNet competition, the computational power required is enormous.

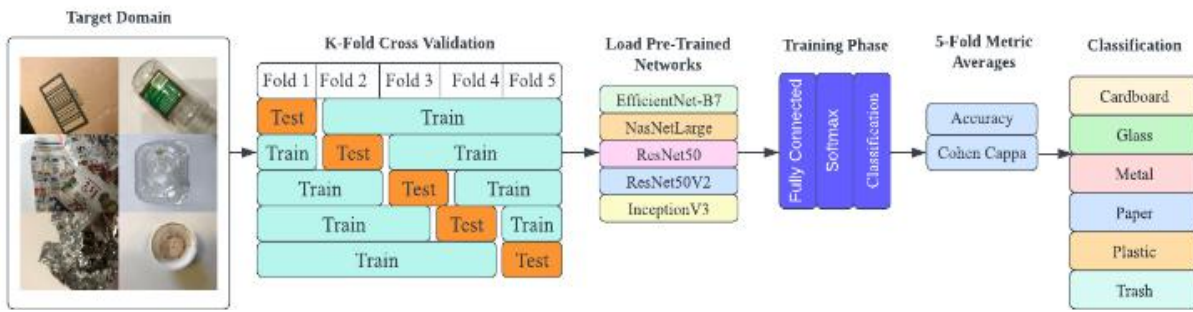


Fig. 2 Flow Chart

ResNet models are an acronym for residual neural networks that aim to solve the performance degradation problem of CNN networks. It is an advanced version of CNN models. It adds shortcuts between layers to solve the performance degradation problem. In this study, we used the ResNet50 and ResNet50-V2 models. The number 50 in the names represents the number of layers. The difference between the ResNet50-V2 model and the first version, the ResNet50 model, is weight layers in the pre-activation process instead of post-activation [10]. The output of the append operation between V2 identity mapping and residual mapping is passed to the block for further processing. However, in V1, the output of the addition operation is transferred to the next block after the ReLU activation.

A fully connected layer is added to the continuation of the pre-trained methods, and after this layer, a softmax layer with 6 has been added as processing is done on 6 classes. This layer constitutes our classification result. Two metrics were used to analyze the results. These metrics are Accuracy and Cohen Kappa.

Accuracy is obtained by dividing the correct predictions of a model by the entire dataset.

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}$$

- TP = True Positive
- TN = True Negative
- FP = False Positive
- FN = False Negative

Cohen Kappa is a metric that measures inter-interpretive reliability [11]. Calculation of Kappa;

$$K = \frac{p_0 - p_e}{1 - p_e}$$

- p_0 = relative agreement among those evaluated
- p_e = hypothetical probability of agreement

The result of 5 folds is summed and divided by 5 to find the average result for each metric.

3. Results

The first training results we obtained in our study can be seen in the accuracy and loss graphs shown in Figure 3-7. When these graphs are examined, it is seen that the best results are obtained in ResNet50-V2 and InceptionV3, and the worst results are obtained in EfficientNetB7. Confusion matrix results (Figure 8-12) are also given to show the pre-trained models' results in the classes' training process. When examining the confusion matrix, the numbers corresponding to the diagonals are expected to be the highest number in that row. High numbers on the diagonal mean that the result is good. In Figure 10 and Figure 11, it is seen that

the numbers in the diagonals are high. When these two graphs are compared, it is seen that better results are obtained in InceptionV3 for the Trash class. When the confusion matrix results are examined, it is seen that it produces vertical results for 2 pre-trained models. This result means that it produces incorrect results for the 2 models.

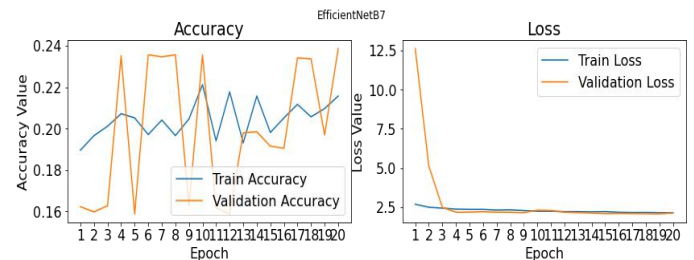


Fig. 3 Accuracy and loss results of the EfficientB7

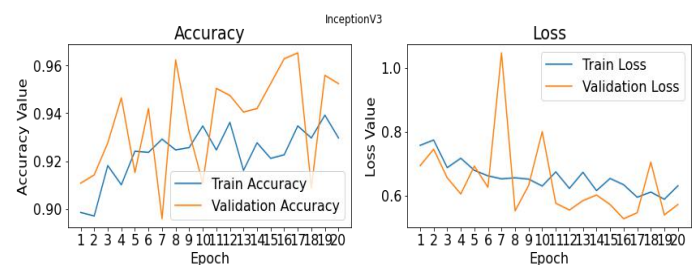


Fig. 4 Accuracy and loss results of the InceptionV3

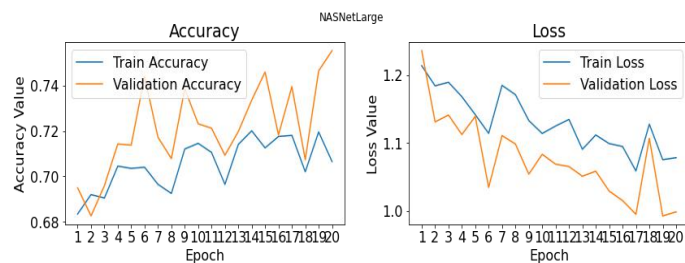


Fig. 5 Accuracy and loss results of the NasNet-Large

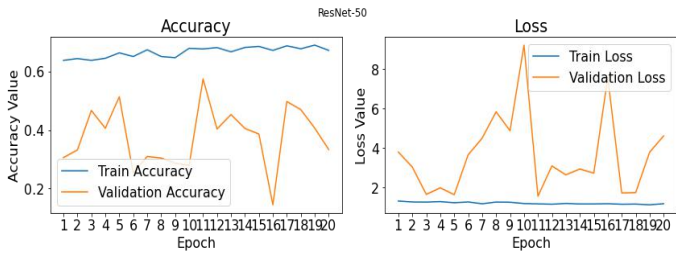


Fig. 6 Accuracy and loss results of the ResNet50

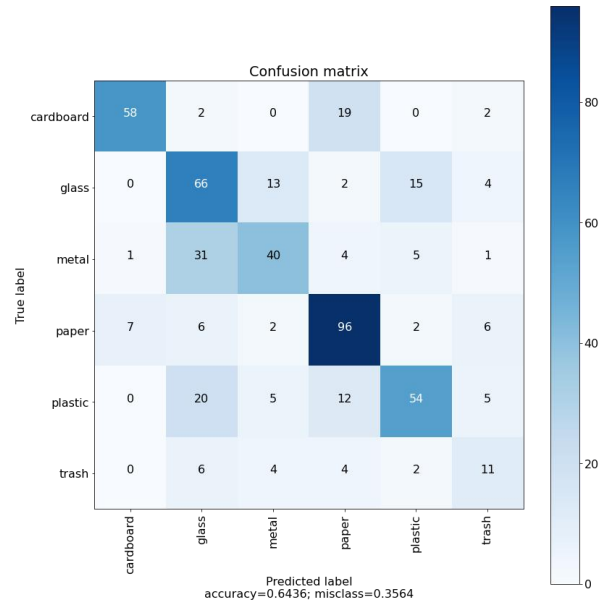


Fig. 10 Confusion matrix of NasNetLarge

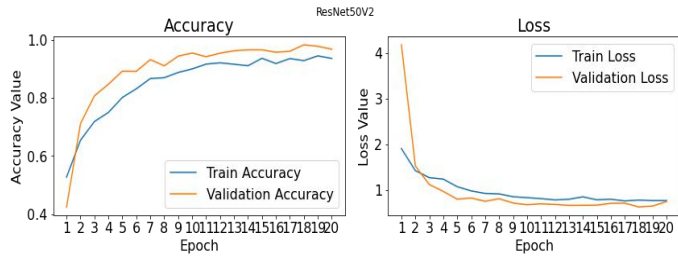


Fig. 7 Accuracy and loss results of the ResNet50-V2

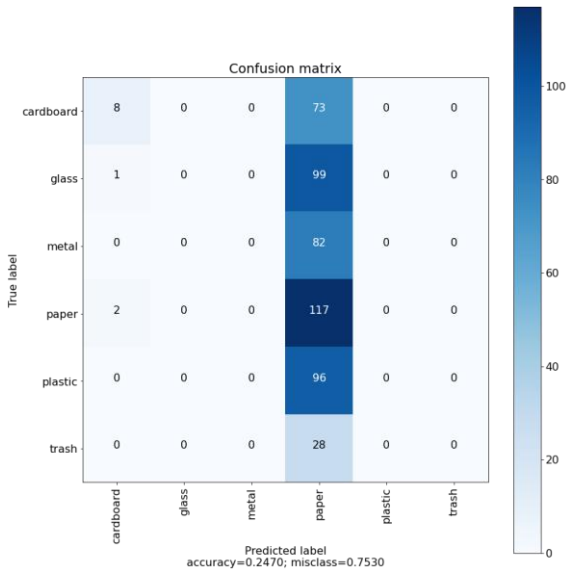


Fig. 8 Confusion matrix of EfficientNet-B7

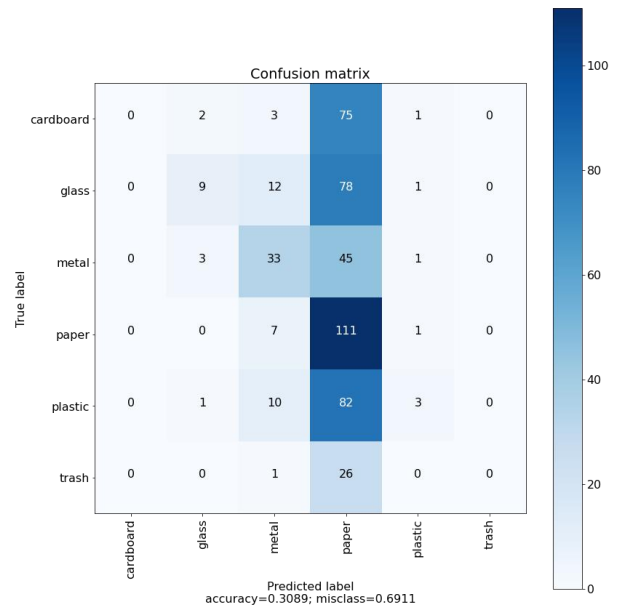


Fig. 11 Confusion matrix of ResNet50

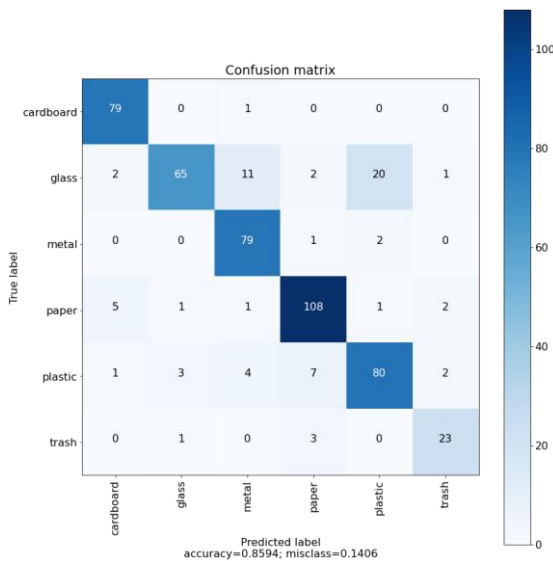


Fig. 9 Confusion matrix of Inception V3

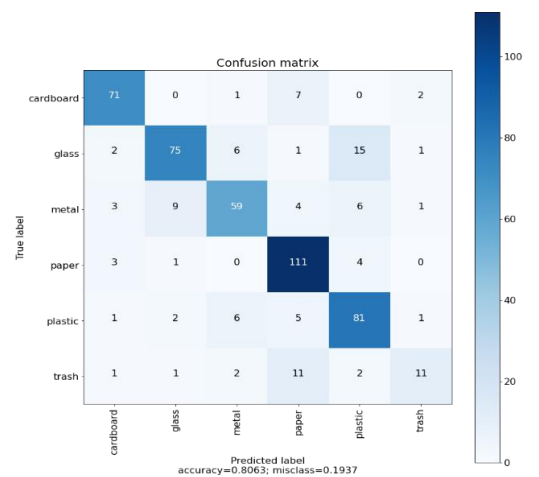


Fig. 12 Confusion matrix of ResNet50-V2

Table 1 shows the results from the test data. As the graphical results mentioned above show, this table shows that Inception-V3 and Resnet50-V2 produce good results. As the graphical results mentioned above show, this table shows that Inception-V3 and Resnet50-V2 produce good results. While ResNet50-V2 achieved an accuracy of 97.07%, the best result for Cohen Cappa was obtained with the InceptionV3 model.

Table 1. Test results of models

Method	Accuracy	Cohen Cappa
EfficientNetB7	0.2445	0.0176
InceptionV3	0.9469	0.8277
NASNet-Large	0.7376	0.5603
ResNet50	0.3348	0.1090

References

- [1] M.V. Rao, K.N.V.R. Sekhar, B. Jayanth and K. Santosh." An Automatic Garbage Classification System" in *2021 JETIR*, 2021, vol. 8, pp.4-9.
- [2] H. Wang, "Garbage Recognition and Classification System Based on Convolutional Neural Network VGG16," 2020 3rd International Conference on Advanced Electronic Materials, Computers and Software Engineering (AEMCSE), 2020, pp. 252-255, doi: 10.1109/AEMCSE50948.2020.00061.
- [3] S. L. Rabano, M. K. Cabatuan, E. Sybingco, E. P. Dadios and E. J. Calilung, "Common Garbage Classification Using MobileNet," 2018 IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM), 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/HNICEM.2018.8666300.
- [4] Dataset website. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/asdasdasdasdas/garbage-classification>
- [5] H. H. Mohammed, S. Sürücü and R. Choupani, "Lung Inflammatory Classification of Diseases using X-ray Images," 2021 6th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK), 2021, pp. 548-553, doi: 10.1109/UBMK52708.2021.9558905.
- [6] E. Kiliç, İ. N. Ecemiş and H. O. İlhan, "Narenciye Ağaç Yaprak Hastalıklarının Evrişimli Sinir Ağları ile Sınıflandırılması," 2021 5th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT), 2021, pp. 452-456, doi: 10.1109/ISMSIT52890.2021.9604631.
- [7] M. Tan and Q. V. Le. "EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks." *ArXiv* abs/1905.11946 (2019): n. pag.
- [8] C. Szegedy, V. Vanhoucke, S. Ioffe, J. Shlens and Z. Wojna, "Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision," 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016, pp. 2818-2826, doi: 10.1109/CVPR.2016.308.
- [9] Z. Barret, V. Vasudevan, J. Shlens and Q. V. Le. "Learning Transferable Architectures for Scalable Image Recognition." *2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (2018): 8697-8710.
- [10] H. Kaiming, X. Zhang, S. Ren and J. Sun. "Deep Residual Learning for Image Recognition." *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (2016): 770-778.
- [11] J. Cohen. "A Coefficient of Agreement for Nominal Scales." *Educational and Psychological Measurement* 20, no. 1 (April 1960): 37-46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>.



Rapid Marking Attendance with Face Recognition

Hakan Temiz

Artvin Coruh University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Artvin, Turkey, (ORCID: 0000-0002-1351-7565), h temiz@artvin.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1100885)

ATIF/REFERENCE: Temiz, H. (2022). Rapid Marking Attendance with Face Recognition. *European Journal of Science and Technology*, (36), 78-86.

Abstract

Marking attendance (MA) of students in the classroom and exam halls is not only a burdensome task for the instructors, but it is also time consuming. There is a growing need for efficient and autonomous techniques in MA. This article introduces an attendance system based on face recognition. The developed method detects the students exploiting their faces present in live camera images or in a given image through the Eigen Face Recognizer algorithm. After then, students are recognized and their attendance information recorded in an offline database. HAAR algorithm is used as a classifier in recognition process. In the experimental studies, it has been observed that the face recognition system works with an average accuracy of 79.31% in the real classroom environment. The obtained results showed that the designed system is promising for automatic authentication and marking attendance in classroom and exam sessions. It has been also shown that with the proposed system, marking, authentication and recording works can be completed in a much shorter time and with higher accuracy.

Keywords: attendance marking, classroom, face recognition, haar classifier, eigenfaces.

Yüz Tanıma ile Hızlı Yoklama Alma

Öz

Öğrencilerin sınıf ve sınav salonlarında yoklamalarını almak (YA), öğretmenler için sadece külfetli bir iş değil, aynı zamanda zaman alıcıdır. YA'da verimli ve otonom tekniklere artan bir ihtiyaç vardır. Bu makale, yüz tanıma dayalı bir yoklama sistemini tanıtmaktadır. Geliştirilen yöntem, öğrencilerin canlı kamera görüntülerinde veya belirli bir görüntüde bulunan yüzlerini Eigen Face Recognizer algoritması ile tespit etmektedir. Yüzlerinden tespit edilen öğrencilerin yoklama bilgisi bir veri tabanına kaydedilir. Tanıma sürecinde sınıflandırıcı olarak HAAR algoritması kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda yüz tanıma sisteminin gerçek sınıf ortamında ortalama %79.31 doğrulukla çalıştığı gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, tasarlanan sistemin, sınıf ve sınav oturumlarında otomatik kimlik doğrulama ve yoklama almada umut verici olduğunu göstermiştir. Önerilen sistem ile işaretleme, doğrulama ve kayıt işlemlerinin çok daha kısa sürede ve daha yüksek doğrulukla tamamlanabileceği de gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: yoklama alma, sınıf, yüz tanıma, haar sınıflandırıcı, eigenfaces.

1. Introduction

Ensuring students' attendance and attendance is an important issue for their success (NAYIR, 2017). For this purpose, various rules about absenteeism and certain absenteeism limits have been determined in each educational institution. The implementation of these rules naturally imposes an additional burden on the teaching staff in addition to the educational activities. For this purpose, attendance lists are used in the classrooms or teaching environment. Either the instructor reads the names of the students from the attendance list and puts a sign for the current student, or the attendance sheet is passed across classroom so that students can sign.

Sometimes, another student may forge a signature on behalf of the proper student. In fact, encountering more signatures than the actual number of students in the class is one of the problems faced by instructors. In order to avoid such problems, instructors have to check the number of students participating with the number of signatures. Even if the number of signatures are found correct, someone else can be in the class on behalf of a student taking the course. Identities

should be checked in order to determine the participation of someone unrelated to the course. As can be seen, in order to prevent fake participation, the entire class must pass an identity check. This causes wastage of course time, which is very valuable for instructors and the classroom.

The issues mentioned above are also valid for exam sessions or various activities. Especially in exams, it is often seen that the student taking the exam is replaced by another student or a non-student. Therefore, identity checks in exam sessions are more stringent, making it very tedious and time consuming for both parties.

With the development of technology, various systems such as biometric methods and image-based identification systems have been developed for various purposes (Yalçın & Gürbüz, 2015). Iris recognition for use in areas such as security control, identity control (Vyas, Kanumuri, Sheoran, & Dubey, 2019), fingerprint recognition (Radzi, Hanı, & Bakhteri, 2016), and face recognition (FR) techniques are used (Çetinel, Çerkezi, Yazar, & Eroğlu, 2016). Biometrical techniques are detailed in Figure 1 (Patel & Priya, 2014).

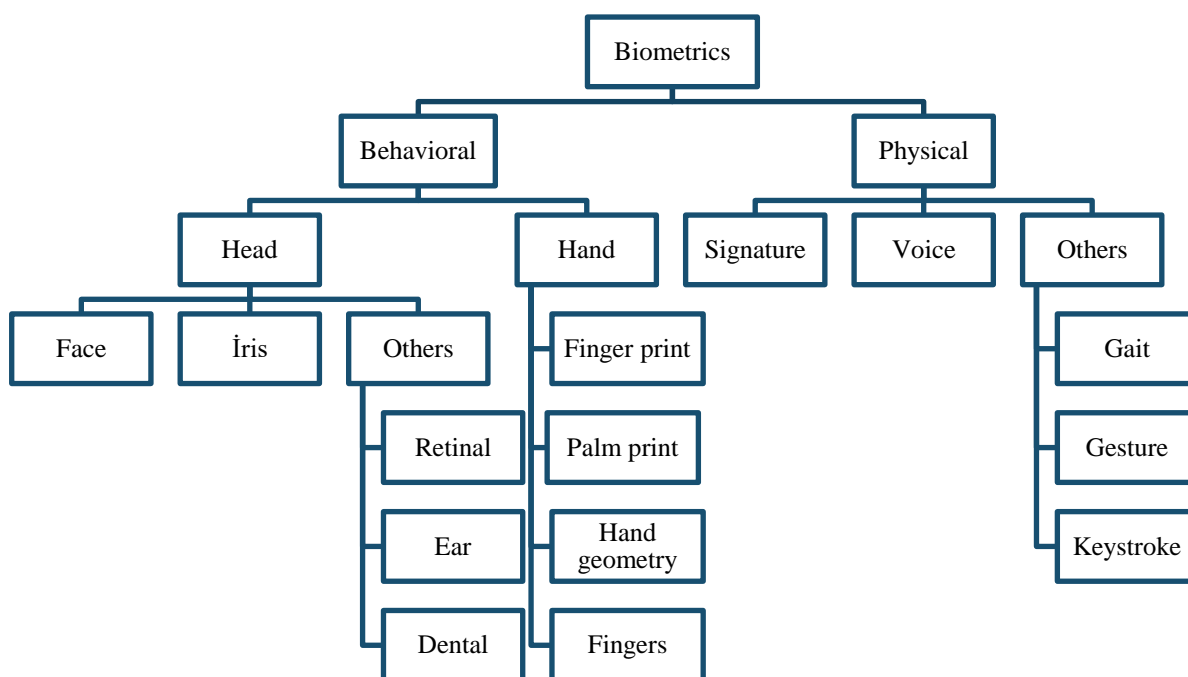


Figure 1 Biometric Techniques Used for Identification (Patel and S. Priya, 2014).

In this study, a student attendance system based on face recognition with HAAR classifier is designed. For the identification process, the Eigen Value Face Recognition (EVFR), which is exploiting the Principal Component Analysis (PCA) algorithm, is used. The identities of the students were tried to be determined through the images obtained in the real classroom environment. It has been seen that the designed system works with 79.31% accuracy. The designed system is promising to be used for authentication and attendance at classroom and exam sessions.

This paper continues as follows. In the second part, relevant studies and trends are discussed. The third section explains the proposed method in detail. The results are presented in section four. Section five discusses various

subjects and concerns. Section six outlines the entire work as a conclusion. Some ideas and plans are given in section seven.

1. Related Works

Various methods have been developed for the purposes of monitoring the presence of students in the teaching environment through the instructor, and facilitating their work by González-Agulla et al. (González-Agulla, Alba-Castro, Argones-Rúa, & Anido-Rifón, 2010). Some of these are based on fingerprint reading, some based on RFID technology (Lim, Sim, & Mansor, 2009) and some based on online login. For example, Moodle (Lim et al., 2009) has attempted to automate absence tracking using RFID barcode scanners or using

barcode scanners. By placing barcode readers or RFID readers in the classroom, the students read the barcode tags or RFID tags and follow up on attendance/participation. Some of them are (Qureshi, 2020), (Sezdi & Tüysüz, 2018). In another study, a web-based and RFID technology-based system was developed by Kassim et al. (Kassim, Mazlan, Zaini, & Salleh, 2012). The studies in Özcan et al. (Özcan, Saray, & Mustafa, 2018) and Aydın and Dalkılıç (Aydın & Dalkılıç, 2018) aimed at to introduce mobile devices with RFID. Additionally, Uğuz and Turan (Uğuz & Turan, 2021) and Kumbhar et al. (Kumbhar, Wanjara, Trivedi, Khairatkar, & Sharma, 2014) designed similar attendance tracking system working on Android platform.

Quick Response (QR) code is a 2D barcode that can be read by machines. It is first designed for automotive industry. However, it is very prevalently used today, almost everywhere thanks to mobile phones with digital cameras. QR code is one of technologies used for attendance tracking. Hooi, Kalid and Tachmammedov (Hooi, Kalid, & Tachmammedov, 2018) have developed such a system, whereas Jacksi, Ibrahim and Ali (Jaksi, Ibrahim, & Ali, 2018) combined web technologies with QR code.

There are also new technologies that have just joined our lives that make our lives easier. Such that, Near Field Communication (NFC) technology. It ensures the communication of devices without any physical touch for a short range distances. With the development of this technology, various attendance systems have been developed (Hamzah et al., 2019), (Mohandes, 2017), (Daramola, Folorunsho, Ayogu, & Adewole, 2019), (Chew et al., 2015), (Doewes & others, 2018). There are other systems that combine NFC technology with RFID technology. Kommey, Anyane and Amuzu (Kommey, Anyane-Lah, & Amuzu, 2018) proposed a fingerprint recognition technology working with NFC. Another fingerprint-based study is performed by Zainal et al. in (Zainal, Sidek, Gunawan, Manser, & Kartiwi, 2014). Mane and Tikka (Mane, Tikka, Deshpande, & Toke, 2019) proposed an NFC based attendance system along with a GPS module to track students inside and outside the buildings. There is also open software for similar tasks. E.g., ("BiWebAuth (BWA)") has proposed a framework introducing JAVA library BioWebAuth (BWA).

FR is much more prevalent technique compared to above mentioned techniques. It is already used in every moment of our lives and everywhere. It is so common that nowadays it is almost impossible to find a cell phone that is not sold with FR feature. The successes achieved in FR and the ubiquity of cameras have also enabled attendance systems to have a wide range of use.

In their study, Shehu and Agni (Lim et al., 2009) use machine learning (ML) techniques and HAAR classifiers to take the visual of the classroom in five-minute periods and perform the FR process. It performs face recognition with the Eigenfaces (Turk & Pentland, 1991) technique, which is known for its fast processing. Only 70% of the faces of total 147 students were detected and only 30% were recognized correctly. Krishnan and Balaji (Krishnan & Balaji, 2015) also used Eigenfaces to detect faces from images that are only taken from the front. In this way, 96.5% and 94% of the students were detected recognized, respectively. As the

shooting angle of the images changed, the success rate was considerably decreased. It even went down to 0 for images taken from sides (90°).

Kawaguchi et al. (Kawaguchi, Shoji, Lin, Kakusho, & Minoh, 2005) designed a movable system that is mounted on the wall where the blackboard is located, one of which is fixed on the ceiling and the other students can be seen in the classroom environment. In this system, the camera on the ceiling detects the seats where the students are likely to sit, and the camera on the wall focuses on the place where the occupied seat is located. Next, the student's photographs are taken for FR. This process continues throughout the course session.

Kainz et al., targeted to detect and recognize students as well as detect anomalies (Kainz, Cymbalák, Lamer, & Jakab, 2014). They used hierarchical fragment-based visual object classification method (Bouchard & Triggs, 2005) for FR. They introduced Histograms of Oriented Gradient (HOG) (Dalal & Triggs, 2005) algorithm for classification. HOG vectors are obtained by dividing the image into small overlapping window segments, and these vectors are processed with a linear Support Vector Machine (SVM). Helmi et al. (Helmi, bin Eddy Yusuf, Jamal, & Abdullah, 2019) developed another FR system, named as FRACAS. Yang and Han aimed at to build an attendance system exploiting a real time video processing (Yang & Han, 2020). They achieved %82 of success. Similarly, Kar et al. (Kar, Debbarma, Saha, & Pal, 2012) also proposed a real time system based on FR. Sawhney et al. has used PCA in conjunction with a Convolutional Neural Network (CNN) structure (Sawhney, Kacker, Jain, Singh, & Garg, 2019). Lukas et al. (Lukas, Mitra, Desanti, & Krisnadi, 2016) proposed a FR system introducing Discrete Wavelet Transform (DWT) and Discrete Cosine Transform (DCT) to extract features, and then exploited Radial Basis Function (RBF) classification for MA. Bhattacharya et al. (Bhattacharya, Nainala, Das, & Routray, 2018) took into account portable devices for a similar task. Patil and Shukla (Patil & Shukla, 2014) designed a Raspberry Pi system using PCA and Linear Discriminant Analysis (LDA).

2. Proposed System

In this study, presence of students in classroom is determined with the help of a camera. Facial information obtained from given image file or live camera images are stored in a database. Then, the recognition module is trained with entire data. The system exploits the Eigenface method for recognition. This method analyzes the Eigenface [10] vectors and the face images in the database and calculates the Eigenfaces consisting of Eigenvectors. The students' attendance is marked by comparing the faces in the classroom image obtained from the camera with the face information in the database. In the comparison, Eigenface vector of each face image found in the main image is compared with the Eigenfaces recorded in the database. The system, which is ready after the training, tries to recognize the faces in the camera images obtained and to detect the current students.

3.1. Training and Marking

In the first stage of the process, the FR module needs to be trained. For training, the faces of the students are introduced to the module from the frames of live camera videos or a static image file. It is very important that more than one face profile

of a student is introduced to the system from various angles. After accomplishing the training phase, the camera is turned on during the real session in the classroom environment to identify the students. A rectangle is drawn around the faces of the students whose faces are recognized by the program, and

the name of the student is shown just above the rectangle. The registration and training procedures are shown in Figure 2, whereas the entire process of marking attendance in Figure 3.

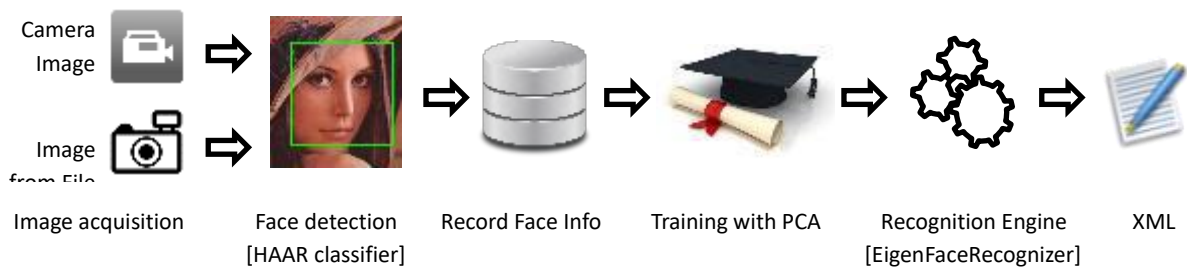


Figure 2. Face Registration and Training.

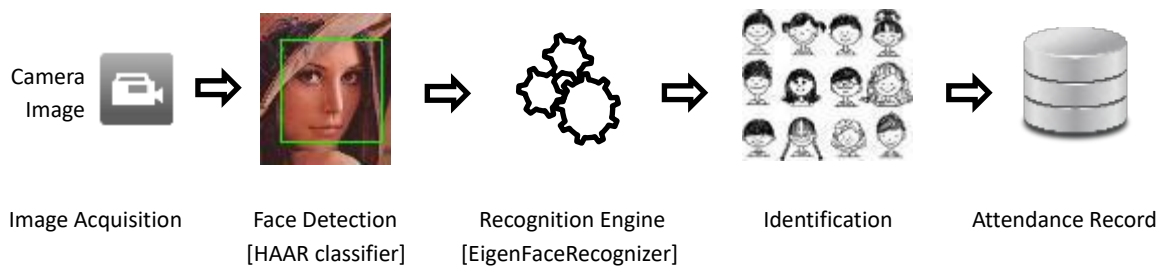


Figure 3. Marking attendance process.

PCA is used for various purposes such as image compression, feature reduction and so on. The face image is first converted to a grayscale. The grayscale image is stored in the database and then training is done after applying PCA. In the training procedure, the EigenFaceRecognizer object which is one of the classes used for face recognition in the OpenCV library, is trained with recorded data. After this process, the FR engine becomes ready. Feature vectors for face data is typically obtained as follows:

1. The mean value of the image is calculated.
2. The covariance matrix is computed.
3. Eigenvectors and Eigenvalues are calculated from the covariance matrix.
4. Eigenvectors are sorted in descending order according to their Eigenvalues and then attributes are obtained.
5. The transform vector is obtained by multiplying the matrix obtained in the first step with the transpose of the feature vector.

The training information obtained from the training procedure is saved in an XML file. This file is of a YAML file format. For later use, the recognition system can be trained quickly by reading this file. Additionally, this training file can be plugged or transferred into another platform or software.

3.2. Software

The main component used in the method is the EMGU library, which is a .NET wrapper developed for the OpenCV (open source computer vision) library. The OpenCV library was developed in Intel's laboratories in Russia to provide open source features such as face recognition, object recognition, and motion tracking in computer vision. On the other hand, the EMGU library provides very easy application development with .NET languages with less code for the OpenCV library written in C++. Microsoft Visual Studio 2015 version was used for code development. An offline Microsoft MSSQL database file (a .mdf file type) was used without server system for recording face information. This offline database allow to transport the information across separate machines.

The main windows of the program is given in Figure 4. Figure shows an image with recognized faces. The program has a single menu containing five subcommands. The subcommands and their tasks are as follows:

Open Camera: works toggle. If the camera is on, the text "Close Camera" is displayed. The user can open or close the camera at any time. In addition, the function of taking images from the camera, which is automatically turned off when it is desired to feed a static image to the program for training or attendance marking purposes, can be reactivated again with this command.



Figure 4. The main window of the program showing recognized faces.

Open Image: Allows a static image file to be fed into the program instead of taking an image from the camera.

Train: Opens the training dialog for training on the active image in the program.

Mark Attendance: opens the attendance marking window for marking students from the image.

Exit: Allows the program to be completely closed.

In the training dialog of the program, there is a text box where the student's name can be entered, a record button to save the active face selected in the image, and navigation buttons for navigating back and forth on the face images in the captured image. The program indicates each detected face with a green rectangle. For each detected face, the name of the predicted individual is written just above the rectangle. It will be appreciated that due to various negative factors and circumstances, not every student can be recognized correctly. "Unknown" is written above the rectangle for such unrecognizable faces.

If the user of the program encounters a misidentified or undetermined face, he or she can save or change the name of the owner of the face by entering the name of the face in the text box by activating that face by clicking the navigation buttons. The frame of the current face is surrounded by a red rectangle in order to show the user which face is being processed while navigating. An example screenshot illustrating this process is given in Figure 5.

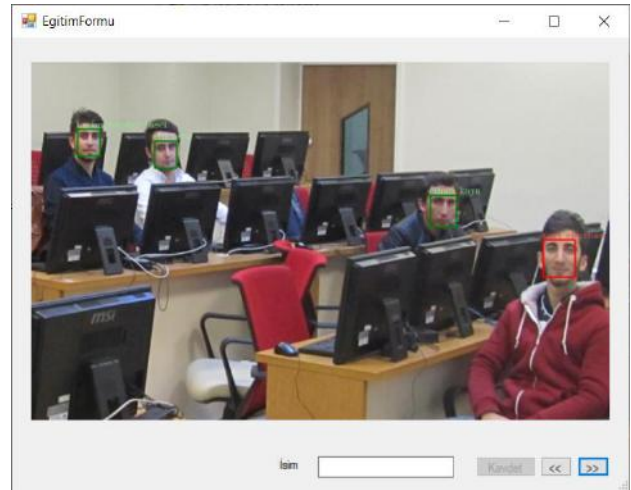


Figure 5. Retraining the program for students who have been identified incorrectly

The MA process quite similar to the training process. For each face, the predicted people's names are shown as done on the trainingscreen. The identity information of the owner of the face that is thought to be matched with the wrong person can also be re-entered on the attendance marking screen. A sample screen output is shown in Figure 7.

After confirming that all the faces are matched with the correct individuals, by clicking the "Take Attendance" button, the people whose faces are detected are registered for the specified course in the database with its id for that session. In the relevant table in the database table, attendance is recorded by assigning a value of 1 for the student's presence and 0 for their absence.

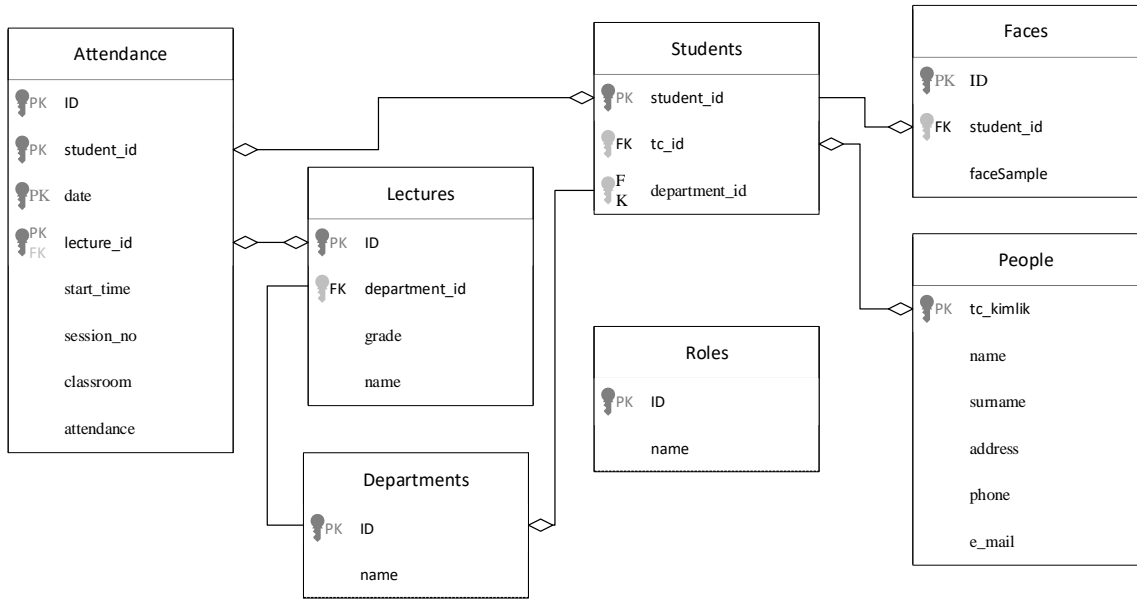


Figure 6. Database schema for marking attendance.



Figure 7. Marking attendance dialog.

3.3. Database

The entire schema of the database is given in Figure 6. Please note that only core and most relevant parts are shown. The rest of the schema is omitted for the sake of simplicity and clarity. The face information is recorded in the table Faces. This table consists of three columns. The column names are as follows: ID, faceSample, and student_id. I describe below the purpose of these columns:

Id: Primary key column retained to ensure each row is unique from the others.

faceSample: Stores the face images of students. Face data is stored as raw binary. A visualized samples of some face images are shown below in Figure 8.



Figure 8. Sample raw images recorded in the database.

Student_id : Holds the id of students. Used to identify the student to whom the face data belongs to when recording multiple face images of a student.

4. Results

In the test procedure, 5 to 10 images of 21 students obtained from various angles were recorded in the database, and then the recognition engine was trained. The training file is saved in an XML file. Images of the real session were taken with a video camera (webcam) in the real classroom environment and it was examined to what extent the identities of the students were determined. Attendance information is registered in the database. When the lecturer marks the attendances for present students, the information for lecture, students, session number, date and class is recorded in the relevant tables of the database. A snapshot of the database for attendance record for a particular lecture is shown in Figure 9.

Student_ID	name	surname	lecture	date	session	classro	attendance
202101011	Hüseyin Altı...		Bilgisayar Pro	23.12.2021	1	D107	<input checked="" type="checkbox"/>
202101027	Sırrı Emirh...		Bilgisayar Pro	23.12.2021	1	D107	<input type="checkbox"/>
202101019	Kerim Başç...		Bilgisayar Pro	23.12.2021	1	D107	<input checked="" type="checkbox"/>
202101014	Haydar Taş...		Bilgisayar Pro	23.12.2021	1	D107	<input checked="" type="checkbox"/>
202101007	Yusuf Özg...		Bilgisayar Pro	23.12.2021	1	D107	<input checked="" type="checkbox"/>

Figure 9. A snapshot view from database for a lecture.

With the face recognition technique, the entire MA process was completed in an average of 3 minutes. Normally, this process takes 8-10 minutes on average, depending on the number of students in the class. In this way, the time for MA was shortened about 5 minutes.

The students were asked to look at the camera as the faces turned in other directions during the MA process made it difficult for the MA system to recognize their faces. As a result of the experiments, an average accuracy rate of 79.31% was obtained. Accuracy rate varied depending on the student's face orientations and their distance from the camera. The MA system had a difficulty in recognizing the students sitting far from the camera.

Facing the camera in the recognition of students is an important factor for proper recognition. A camera positioned directly in front of the students achieves much more successful results than a camera that takes images from different angles. The more sideways the camera takes, the harder it is to detect faces correctly. Factors such as the students' faces being turned to the camera during attendance and their faces appearing clearly, and sufficient light level significantly affect the success rate of recognition.

5. Discussion

A couple of subjects are discussed in the following subsections.

5.1. Ethics, Law and Security

FR systems, due to the nature of the work, record the face data of people. Storing biometric information poses ethical and legal concerns or issues. Even if it is done in good faith or serves a good purpose, the law numbered 6698 ("Kişisel Verilerin Korunması Kanunu," n.d.) states as follows:

"Conditions for the processing of special categories of personal data

ARTICLE 6- (1) Data regarding the race, ethnic origin, political thought, philosophical belief, religion, sect or other beliefs, disguise and dress, membership to associations, foundations or trade unions, health, sexual life, criminal convictions and security measures. Biometric and genetic data is personal data of special nature.

(2) Processing of sensitive personal data without the explicit consent of the person concerned is prohibited..."

Therefore, it is prohibited to obtain biometric data without the consent of the person. For a biometrics-based attendance system, students' explicit consent should be obtained and the permissions taken should be recorded.

Storing human face data in a database raises the issue of the security of this information. For example, a malicious user who has access to the database or someone who infiltrates the system without permission can steal and misuse this information. In order to avoid such inconveniences, face images can be encrypted or mixed encryption of the data can be provided to prevent the original image from being obtained without a secure decoding algorithm.

5.2. Difficulties in Face Detection

People's faces are not rigid and change shape depending on facial expressions such as smile, surprise, sadness, etc. In addition, people grow beards; some grow a whole beard, some grow a beard as long as possible, or grow a mustache. Mustaches can be in diverse styles. People may cut their beard or mustache or change their style. Some of them wear earrings, helmets, glasses and even all kinds of glasses. In some countries, women also wear veils so that only their eyes can be seen. Some even wears sunglasses while veiled. In such a case, face recognition is not even possible.

Even if people didn't make styles that cover some portion or entire face, wearing glasses, studs, or other accessories, face image taken from various angles is one of the difficulties that would be encountered. So, people are active. They change their location. They bend, get up, turn left and right, and so on. They turn their heads. Therefore, it is often not possible to get the image

of human faces from the just opposite side. If a student is not facing the camera while the image is being taken, face detection becomes very difficult. Even more, after a certain point it is not possible. It is not possible for a camera fixed at one point to see the entire classroom environment from the straight ahead. To get rid of the disadvantages mentioned above, and students be very still and face straight to camera for better MA.

6. Conclusion

In this study, a method was designed to automate procedure of marking students' attendance which is onerous and time-consuming task for instructors. The proposed system relies on face recognition method. The developed program detects the faces of the students in the image using the HAAR classifier. It uses the Eigen Face Recognizer object, which is available in the OpenCV library and uses the Principal Component Analysis algorithm for face recognition, in order to recognize individuals from faces. The attendance information of the identified students is recorded in an offline MSSQL database.

The proposed face recognition system achieved an average success rate of 79.31% in the real classroom environment. It was also examined on a synthetically prepared experimental set. The results revealed that the designed method is promising for automatic authentication and marking attendance in classroom and exam sessions. Furthermore, entire process of marking, authentication and recording works can be accomplished within a much shorter time and with higher accuracy.

7. Future Works

The developed program records the attendance information based on face recognition into an offline database. As the next step, it is planned to use an online database. However, a module for manually registering faces that cannot be detected is also planned to include to the new version.

Newly developed technologies such as NFC or QR code, or deep learning techniques are also among the topics to be studied. Another research topic can be the introducing Fisher classifier in replace of HAAR, or the use of both. In particular, the development of systems in which the mobile or IoT devices are integrated in the process are also among the issues to be investigated.

References

Aydın, Ö., & Dalkılıç, F. (2018). Üniversite Öğrencilerinin Ders Devamlarının Takibine Yönelik Bilgi Sistemi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi*, 20(60), 863–875. Retrieved From <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/629339>

Bhattacharya, S., Nainala, G. S., Das, P., & Routray, A. (2018). Smart Attendance Monitoring System (Sams): A Face Recognition Based Attendance System For Classroom Environment. In 2018 IEEE 18th International Conference On Advanced Learning Technologies (ICALT) (Pp. 358–360).

Biwebauth (Bwa). (N.D.). Retrieved From <https://sourceforge.net/projects/biwebauth/files/biwebauth/>

Bouchard, G., & Triggs, B. (2005). Hierarchical Part-Based Visual Object Categorization. In 2005 IEEE Computer Society

Conference On Computer Vision And Pattern Recognition (CVPR'05) (Vol. 1, Pp. 710–715).

Çetinel, G., Çerkezi, L., Yazar, B., & Eroğlu, D. (2016). Hybrid Biometric System Using Iris And Speaker Recognition. *International Journal Of Applied Mathematics Electronics And Computers*. Selçuk Üniversitesi. <https://doi.org/10.18100/ijamec.270332>

Chew, C. B., Mahinderjit-Singh, M., Wei, K. C., Sheng, T. W., Husin, M. H., & Malim, N. (2015). Sensors-Enabled Smart Attendance Systems Using Nfc And Rfid Technologies. *Int. J. New Comput. Archit. Appl*, 5, 19–29. Retrieved From https://www.researchgate.net/profile/Natalie-Walker-15/publication/301655181_Volume_5_Issue_No_1_-_International_Journal_Of_New_Computer_Architectures_And_Their_Applications_Ijncaa/links/5720586908aefa64889a92ef/Volume-5-Issue-No-1-International-Journal-O

Dalal, N., & Triggs, B. (2005). Histograms Of Oriented Gradients For Human Detection. In 2005 IEEE Computer Society Conference On Computer Vision And Pattern Recognition (CVPR'05) (Vol. 1, Pp. 886–893).

Daramola, C. Y., Folorunsho, O., Ayogu, B. A., & Adewole, L. (2019). Near Field Communication (Nfc) Based Lecture Attendance Management System On Android Mobile Platform. In *International Science Conference, Nigeria* (Vol. 32, Pp. 34–38). Retrieved From http://repository.fuoye.edu.ng/bitstream/123456789/1502/1/2019_Fuoye_Conference_Proceedings.pdf#page=35

Doewes, A., & Others. (2018). Student Mobile Attendance Application Using Qrcode And Integrated With Sso At Universitas Sebelas Maret. In *3rd International Conference On Creative Media, Design And Technology (Reka 2018)* (Pp. 302–305). Retrieved From <https://www.atlantispress.com/article/25906968.pdf>

González-Agulla, E., Alba-Castro, J. L., Argones-Rúa, E., & Anido-Rifón, L. (2010). Realistic Measurement Of Student Attendance In Lms Using Biometrics. In *Proc. Of The Int. Symposium On Engineering Education And Educational Technologies (Eeet'09) Y Systemics, Cibernetics And*.

Hamzah, M. L., Desnelita, Y., Purwati, A. A., Rusilawati, E., Kasman, R., & Rizal, F. (2019). A Review Of Near Field Communication Technology In Several Areas. *Revista Espacios*, 40(32). Retrieved From <http://www.revistaespacios.com/A19v40n32/19403219.html>

Helmi, R. A. A., Bin Eddy Yusuf, S. S., Jamal, A., & Abdullah, M. I. Bin. (2019). Face Recognition Automatic Class Attendance System (Fracas). In 2019 IEEE International Conference On Automatic Control And Intelligent Systems (I2CACIS) (Pp. 50–55). Retrieved From <https://ieeexplore.ieee.org/iel7/8815615/8824997/08825049.pdf>

Hooi, Y. K., Kalid, K. S., & Tachmammedov, S. (2018). Multi-Factor Attendance Authentication System. *International Journal Of Software Engineering And Computer Systems*, 4(2), 62–79. Retrieved From <https://journal.ump.edu.my/ijsecs/article/view/705>

Jacksi, K., Ibrahim, F., & Ali, S. (2018). Student Attendance Management System. *Sch. J. Eng. Technol. Sjet*, 6(2), 49–53. Retrieved From https://www.researchgate.net/publication/323511629_Student_Attendance_Management_System

Kainz, O., Cymbalák, D., Lamer, J., & Jakab, F. (2014). Visual System For Student Attendance Monitoring With Non-

- Standard Situation Detection. In 2014 Ieee 12th Ieee International Conference On Emerging Elearning Technologies And Applications (Iceta) (Pp. 221–226).
- Kar, N., Debbarma, M., Saha, A., & Pal, D. (2012). Study Of Implementing Automated Attendance System Using Face Recognition Technique. *International Journal Of Computer And*. Retrieved From https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&continue=/scholar%3fh1%3dtr%26as_sdt%3d0,5%26scilib%3d1025&citilm=1&citation_for_view=Nz9wjaaaj:U5hhmvd_Uo8c&hl=tr&oi=P
- Kassim, M., Mazlan, H., Zaini, N., & Salleh, M. K. (2012). Web-Based Student Attendance System Using Rfid Technology. In 2012 Ieee Control And System Graduate Research Colloquium (Pp. 213–218). Retrieved From https://www.researchgate.net/profile/Nur-Huda-Mohd-Amin-2/publication/259079462_Stability_Study_Of_Pd_And_Pi_Controllers_In_Multiple_Difference_Disturbances/links/00463529ea15559e06000000/stability-study-of-pd-and-pi-controllers-in-multiple-difference-dis
- Kawaguchi, Y., Shoji, T., Lin, W., Kakusho, K., & Minoh, M. (2005). Face Recognition-Based Lecture Attendance System. In *The 3rd Aearu Workshop On Network Education* (Pp. 70–75).
- Kişisel Verilerin Korunması Kanunu. (N.D.). Retrieved From <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.6698.pdf>
- Kommey, B., Anyane-Lah, O., & Amuzu, W. E. (2018). Swyftapp: An Nfc Based Attendance System Using Fingerprint Authentication. *International Journal Of Engineering, Science And Technology*, 10(1), 23–39. Retrieved From <https://www.ajol.info/index.php/ijest/article/view/167077/156514>
- Krishnan, M. G., & Balaji, S. B. (2015). Implementation Of Automated Attendance System Using Face Recognition. *International Journal Of Scientific & Engineering Research*, 6(3), 30–33.
- Kumbhar, A. A., Wanjara, K. S., Trivedi, D. H., Khairatkar, A. U., & Sharma, D. (2014). Automated Attendance Monitoring System Using Android Platform. *International Journal Of Current Engineering And Technology*, 4(2), 1096–1099. Retrieved From <https://asset-pdfs.scinapse.io/prod/2550182481/2550182481.pdf>
- Lim, T. S., Sim, S. C., & Mansor, M. M. (2009). Rfid Based Attendance System. In 2009 Ieee Symposium On Industrial Electronics & Applications (Vol. 2, Pp. 778–782).
- Lukas, S., Mitra, A. R., Desanti, R. I., & Krisnadi, D. (2016). Student Attendance System In Classroom Using Face Recognition Technique. In 2016 International Conference On Information And Communication Technology Convergence (Ictc) (Pp. 1032–1035).
- Mane, S., Tikka, K., Deshpande, G., & Toke, S. (2019). Smart Attendance And Location Tracking Using Iot. *Int. J. Eng. Res. Technol. (Ijert)*, 11(8), 681–683. Retrieved From <https://www.ijert.org/smart-attendance-and-location-tracking-using-iot>
- Mohandes, M. A. (2017). Class Attendance Management System Using Nfc Mobile Devices. *Intelligent Automation & Soft Computing*, 23(2), 251–259. Retrieved From <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10798587.2016.1204749>
- Nayır, F. (2017). The Relationship Between Student Motivation And Class Engagement Levels. *Eurasian Journal Of Educational Research*, 17, 59–78. Retrieved From https://dergipark.org.tr/tr/pub/ejer/issue/42485/511749#Article_Cite
- Özcan, C., Saray, F., & Mustafa, T. (2018). Mobil Cihazlar İçin Rfid & Bluetooth Düşük Enerji Teknolojisi İle Öğrenci Yoklama Sistemi Tasarımı. *International Journal Of Multidisciplinary Studies And Innovative Technologies*, 2(1), 26–30. Retrieved From <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/495425>
- Patel, U. A., & Priya, S. (2014). Development Of A Student Attendance Management System Using Rfid And Face Recognition: A Review. *International Journal Of Advance Research In Computer Science And Management Studies*, 2(8), 109–119.
- Patil, A., & Shukla, M. (2014). Implementation Of Classroom Attendance System Based On Face Recognition In Class. *International Journal Of Advances In Engineering & Technology*, 7(3), 974.
- Qureshi, M. (2020). The Proposed Implementation Of Rfid Based Attendance System. *International Journal Of Software Engineering & Applications (Ijsea)*, 11(3).
- Radzı, S. A., Hanı, M. K., & Bakhteri, R. (2016). Finger-Vein Biometric Identification Using Convolutional Neural Network. *Turkish Journal Of Electrical Engineering And Computer Science*, 24, 1863–1878.
- Sawhney, S., Kacker, K., Jain, S., Singh, S. N., & Garg, R. (2019). Real-Time Smart Attendance System Using Face Recognition Techniques. In 2019 9th International Conference On Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence) (Pp. 522–525).
- Sezdi, E., & Tüysüz, B. (2018). Elektronik Bilgi Sistemleri Tabanlı Öğrenci Yoklama Kontrol Sistemi. *Bilgi Yönetimi*, 1(1), 23–31. Retrieved From <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3a%2f%2fdergipark.org.tr%2ft%2fdownload%2farticle-file%2f482374&chunk=true>
- Türk, M., & Pentland, A. (1991). Eigenfaces For Recognition. *Journal Of Cognitive Neuroscience*, 3(1), 71–86.
- Uğuz, S., & Turan, Ş. (2021). Parmak İzine Dayalı Taşınabilir Özellikli Öğrenci Yoklama Sistemi Geliştirilmesi. *El-Cezeri*, 8, 36–44. <https://doi.org/10.31202/ecjse.755754>
- Vyas, R., Kanumuri, T., Sheoran, G., & Dubey, P. (2019). Efficient Features For Smartphone-Based İris Recognition. *Turkish Journal Of Electrical Engineering And Computer Science*, 27, 1589–1602.
- Yalçın, N., & Gürbüz, F. (2015). Biyometrik Güvenlik Sistemlerinin İncelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 3, 398–413.
- Yang, H., & Han, X. (2020). Face Recognition Attendance System Based On Real-Time Video Processing. *Ieee Access*, 8, 159143–159150. Retrieved From <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9138372>
- Zainal, N. I., Sidek, K. A., Gunawan, T. S., Manser, H., & Kartiwi, M. (2014). Design And Development Of Portable Classroom Attendance System Based On Arduino And Fingerprint Biometric. In *The 5th International Conference On Information And Communication Technology For The Muslim World (Ict4m)* (Pp. 1–4). Retrieved From <http://www.iiisci.org/journal/Pdv/Sci/Pdfs/Xq914co.pdf>



Parallel Gated Recurrent Unit Networks as an Encoder for Speech Recognition

Zekeriya Tüfekci¹, Gökay Dişken^{2*}

^{1*} Cukurova University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Adana, Turkey, (ORCID: 0000-0001-7835-2741), ztufekci@cu.edu.tr

^{2*} Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronics Engineering, Adana, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8680-0636), gdisken@atu.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1103714)

ATIF/REFERENCE: Tüfekci, Z., & Dişken, G. (2022). Parallel Gated Recurrent Unit Networks as an Encoder for Speech Recognition. *European Journal of Science and Technology*, (36), 87-90.

Abstract

Listen, Attend and Spell (LAS) network is one of the end-to-end approaches for speech recognition, which does not require an explicit language model. It consists of two parts; the encoder part which receives acoustic features as inputs, and the decoder network which produces one character at a time step, based on the encoder output and an attention mechanism. Multi-layer recurrent neural networks (RNN) are used in both decoder and encoder parts. Hence, the LAS architecture can be simplified as one RNN for the decoder, and another RNN for the encoder. Their shapes and layer sizes can be different. In this work, we examined the performance of using multi RNNs for the encoder part. Our baseline LAS network uses an RNN with a hidden size of 256. We used 2 and 4 RNNs with hidden sizes of 128 and 64 for each case. The main idea behind the proposed approach is to focus the RNNs to different patterns (phonemes in this case) in the data. At the output of the encoder, their outputs are concatenated and fed to the decoder. TIMIT database is used to compare the performance of the mentioned networks, using phoneme error rate as the performance metric. The experimental results showed that proposed approach can achieve a better performance than the baseline network. However, increasing the number of RNNs does not guarantee further improvements.

Keywords: Attention networks, Recurrent neural networks, Speech recognition, Timit.

Konuşma Tanıma için Kodlayıcı Olarak Paralel Kapılı Tekrarlayan Birim Ağları

Öz

Listen, Attend and Spell (LAS) ağı konuşma tanıma için belli bir dil modeline gereksinim duymayan uçtan-uca yaklaşımlardan biridir. İki kısımdan oluşur; akustik öznitelikleri girdi olarak alan kodlayıcı kısmı, kodlayıcı çıkışı ve dikkat mekanizmasına bağlı olarak bir zaman adımında tek bir karakter üreten kod çözümleyici kısmı. Hem kod çözümleyici hem de kodlayıcı kısımlarında çok katmanlı tekrarlayan sinir ağları (RNN) kullanılır. Bu nedenle LAS mimarisi kod çözümleyici için bir RNN ve kodlayıcı için bir başka RNN olarak basitleştirilebilir. Şekilleri ve katman boyutları farklı olabilir. Bu çalışmada, kodlayıcı kısmı için çoklu RNN kullanımının performansını inceledik. Temel alınan LAS ağı 256 gizli boyutu olan bir RNN kullanılmaktadır. 128 ve 64 gizli boyutları için 2 ve 4 RNN kullandık. Önerilen yaklaşımın ardındaki ana fikir, RNN'leri verilerdeki farklı örüntülere (bu çalışma için fonemler) odaklamaktır. Kodlayıcının çıkışında bunların çıkışları birleştirilir ve kod çözümleyiciye iletilir. TIMIT veritabanı, performans metriği olarak fonem hata oranı seçilerek bahsedilen ağların performansını karşılaştırmak için kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar, önerilen yaklaşımın temel alınan ağdan daha iyi bir performans elde edebileceğini göstermiştir. Ancak RNN'lerin sayısını artırmak daha fazla iyileşmeyi garanti etmemektedir.

Anahtar Kelimeler: Dikkat ağları, Tekrarlayan sinir ağları, Konuşma tanıma, Timit

* Corresponding Author: gdisken@atu.edu.tr

1. Introduction

Traditional speech recognition systems consists of an acoustic model, a language model, a pronunciation model, etc. [1]. Hidden Markov Model (HMM) method was the dominating approach for speech recognition [2], however, end-to-end systems, where different components trained jointly, gained popularity recently. Deep neural networks (DNNs) based systems achieved a higher performance on several speech recognition benchmarks [3]. End-to-end training was achieved with the aid of Connectionist Temporal Classification (CTC) and Recurrent Neural Network (RNN) [4], [5].

Another popular architecture, namely Listen, Attend and Spell (LAS) is an alternative end-to-end system which can emit one character at a time at the output, without CTC or language model [6]. Further, the LAS network does not make any independence assumption on the output probabilities, contrary to the CTC. Two main parts of the LAS network are encoder and decoder, where both are realized with RNNs, and this type of networks called as sequence-to-sequence networks [7]–[9].

In this work, we use a similar network to the LAS architecture and its modifications for speech recognition on TIMIT database, which is a classical database for phoneme/speech recognition or related studies [10]–[12]. The inputs of the networks are filter bank energies, which usually work well with neural networks compared to the conventional mel-frequency cepstral coefficients [13], [14]. For the modified encoders, we increased the number of RNNs to 2 and 4, instead of the single RNN of the baseline. Also, the baseline system has the hidden size of 256, where we tried 128 and 64 in the modified networks. Using 2 (or 4) parallel RNNs, we aim to achieve finer models for different patterns, as different RNNs may focus on different sections of the data during training. The experiments showed that the proposed modifications increase the performance of the LAS network, and also, they can have a reduced number of trainable parameters, compared to the baseline network.

2. Modified LAS Network

We used the modified versions of [6]. The original LAS network used pyramidal long short-term memory (LSTM) layers in the encoder. In this work, gated recurrent unit (GRU) [9] layers were preferred as they include one less gate than the LSTM, and can achieve a higher performance for small databases [15]. GRU layers were also used in the decoder, and a fully-connected network with two layers was used as the attention layer [16]. The baseline LAS network is given in Figure 1. The encoder part is represented with green, and decoder part is represented by blue. The inputs of the decoder are ground-truth phoneme labels in the training. In the evaluation mode, the inputs are the predictions of the previous time step. Fully-connected layers serve as embedding layers for both encoder and decoder. After the embedding layer of the encoder, sigmoid activation is applied.

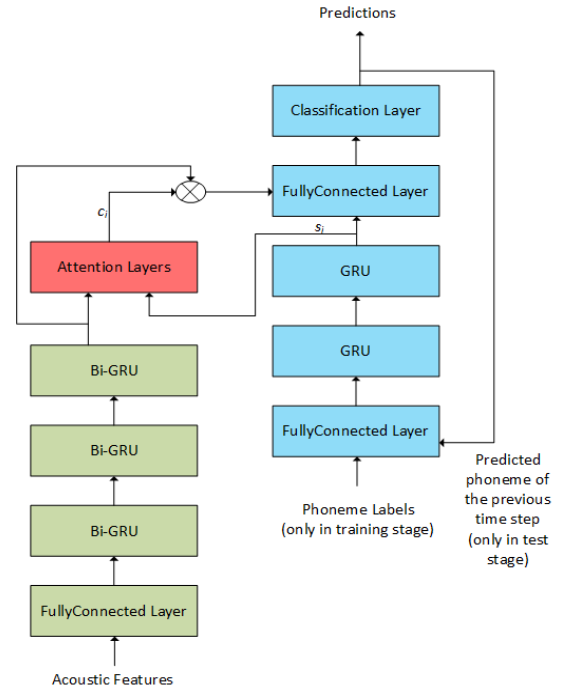


Fig. 1 Block diagram of LAS network

The GRU layers of the encoder are bidirectional, hence both the input sequence and its reversed form are learned. This is also true for the proposed multi RNN layers. The output of the decoder at time step i depends on current decoder state (s_i) and the context vector (c_i , obtained via attention layer). When we use more than one GRU in parallel, their outputs are concatenated to create the decoder state. Three fully-connected layers are used for the attention. One of those layers takes its inputs from the decoder, and another layer takes them from the final GRU layer (or layers for the parallel GRUs) of the encoder. The outputs of these two fully-connected layers are added together, and sent to the third layer. It should be noted that the size of the inputs from the encoder will vary (depending on the number of GRUs and their hidden sizes). The dimensions were adjusted accordingly in the experiments. The output of the third layer is the attention vector. The purpose of the attention layer is to focus the decoder on a few frames of the encoder output [6], as not all of the frames affect the output equally. The output of the attention layer is therefore can be thought of a mask that weights features based on their relation with the target output. Therefore, encoder output states are multiplied with the attention mask.

After obtaining the masked output vector, it is concatenated with the last GRU layer of the decoder and served as input to the fully-connected layer before the classification layer. Softmax function is used in the classification layer where the phoneme with the maximum probability is chosen as the output of that time step. The classification stops when end-of-sentence token is produced.

Table 1 shows the total number of trainable parameters for the encoder parts of the baseline and modified LAS networks. Except the two GRUs with 128 hidden size, the other configurations have less trainable parameters compared to the baseline architecture. This will lead to faster training and execution times. Hence, even if the proposed architectures perform similar to the baseline, they will still possess an advantage due to the reduced number of parameters.

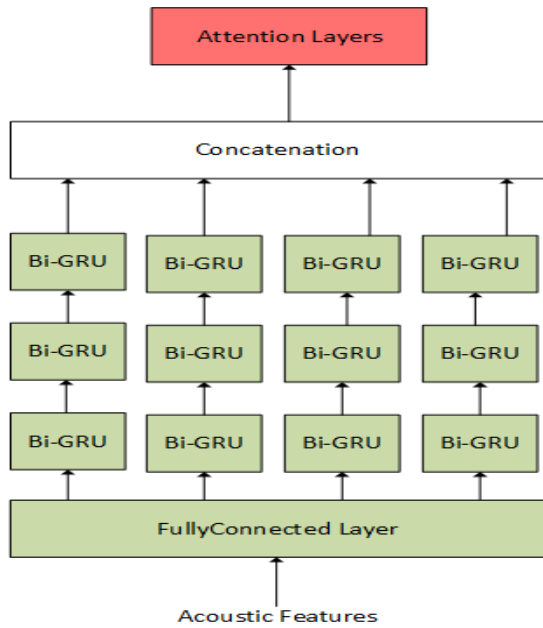


Fig. 2 Multi GRU approach for the encoder part

Table 1. Total number of trainable parameters for the encoder part

Hidden size * # GRUs	# Parameters	Absolute Change
Baseline / 256 * 1	3,179,776	-
128 * 2	1,787,392	-1,392,384
128 * 4	3,566,848	+387,072
64 * 2	553,984	-2,625,792
64 * 4	1,100,032	-2,079,744

3. Experiments

The modified LAS networks' performance for phoneme recognition was examined on TIMIT database, where 3696 sentences from 462 speakers were used for training (SA records were removed), 400 sentences were chosen as the validation data, and the test set contains 192 sentences from 24 speakers. Transcriptions of TIMIT are based on 61 phonemes. However, typical approach is to map those phonemes into 48 for modelling. Further, confusions among some of the phones are not considered as error, so only 39 phoneme categories are used in the evaluation [17].

For the baseline system, all of the GRU layers have 256 hidden states. The networks were trained for 200 epochs, using a batch size of 16, and ADAM optimizer. Learning rate was 3e-4 initially, and reduced by half if there is no improvement after ten epochs. Also, dropout was used after the GRU layers with a 0.5 probability. Pytorch was used to build, test, and train the network.

Torchaudio was used for feature extraction, mel-scaled log filter bank energies were used as the features. Frame length was 25 ms, and frame shift was 10 ms. The number of triangular filters was 30. All other parameters were used as their default values.

The results for the baseline system and the modified versions are given in Table 2. Using four GRUs with the size of 128 yielded the best performance, 16.71%. Only the case where two GRUs with the size of 64 performed worse than the baseline. The results indicate that using a single GRU may not always be the best option. Although the main advantage of the GRUs is the ability to

model long relations of the input, using several GRUs to specialize in the different sections of input can provide extra information to network, which may vanish otherwise. On the other hand, increasing the number of parallel GRUs will increase the training time as the required mathematical operations will increase. Reducing the hidden size may counter this problem, but the observed results showed that it may deteriorate the performance as using 64 hidden nodes performed poor compared to the others.

Table 2. Phoneme error rates (PER, %) for different encoder configurations

Hidden size * # GRUs	PER	Relative Reduction
Baseline / 256 * 1	17.67	-
128 * 2	17.11	3.17
128 * 4	16.71	5.43
64 * 2	17.84	-0.96
64 * 4	17.21	2.60

It should be noted that at the first glance, the performance improvements may be assigned to the increased number of hidden nodes (hence number of trainable parameters). As the GRUs used in the encoder are bi-directional, the output size of the baseline encoder is 512. The best performing system (4 GRUs with 128 nodes) has the output size of 1024. However, if the 2 GRU of 128 nodes is considered, it has the same output size of the baseline, which is 512. Its performance is still 3.17% better than the baseline, relatively. Also, the number of trainable parameters in that case is almost 1,4 million less than the baseline.

Nevertheless, when we reduced the number of trainable parameters of the encoder over 2,6 million, the performance loss was less than 1%. Even a 2.6% PER improvement was achieved with 2 million less parameters for the four GRUs with 64 hidden sizes. Therefore, besides the number of trainable parameters, the architecture itself plays an important role on the final recognition performance. Still, there is a trade-off between the number of parameters and the performance of the network. The results tell us that after reaching a limit, the recognition performance will drop if we further decrease the trainable parameters. This is mainly due to the fact that the network will not have the flexibility to model different patterns and tend to overfit to the training data. So, in the test stage where the network can encounter with some unseen data, it will likely to be misclassified.

4. Conclusions

Phoneme recognition performance of the modified LAS network was examined in this work, using the TIMIT database. Instead of the single GRU of the encoder part, we used two and four GRUs in parallel. Hidden node sizes of 128 and 64 were considered, compared to the 256 nodes of the baseline network. Two GRUs with 64 hidden nodes performed worse than the baseline, however the performance loss was under 1% and about 3-fold less learnable parameters were used. On the other hand, the other modifications achieved better performances. The best performance was achieved with four GRUs with 128 hidden nodes, with 16.71% PER. The relative error reduction for the best case was 5.43%.

The results indicate that the encoder-decoder type end-to-end networks' performances could be increased with this slight modification. By using parallel GRUs, the number of trainable parameters were also reduced, without compromising the performance. However, as the network gets smaller, its performance will decrease. So, a sweet point should be aimed with comparing different networks experimentally.

For further improvements, using different activation functions, different dropout rates, etc. will be considered in the future works. The network can focus on different patterns found in the data with this approach. Also, using different number of hidden nodes in each network may affect the performance. A more detailed investigation is necessary to analyze performances of different architectures. For these mentioned modifications, behavior of the attention may also play an important role in the recognition performance, hence it should also be considered.

References

- [1] C. Kim et al., "A Review of On-Device Fully Neural End-to-End Automatic Speech Recognition Algorithms," in *2020 54th Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers*, 2020, pp. 277–283.
- [2] A. P. Varga and R. K. Moore, "Hidden Markov model decomposition of speech and noise," in *International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 1990, pp. 845–848.
- [3] G. Hinton et al., "Deep Neural Networks for Acoustic Modeling in Speech Recognition: The Shared Views of Four Research Groups," *IEEE Signal Process. Mag.*, vol. 29, no. 6, pp. 82–97, Nov. 2012.
- [4] Yiğit, E., Özkaya, U., Öztürk, Ş., Singh, D. and Gritli, H. "Automatic detection of power quality disturbance using convolutional neural network structure with gated recurrent unit", *Mobile Information Systems*, 2021.
- [5] A. Graves, A. Mohamed, and G. Hinton, "Speech recognition with deep recurrent neural networks," in *2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, 2013, pp. 6645–6649.
- [6] W. Chan, N. Jaitly, Q. Le, and O. Vinyals, "Listen, attend and spell: A neural network for large vocabulary conversational speech recognition," in *2016 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 2016, pp. 4960–4964.
- [7] I. Sutskever, O. Vinyals, and Q. V. Le, "Sequence to sequence learning with neural networks," in *27th International Neural Information Processing Systems*, 2014, pp. 3104–3112.
- [8] D. Bahdanau, K. Cho, and Y. Bengio, "Neural Machine Translation by Jointly Learning to Align and Translate," in *3rd International Conference on Learning Representations*, 2015, pp. 1–15.
- [9] K. Cho et al., "Learning Phrase Representations using RNN Encoder-Decoder for Statistical Machine Translation," in *Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*, 2014, pp. 1724–1734.
- [10] M. T. S. Al-Kaltakchi, W. L. Woo, S. S. Dlay, and J. A. Chambers, "Comparison of I-vector and GMM-UBM approaches to speaker identification with TIMIT and NIST 2008 databases in challenging environments," in *2017 25th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, 2017, pp. 533–537.
- [11] T. Drugman, Y. Stylianou, Y. Kida, and M. Akamine, "Voice Activity Detection: Merging Source and Filter-based Information," *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 23, no. 2, pp. 252–256, Feb. 2016.
- [12] I. Cohen and B. Berdugo, "Speech enhancement for non-stationary noise environments," *Signal Processing*, vol. 81, no. 11, pp. 2403–2418, Nov. 2001.
- [13] S. Davis and P. Mermelstein, "Comparison of parametric representations for monosyllabic word recognition in continuously spoken sentences," *IEEE Trans. Acoust.*, vol. 28, no. 4, pp. 357–366, Aug. 1980.
- [14] F. Seide, G. Li, X. Chen, and D. Yu, "Feature engineering in Context-Dependent Deep Neural Networks for conversational speech transcription," in *2011 IEEE Workshop on Automatic Speech Recognition & Understanding*, 2011, pp. 24–29.
- [15] S. Yang, X. Yu, and Y. Zhou, "LSTM and GRU Neural Network Performance Comparison Study: Taking Yelp Review Dataset as an Example," in *2020 International Workshop on Electronic Communication and Artificial Intelligence (IWECAI)*, 2020, pp. 98–101.
- [16] T. Luong, H. Pham, and C. D. Manning, "Effective Approaches to Attention-based Neural Machine Translation," in *Proceedings of the 2015 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, 2015, pp. 1412–1421.
- [17] K.-F. Lee and H.-W. Hon, "Speaker-independent phone recognition using hidden Markov models," *IEEE Trans. Acoust.*, vol. 37, no. 11, pp. 1641–1648, 1989.



A Color Image Scrambling Method Based on Zigzag Transform and Cross-channel Permutation

Mehmet Demirtaş^{1*}

^{1*} Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-9018-3124),
mdemirtas@erbakan.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1106823)

ATIF/REFERENCE: Demirtaş, M. (2022). A Color Image Scrambling Method Based on Zigzag Transform and Cross-channel Permutation. *European Journal of Science and Technology*, (36), 91-95.

Abstract

It is a challenging task to maintain the privacy and security of color images that are shared over public networks. To address this challenge, image encryption methods can be used to protect the confidentiality of the shared image. As a part of spatial domain-based image encryption, the scrambling process aims to reduce the correlation between adjacent pixels. Furthermore, the correlation between different channels of an RGB color image can be decreased by applying a cross-channel permutation. To achieve both decorrelations, this paper presents a new image scrambling method that is based on zigzag transform and cross-channel permutation. Firstly, a color image's red, green, and blue channels are obtained, and the zigzag transform is applied to each channel, respectively. The transformed channels are concatenated for further shuffling. A chaotic tent map is employed to create the necessary parameters to perform cross-channel permutation. The cross-channel permutation ensures swapping pixels between different channels. Performance measures of the proposed method show that the correlation coefficients of an RGB image can be significantly reduced. The information entropy of each channel is also greatly increased with this method. The average execution time is found to be less than 0.08 s for a 256 x 256 color image, indicating that the proposed method can be used in image encryption applications.

Keywords: color image encryption, cross-channel permutation, image scrambling, tent map, zigzag transform.

Zigzag Dönüşümü ve Kanallar Arası Permütasyona Dayalı Bir Renkli Görüntü Karıştırma Yöntemi

Öz

Genel ağlar üzerinden paylaşılan renkli görüntülerin gizliliğini ve güvenliğini sağlamak zorlu bir iştir. Paylaşılan görüntünün gizliliğini korumak için görüntü şifreleme yöntemleri kullanılabilir. Uzamsal alan tabanlı görüntü şifrelemenin bir parçası olarak, karıştırma işlemi, bitişik pikseller arasındaki korelasyonu azaltır. Ayrıca, bir renkli görüntünün farklı kanalları arasındaki korelasyon, kanallar arası bir permütasyon ile azaltılabilir. Bu makale zikzak dönüşümüne ve çapraz kanal permütasyonuna dayanan yeni bir görüntü karıştırma yöntemi sunmaktadır. İlk olarak renkli bir görüntünün kırmızı, yeşil ve mavi kanallarına zikzak dönüşümü uygulanır. Kanallar arası permütasyon gerçekleştirmek için gerekli parametreler kaotik bir çadır haritası ile elde edilir. Çapraz kanal permütasyonu, farklı kanallar arasında piksellerin değiştirilmesini sağlar. Önerilen yöntemin performans ölçümleri, bir RGB görüntüsünün korelasyon katsayılarının önemli ölçüde azaltılabileceğini göstermektedir. Bu yöntemle her kanalın bilgi entropisi de büyük ölçüde artırılır. 256 x 256 renkli bir görüntü için ortalama yürütme süresinin 0.08 s'den az olduğu tespit edilmiştir ve bu da önerilen yöntemin görüntü şifreleme uygulamalarında kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: çadır haritası, görüntü karıştırma, kanallar arası permütasyon, renkli görüntü şifreleme, zikzak dönüştürme.

* Corresponding Author: mdemirtas@erbakan.edu.tr

1. Introduction

Image encryption refers to the process of making a transmitted image unidentifiable to third parties. When both the location and value of pixels in an image change, this is called spatial domain-based image encryption (Kaur & Kumar, 2020). The spatial domain-based image encryption methods generally consist of two stages: scrambling and diffusion. In the scrambling stage, pixel values of the transmitted image are kept unchanged, but pixel positions are shuffled. Generally, a chaotic map (Muthu & Murali, 2021) can be employed to determine the shuffling positions so that correlation between adjacent pixels can be reduced. For a color image, correlations between R, G, and B channels should also be reduced (Z. Li, Peng, Tan, & Li, 2020).

Zigzag transform scans all elements of a matrix in zigzag form and creates a 1D array (Gao & Wang, 2021). This 1D array can be reshaped as a 2D matrix to be the same size as the original matrix. Therefore, a plain image, which can be represented as a 2D matrix, can be scrambled using a zigzag transform (Gao & Wang, 2021; Wang & Chen, 2021; Xingyuan, Junjian, & Guanghui, 2019; Zhang & Gong, 2022). An example of zigzag transformation is shown in Fig. 1 for a 3 x 3 matrix. Although the zigzag transform can be used to shuffle a matrix, it has some weaknesses. The elements in the matrix are scanned adjacently, which means that the correlation between neighboring elements cannot be reduced by the desired amount. Therefore, additional pixel scrambling is generally needed (Ramasamy, Ranganathan, Kadry, Damaševičius, & Blažauskas, 2019). In this paper, a chaotic tent map (C. Li, Luo, Qin, & Li, 2017) is utilized to calculate the required sequences for further scrambling.

In this study, as shown in Fig. 1, 1D arrays are obtained using a zigzag transform for each channel of the plain image. Subsequently, these 1D arrays are concatenated horizontally. The concatenated 1D matrix is resized as a 2D matrix. Finally, the columns of this 2D matrix are shuffled according to the parameters produced by the chaotic tent map. To sum up, in-channel scrambling is achieved by zigzag transformation; and cross-channel scrambling is performed using a chaotic tent map.

In Section 2, the proposed color image scrambling method is explained. Section 3 presents the performance evaluation of the proposed method. Finally, in Section 4, the overall study is summarized.

2. Material and Method

2.1. The Chaotic Tent Map

The chaotic tent map is a one-dimensional, discrete, and non-invertible map and it can be expressed as in Eq. (1).

$$x_{n+1} = \begin{cases} rx_n & \text{if } x_n < 0.5, \\ r(1 - x_n) & \text{otherwise} \end{cases}, \quad (1)$$

where r is the control parameter between 0 and 2. When the control parameter is selected sufficiently close to 2, this map shows fully chaotic behavior in (0,1) (Kanso, 2011). The map shown in (1) will produce completely different values for two slightly different initial values. If the initial value x_0 is selected as a plain color image dependent value, then entirely different chaotic sequences can be generated even if there are two very similar plain images. As a result, very similar plain images can produce totally different scrambled images.

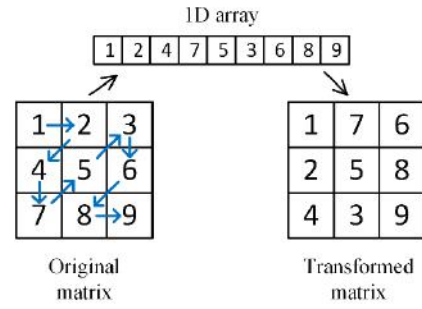


Figure 1. Zigzag transform of 3 x 3 matrix

2.2. The Proposed Color Image Scrambling Method

A color image P with a size of $M \times N$ is the input plain image. Three channels of the plain image are obtained as R , G , and B . The proposed color image scrambling method's steps are given as follows.

Step 1 R , G , and B channels are transformed using a zigzag transform to obtain three 1D arrays named R_z , G_z , and B_z .

Step 2 R_z , G_z , and B_z arrays are concatenated horizontally to create a $1 \times 3MN$ array. This array is reshaped as a 2D matrix with a size of $3 \times MN$ named P_z .

Step 3 The chaotic tent map in (1) is iterated for $MN + L$ times with an initial condition x_0 . The control parameter is selected as $r = 1.9999$ and the initial condition x_0 , and L are calculated using the following equations.

$$x_0 = \text{mod} \left(\frac{\text{sum}(R + G + B)}{3MN}, 0.5 \right) + k_1 \quad (2)$$

$$L = \text{mod}(\text{sum}(R + G + B), 1000) + 100k_2 \quad (3)$$

where $\text{sum}(R + G + B)$ represents the total sum of all pixel values in the plain image. The secret keys $k_1 \in [0,0.5]$ and $k_2 \in \mathbb{N}$ can be determined by the user.

Step 4 The first L values are discarded to get rid of the transient effects. A pseudo-random chaotic sequence is obtained as $S_x = \{x_1, x_2, \dots, x_{MN}\}$, where all elements range from 0 to 1. The elements in S_x are sorted in ascending order. The index vector $C = (c_1, c_2, \dots, c_{MN})$, which marks the positions of the sorted elements in the original sequence S_x , is obtained.

Step 5 The index vector is used to shuffle columns of the matrix P_z . The following swapping expression is used to perform this operation.

$$P_{zs}(:, i) = P_z(:, C(i)) \quad (4)$$

where P_{zs} is the shuffled matrix with a size of $3 \times MN$ and $i = 1, 2, \dots, MN$.

Step 6 The first, second, and third rows of the P_{zs} represent shuffled red, green, and blue channels, respectively. Each row is reshaped as a 2D matrix to obtain R_s , G_s , and B_s . Finally, those three shuffled matrices are combined to obtain the shuffled color image P_s .

2.2. Descrambling Process

The descrambling of the shuffled image can be achieved by executing the scrambling method in reverse order



Figure. 2 Plain image and scrambled image

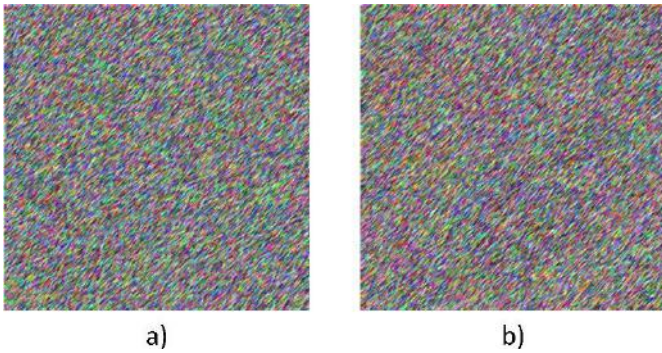


Figure. 3 Key sensitivity analysis a) Descrambling with $k_1 + 10^{-16}$ b) Descrambling with $k_2 - 1$

3. Results and Discussion

To test the proposed image scrambling method's performance, key sensitivity analysis, correlation analysis, entropy analysis, differential analysis, and execution time analysis are carried out. Two standard color Lena images (256 x 256 and 512 x 512) are used during the experimental work. In Fig.2., the plain 256x256 Lena image and its corresponding scrambled image are shown.

3.1. Key Sensitivity Analysis

There are two different parameters selected as the secret keys in this work: $k_1 \in [0,0.5]$ and $k_2 \in \mathbb{N}$. These parameters are selected as $k_1 = 0.25$ and $k_2 = 100$ for the scrambling process shown in Fig. 2. If these secret keys are known precisely, the plain image can be obtained from the scrambled image by the descrambling process. However, even if there is a slight change in a secret key, the descrambled image should be different from the plain image. This is called key sensitivity. To test the proposed method's key sensitivity, k_1 and k_2 are changed by 10^{-16} and 1, respectively. The descrambled images for the slightly changed secret keys are shown in Fig 3. These images are entirely different from the plain image; therefore, the proposed image scrambling method is sensitively dependent on secret keys.

3.2. Correlation Analysis

A plain image's neighboring pixels have very similar pixel values, which causes a high correlation in horizontal, vertical, and diagonal directions. Image scrambling's objective is to reduce these high correlations. To visualize the correlation change, 5000 different pixel pairs are randomly chosen from the plain and scrambled Lena images, in three directions. The distribution of the selected pixel pairs is shown in Fig. 4. As is seen in Fig.4, the strong correlation observed in the plain image is greatly reduced with the help of the proposed scrambling process in all directions.

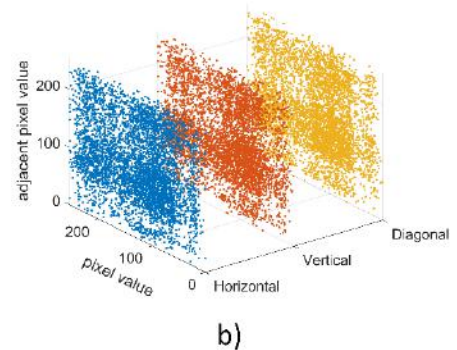
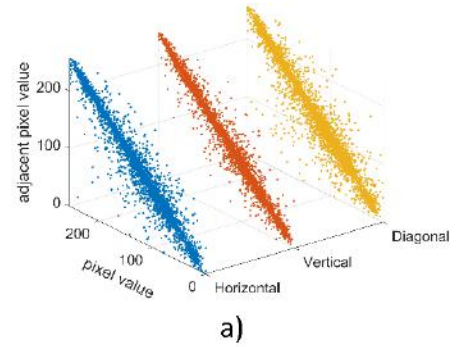


Figure. 4 Correlation analysis a) Plain Lena b) Scrambled Lena

Table 1. Correlation coefficients for plain and scrambled Lena images with different sizes

	Correlation coefficient		
	Horizontal	Vertical	Diagonal
Plain Lena (256x256)	0.95624	0.98108	0.94217
Scrambled Lena (256x256)	0.00809	0.01753	0.01255
Plain Lena (512x512)	0.97795	0.98731	0.97136
Scrambled Lena (512x512)	-0.01313	0.01202	0.00954

The correlation coefficient c , which can be used to quantify the correlation change, is expressed as in (5).

$$c = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - E(x))(y_i - E(y))}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - E(x))^2 \sum_{i=1}^n (y_i - E(y))^2}} \quad (5)$$

where x and y are the neighboring pixel values, n is the number of randomly chosen pixel pairs, and $E(x)$ and $E(y)$ are the means of x_i and y_i pixel values, respectively. The correlation coefficient should be close to 1 and 0 for the plain image and scrambled image, respectively.

5000 different pixel pairs are randomly chosen from the plain and scrambled Lena images, in horizontal, vertical, and diagonal directions. The correlation coefficients are computed using Eq. (5) and listed in Table 1 for two Lena images with sizes of 256 x 256 and 512 x 512. The calculated correlation coefficient values in all directions show that the strong correlations of the plain images are reduced by the scrambling method.

Table 2. Information entropies for plain and scrambled Lena images with different sizes

	Information entropy	
	Plain	Scrambled
Lena(256x256)		
Red channel	7.28331229	7.76153114
Green channel	7.58510891	7.75970589
Blue channel	7.04193705	7.76136489
Lena(512x512)		
Red channel	7.25310236	7.75019948
Green channel	7.59403792	7.74912571
Blue channel	6.96842695	7.75010782

3.3. Information Entropy Analysis

Information entropy can be used as an indication of randomness for the plain and scrambling images. Its value should be larger for scrambled images. Ideally, it should be equal to 8 for every channel of an RGB color image. A signal's information entropy can be calculated as in (6).

$$H = - \sum_{i=0}^{255} P(s_i) \log_2 P(s_i) \quad (6)$$

where $P(s_i)$ is the probability of occurrence of s_i . Table 2 lists the information entropy values for plain and scrambled Lena images with different sizes. The increase in the randomness due to the scrambling method is demonstrated.

3.4. Differential Analysis

A good scrambling algorithm should produce two very different scrambled images for two slightly different plain images. Therefore, a scrambling method must be sensitive to the input plain image. The sensitivity to the plain image can be evaluated using a metric named Number of Pixel Change Rate (NPCR), which computes the ratio of the number of different pixels between two scrambled images. Theoretically, the NPCR value should be close to 99.61% (Y. Li, Wang, & Chen, 2017). NPCR can be calculated using the Eqs. (7) and (8).

$$NPCR = \frac{1}{M \times N} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M D(i, j) \times 100 \% \quad (7)$$

$$D(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } S_1(i, j) \neq S_2(i, j) \\ 0 & \text{if } S_1(i, j) = S_2(i, j) \end{cases} \quad (8)$$

where S_1 and S_2 are scrambled images, whose corresponding plain images have only one pixel difference. To find NPCR values, a pixel is randomly chosen from the plain Lena image and its value is changed by 1. Then, the modified plain image is scrambled using the proposed method to acquire S_1 and S_2 . In this way, the NPCR value of each channel can be calculated using (7) and (8). In Table 3, NPCR values are listed for Lena images with different sizes. The calculated NPCR values are very close to the theoretical values, which means that this scrambling method can resist differential attacks.

3.5. Execution Time

The proposed algorithm is run on MATLAB 2017b. The scrambling time and descrambling time of the proposed algorithm are measured by a PC with an Intel Core 2.80 GHz processor and 16 GB RAM. Table 4 lists the average scrambling and descrambling times when the algorithm is executed 10 times. A

Table 3. NPCR values for Lena images with different sizes

	NPCR (%)		
	Red	Green	Blue
Lena (256x256)	99.50256	99.46899	99.48730
Lena (512x512)	99.48120	99.49150	99.48540

Table 4. Scrambling and descrambling times for Lena images with different sizes

	Time (s)	
	Scrambling	Descrambling
Lena (256x256)	0.0779	0.0417
Lena (512x512)	0.2430	0.1433

color image with a size of 512x512 can be scrambled under 0.25 s with this method. Similarly, for a 256x256 color image, the scrambling time is less than 0.08 s. The execution times are short enough to use the suggested image scrambling method in real-time image encryption algorithms.

4. Conclusions and Recommendations

In this paper, a novel, fast and secure image scrambling method, which is based on zigzag transformation and cross-channel permutation, is proposed. The proposed method's several performance parameters are simulated for two color Lena images with sizes of 256x256 and 512x512. The scrambling method is shown to be very sensitive to the secret keys. Also, it can significantly reduce the correlation between adjacent pixels. The information entropy of the plain image is highly increased with the help of the scrambling method. Moreover, the differential analysis proves that the method can withstand differential attacks due to the NPCR values close to ideal ones. The method is also very fast as shown in the execution time analysis, which means that it can be applied to image encryption schemes.

References

- Gao, H., & Wang, X. (2021). Chaotic Image Encryption Algorithm Based on Zigzag Transform With Bidirectional Crossover From Random Position. *IEEE Access*, 9, 105627-105640. doi:10.1109/ACCESS.2021.3099214
- Kanso, A. (2011). Self-shrinking chaotic stream ciphers. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 16(2), 822-836. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2010.04.039>
- Kaur, M., & Kumar, V. (2020). A Comprehensive Review on Image Encryption Techniques. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 27(1), 15-43. doi:10.1007/s11831-018-9298-8
- Li, C., Luo, G., Qin, K., & Li, C. (2017). An image encryption scheme based on chaotic tent map. *Nonlinear Dynamics*, 87(1), 127-133. doi:10.1007/s11071-016-3030-8
- Li, Y., Wang, C., & Chen, H. (2017). A hyper-chaos-based image encryption algorithm using pixel-level permutation and bit-

- level permutation. *Optics and Lasers in Engineering*, 90, 238-246. doi:<https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2016.10.020>
- Li, Z., Peng, C., Tan, W., & Li, L. (2020). A Novel Chaos-Based Color Image Encryption Scheme Using Bit-Level Permutation. *symmetry*, 12(9), 1497. doi:<https://doi.org/10.3390/sym12091497>
- Muthu, J. S., & Murali, P. (2021). Review of Chaos Detection Techniques Performed on Chaotic Maps and Systems in Image Encryption. *SN Computer Science*, 2(5), 392. doi:10.1007/s42979-021-00778-3
- Ramasamy, P., Ranganathan, V., Kadry, S., Damaševičius, R., & Blažauskas, T. (2019). An Image Encryption Scheme Based on Block Scrambling, Modified Zigzag Transformation and Key Generation Using Enhanced Logistic—Tent Map. *entropy*, 21(7). doi:10.3390/e21070656
- Wang, X., & Chen, X. (2021). An image encryption algorithm based on dynamic row scrambling and Zigzag transformation. *Chaos, Solitons & Fractals*, 147, 110962. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chaos.2021.110962>
- Xingyuan, W., Junjian, Z., & Guanghui, C. (2019). An image encryption algorithm based on ZigZag transform and LL compound chaotic system. *Optics & Laser Technology*, 119, 105581. doi:<https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2019.105581>
- Zhang, X., & Gong, Z. (2022). Color image encryption algorithm based on 3D Zigzag transformation and view planes. *Multimedia Tools and Applications*. doi:10.1007/s11042-022-13003-x



Determination of Weibull Coefficients for Hatay Region by Polynomial Curve Fitting in Matlab

Ayşe Gül Kaplan^{1*}, Yusuf Alper Kaplan²

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

² Osmaniye Korkut Ata University, Faculty of Engineering, Department of Energy Systems Engineering, Osmaniye, Turkey, (ORCID: 0000-0003-1067-110X), alperkaplan@osmaniye.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1106944)

ATIF/REFERENCE: Kaplan, A. G. & Kaplan, Y. A. (2021). Determination of Weibull Coefficients for Hatay Region by Polynomial Curve Fitting in Matlab. *European Journal of Science and Technology*, (36), 96-100.

Abstract

Today's ever-increasing energy demands necessitate the development of new energy sources. Renewable energy sources, in particular, have emerged as a critical source of energy for both industrialized and developing countries. Wind energy is one of the most important forms of renewable energy, however the constant variance in wind speed raises several concerns. The wind energy potential of the Hatay region was assessed in this study. The most essential factor for Hatay's selection is the region's high wind energy investments due to its wind potential, as contrasted to the actual wind potential. By using the wind data obtained from the general directorate of meteorology, the potential of the selected region in terms of wind energy has been evaluated. The coefficients of the Weibull distribution function were calculated using polynomial curve fitting in Matlab. The average wind speed of the region was estimated and using these coefficients, the average wind power of the selected region was determined. The performance of this method was evaluated using various statistical error analysis methods and the findings were compared with actual wind speed data.

Keywords: Weibull Distribution, Polynomial Curve Fitting, Statistical Test, Renewable Energy, Wind Energy.

Hatay Bölgesi İçin Matlabda Polinom Eğri Uydurma İle Weibull Katsayılarının Belirlenmesi

Öz

Günümüzün sürekli artan enerji talepleri, yeni enerji kaynaklarının geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Özellikle yenilenebilir enerji kaynakları, hem sanayileşmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için kritik bir enerji kaynağı olarak ortaya çıkmıştır. Rüzgar enerjisi, yenilenebilir enerjinin en önemli biçimlerinden biridir, ancak rüzgar hızındaki sabit değişkenlik bazı endişeleri beraberinde getirir. Bu çalışmada Hatay bölgesinin rüzgar enerjisi potansiyeli değerlendirilmiştir. Hatay'ın seçiminde en önemli etken, bölgenin rüzgar potansiyelinden dolayı gerçek rüzgar potansiyelinden farklı olarak yüksek rüzgar enerjisi yatırımlarıdır. Meteoroloji genel müdürlüğünden elde edilen rüzgar verileri kullanılarak seçilen bölgenin rüzgar enerjisi açısından potansiyeli değerlendirilmiştir. Weibull dağılım fonksiyonunun katsayıları, Matlab'da polinom eğri uydurma kullanılarak hesaplanmıştır. Bölgenin ortalama rüzgar hızı tahmin edilmiş ve bu katsayılar kullanılarak seçilen bölgenin ortalama rüzgar gücü belirlenmiştir. Bu yöntemin performansı, çeşitli istatistiksel hata analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir ve bulgular gerçek rüzgar hızı verileriyle karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Weibull Dağılımı, Polinom Eğri Uydurma, İstatistiksel Test, Yenilenebilir Enerji, Rüzgar Enerjisi.

* Corresponding Author: aysegulkaplan@osmaniye.edu.tr

1. Introduction

With population expansion and technological advancements, the demand for energy has been steadily increasing in recent years (Kaplan, 2015). As a result, the quest for new energy supplies has become a top priority for the entire world. Energy is the most essential aspect that influences a country's economic structure. As is generally known, energy is considered as a strategic case that impacts international relations, including political and military confrontations, as well as the internal dynamics of countries. Energy is also a critical component of global economic and social growth (Kaplan, 2017). Because wind energy is an environmentally favorable future energy supply, it has been used in irrigation, wheat processing, vessels, and many other fields. Furthermore, wind energy is employed to address the world's future energy needs, which will be the most pressing issue. Because of their economic clout, they are also a formidable political force. Wind energy is currently viewed as a viable alternative to fossil fuels, as well as a means of assisting local economies in the future. In order to meet the world's energy demands, renewable energy will be used instead of fossil fuels (Capika, Yılmaz & Cavusoglu, 2012)(Gabbasa, Sopian, Yaakob, Zonooz, Fudholi & Asim 2013).

The goal of this study is to determine Hatay's wind energy potential. The wind energy of the region is evaluated using five years of data from the General Directorate of State Meteorology on wind speed measured at a height of ten meters. The convenient of Weibull and Rayleigh Distribution Functions with measured real data scientifically analyzed for the region based on hourly-recorded wind speed data. The use of the least cross entropy concept in the calculation of wind speed distribution and wind power density functions was investigated and compared Weibull pdfs (probability density functions) with MinxEnt pdfs (minimal cross-entropy principle) pdfs (Kantar & Usta, 2008). The graphical, maximum likelihood, moment, and energy pattern approaches were all examined (Akdağ & Dinler, 2009). Weibull and Rayleigh probability density functions were used to analyze the wind energy density in the southern and southwestern regions of Turkey (Bilgili & Şahin, 2005). Wind speed data obtained in Camocim and Paracuru were used to evaluate and compare various numerical methods to evaluate efficiency in calculating parameters for the Weibull distribution function (Rocha, Sousa, Andrade & Silva, 2012). A new method was proposed to examine numerical methods to determine the Weibull distribution parameters for wind energy resource estimation (Freitas de Andrade, Maia Neto, Costa Rocha & Vieira da Silva, 2014). The six types of numerical approaches for calculating Weibull parameters that are generally employed were examined (Chang, 2011). Wind data was obtained over a one-year period between June 2012 and June 2013 (Bilir, İmir, Devrim & Albostan, 2015). Wind speed data was gathered from a measurement station situated in the Atlm University campus area (Ankara, Turkey) for two distinct heights (20 m and 30 m) and recorded as one minute average values using a data logger. Weibull's shape (k) and scale (c) parameters were obtained using five different methods.

2. Material and Method

2.1. The Wind Characteristic of Hatay Region

Hatay is located in the southern part of our country, as indicated in Figure 1. It is bordered on the west by the Mediterranean, on the south and east by Syria, on the northwest by Adana, on the north by Osmaniye, and on the northeast by Gaziantep. The goal of this research is to determine Hatay's wind energy potential. The General Directorate of State Meteorology provided us with five years of wind speed data taken at a height of ten meters. The region's wind energy potential has been statistically assessed using Weibull Distribution Functions based on hourly-measured wind speed data.

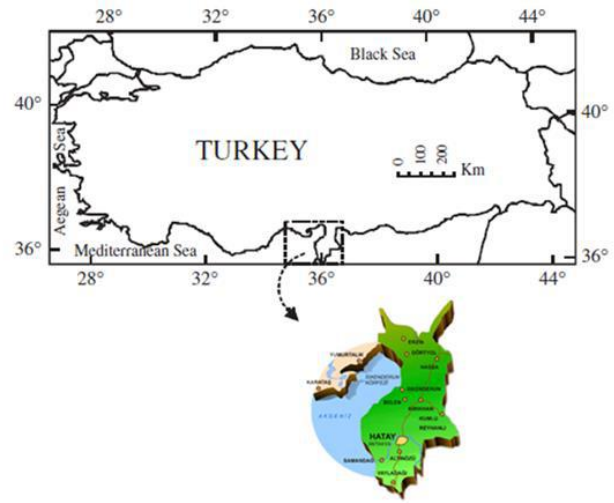


Figure 1. The map of Hatay (Şekil 1. Hatay haritası)

The density of wind directions is shown in Figure 2 as a function of wind frequency. A five-year wind data set is used to determine the main wind direction in Hatay. Summers are scorching hot and dry, while winters are mild and rainy. The average monthly temperature in Hatay, where the average yearly temperature ranges from 15.1 to 20 ° C, is highest in summer and lowest in winter.

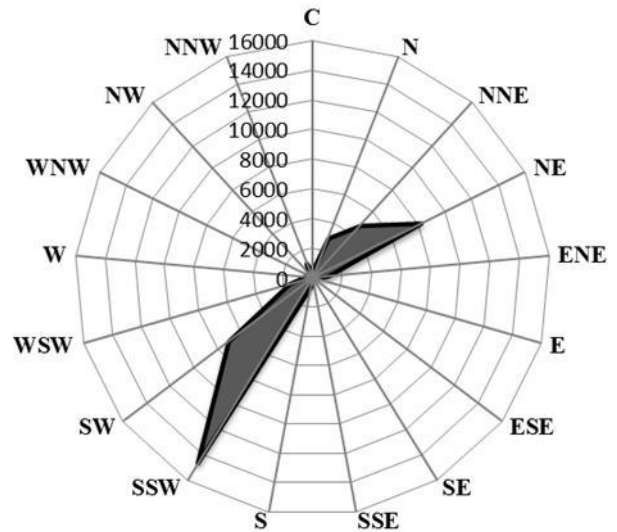


Figure 2: The variation of the wind directions. (Şekil 2. Rüzgar yön dağılımları)

2.2. Statistical Analysis

The wind speed distribution can be determined using a variety of distribution functions. The Weibull and Rayleigh distribution functions with two parameters are the most widely used. Because it is one-parameter, the Rayleigh distribution is less flexible than the Weibull. The Rayleigh distribution, on the other hand, makes parameter calculation easier.

2.2.1. Weibull Distribution Function

The Weibull Distribution Function is a good approximation for probability rules of many natural phenomena. For a long time this function has been used to show wind speed distributions for use in wind turbine studies. For more than half a century, the Weibull Distribution Function has attracted the attention of statisticians working on theory and methods and other branches of statistics (Azad, Rasul, Alam, Uddin & Mondal, 2014).

The wind data analysis of a region is prepared using pre-measured values to anticipate the region's potential performance. Hourly wind speed and direction information are observed in a location, and statistical results are computed to estimate the frequency and likelihood of the observed findings (Bilgili & Şahin, 2005)(Kim & Yum, 2008).

$$p(v_i) = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^N f_i} \quad (1)$$

Here, the frequency of occurrence of each speed class is f_i , and the number of hours in the time period analyzed is n . $p(v_i)$ is the cumulative probability density.

For wind speed, the two-parameter Weibull distribution function is provided by Eq. (2) and as a cumulative distribution function by Eq. (3) (Ahmet Shata & Hanitsch, 2006)(Kose, Arif, Erbas & Tugcu, 2004):

The two-parameter Weibull's general statement is given by,

$$p(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (2)$$

The cumulative function of wind speed can be attained by computing the integral of the probability density function is given by,

$$P(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (3)$$

Where $p(v)$ is the observed probability density function, $P(v)$ is the cumulative probability density function, shape (k) and scale (c) parameter of Weibull distribution function (Kose, Arif, Erbas & Tugcu, 2004) (Yıldırım, Gazibey & Güngör, 2012).

The following equations can be used to estimate the average wind speed ' V_m ' and wind power density ' P_w ' of the Weibull Distribution Function:

$$Vm = c\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (4)$$

$$P_w = \frac{1}{2} \rho c^3 \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \quad (5)$$

Here Γ denotes the gamma function given in the figure below.

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} e^{-u} u^{x-1} du \quad \text{ve} \quad \Gamma(1+x) = x\Gamma(x) \quad (6)$$

Figure 3 shows the actual probability density function and cumulative probability distributions calculated from Hatay's long-term wind speed data.

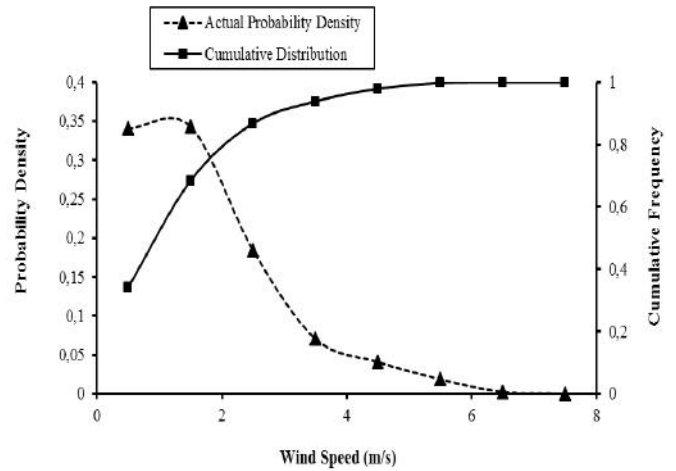


Figure 3: The wind speed probability density and cumulative distribution data of Hatay (Şekil 3. Hatay'ın rüzgar hızı olasılık yoğunluğu ve kümülatif dağılım verisi)

2.2.2. Polynomial Curve Fitting

Generally, the data obtained as a result of experimental studies are point values. There is no continuous function definition between the data. In such cases, the data; $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ are given as pairs of points. For $j = 1, \dots, n$, it is desired to find the $f(x)$ function so that $f(x_j) \approx y_j$.

The problem of "curve fitting" is the determination of another function closest to the function in the point-by-point values of a function, or the search for new functions that can facilitate calculations by replacing functions that are difficult to use in practice. The curve fitting problem can be easily done in Matlab. For this process, first of all, x_j and y_j data are needed (Yang, Cao, Chung & Morris, 2005).

3. Results and Discussion

3.1. Numerical Results

In this study, two distribution functions are compared that it was compatible with actual data. Using polynomial curve fitting in Matlab, a linear equation was obtained. Figure 4 depicts this graph.

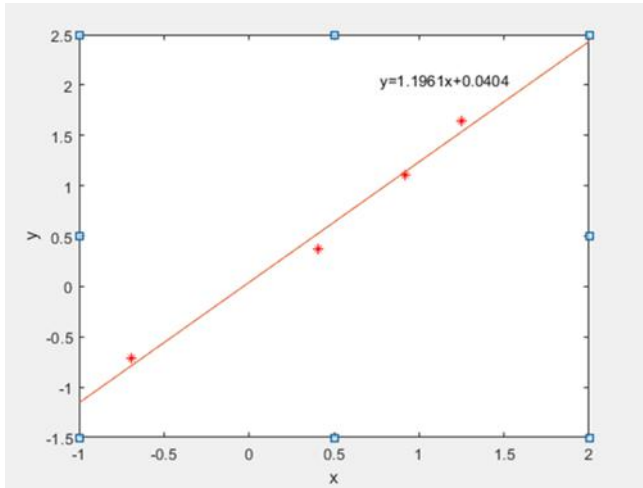


Figure 4: The linear curve fitting in Matlab program(Şekil 4. Matlab programında lineer eğri uydurma)

In order to evaluate the wind potential of the chosen area, long-term wind data must be measured. Each month's form and scale parameters are determined separately. To identify the parameters of distribution functions, polynomial curve fitting in Matlab program is utilized. The parameter values are calculated as $a = 1.1961$ $c = 0.9668$.

3.2. Statistical Error Analysis

In this study, two different statistical error tests were performed to show the accuracy and suitability of the proposed method. The used statistical indicators are: The root mean square error (RMSE) and The analysis of variance (R^2) (Kaplan, 2017).

- The root mean square error (RMSE)

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

- The analysis of variance (R^2)

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_a) \times (y_i - y_a)}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (x_i - x_a)^2] \times [\sum_{i=1}^n (y_i - y_a)^2]}} \quad (8)$$

Table 1. Comparison of Real and Estimated Values (Tablo 1. Gerçek ve Tahmin Edilen Değerlerin Karşılaştırılması)

Actual Values		Polynomial Curve Fitting Values		Statistical Error Tests	
V_m	P_m	V_w	P_w	RMSE	R^2
1.5244	2.1697	0.9102	1.8561	0.0417	0.8979

Average wind speed and average wind power values were calculated with real data and estimated by weibull distribution function. These values were compared in Table 1 and the performance of the method used was evaluated in two separate statistical error tests.

4. Conclusions and Recommendations

The Hatay region, which has a lot of wind energy potential, was chosen for this investigation. The average wind speed and average wind energy potential of the region were estimated after an examination of the region's wind characteristics. The results generated using the Weibull distribution function were compared to the real wind speed and wind power values. Polynomial curve fitting in Matlab program was used to find the parameters of the Weibull distribution function. Obtained parameters were used to estimate the average wind energy power of the region. Different statistical error analysis tests were used to examine the concordance of the results with real data and the method's performance. The procedure adopted was successful, according to the results. The scope of this article can be expanded and detailed in future studies by comparing different numerical approaches to assess the region's wind energy potential.

References

- Ahmet Shata, S.A., & Hanitsch, R. (2006). Evaluation of wind energy potential and electricity generation on the coast of Mediterranean Sea in Egypt. *Renewable Energy*, 31, 1183–1202.
- Akdağ, S.A., & Dinler A. (2009). A new method to estimate Weibull parameters for wind energy applications. *Energy Conversion and Management*, 50, 1761-1766.
- Azad, A.K., Rasul, M.G., Alam, M.M., Uddin, S.M.A., & Mondal, S.K., (2014). Analysis of Wind Energy Conversion System Using Weibull Distribution. *Procedia Engineering*, 90, 725–732.
- Bilgili, M., & Şahin, B. (2005). The finding of weibull parameters at the determination of Wind Power density. *New and Renewable Energy / Energy Management Symposium, Kayseri*, 229-234.
- Bilir, L., İmir, M., Devrim, Y., & Albostan A., (2015). Seasonal and yearly wind speed distribution and wind power density analysis based on Weibull distribution function. *International Journal of Hydrogen Energy*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.04.140>.
- Chang, T.P., (2011). Performance comparison of six numerical methods in estimating Weibull parameters for wind energy application. *Applied Energy*, 88, 272–282.
- Capika, M, Yılmaz, A.O., & Cavusoglu, I., (2012). Present situation and potential role of renewable energy in Turkey. *Renewable Energy*, 46, 1-13.
- Freitas de Andrade, C., Maia Neto, H. F., Costa Rocha, P. A., & Vieira da Silva, M. E. (2014). An efficiency comparison of numerical methods for determining Weibull parameters for wind energy applications: A new approach applied to the northeast region of Brazil. *Energy Conversion and Management*, 86, 801–808,
- Gabbasa, M., Sopian, K., Yaakob, Z., Zonooz, M., Fudholi, A., & Asim N. (2013). Review of the energy supply status for sustainable development in the Organization of Islamic Conference. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 18–28.
- Kantar, Y.M., & Usta, I., (2008). Analysis of wind speed distributions: wind distribution function derived from minimum cross entropy principles as better alternative to Weibull function. *Energy Conversion and Management*, 49, 962–973.

- Kaplan, Y. A. (2017). Determination of the best Weibull methods for wind power assessment in the southern region of Turkey. *IET Renewable Power Generation*, 11, 175-182.
- Kaplan, Y.A. (2015). Overview Of Wind Energy In The World And Assesment of Current Wind Energy Policies in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43 C, 562-568.
- Kim, J.S., Yum, B.J., (2008). Selection Between Weibull and Lognormal Distributions: A Comparative Simulation Study. *Computational Statistics & Data Analysis*, 53, 477-485.
- Kose, R., Arif, M.O., Erbas, O., & Tugcu, A. (2004). The analysis of wind data and wind energy potential in Kutahya, Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8, 277-288.
- Rocha, P.A.C.R., Sousa, R.C.D., Andrade, C.F.D, & Silva M.E.V.D. (2012). Comparison of seven numerical methods for determining Weibull parameters for wind energy generation in the northeast region of Brazil. *Applied Energy*, 89, 395-400.
- Yang, W.Y., Cao, W., Chung, T.S., & Morris, J. (2005). *Applied Numerical Methods Using Matlab*. Wiley.
- Yıldırım, U., Gazibey, Y., Güngör, A., (2012). Wind Energy Potential of Niğde. *Journal of Niğde University*, 1, 37-47.



5xxx Serisi Alüminyum Alaşımları için TIG Kaynak İşleminin Mekanik Davranışlarına Olan Etkisinin İncelenmesi

Furkan Emin Buğan^{1*}, Tufan Altıparmak², Yasin Akgül³, Mevlüt Karaca⁴

¹ Tirsan Trailer Inc, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9951-8018), furkan.bugan@tirsan.com

² Tirsan Trailer Inc, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3292-004X), tufan.altiparmak@tirsan.com

³ Karabük Üniversite, Demir Çelik Enstütüsü, Karabük, Turkey, (ORCID: 0000-0001-5643-5968), vasinagul@karabuk.edu.tr

⁴ Karabük Üniversite, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Karabük, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9644-3663), mmevlutkaraca@karabuk.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1111681)

ATIF/REFERENCE: Buğan, F. E., Altıparmak, T., Akgül, Y. & Karaca, M. (2022). 5xxx Serisi Alüminyum Alaşımları için TIG Kaynak İşleminin Mekanik Davranışlarına Olan Etkisinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 101-105.

Öz

Basınçlı alüminyum silobaslar, kara yolu taşımacılığında Avrupa birliği standartlarının tanımladığı 2014/68/EC basınçlı kaplar yönetmeliğine tabidir. Silobasların üretimde 5xxx serisi alüminyum malzemeleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada basınçlı silobas tankerlerde kullanılan 5186 H111, 5083 H111 ve 5182 H111 serisi alüminyumlar, kendi aralarında veya birbirleriyle olacak şekilde TIG kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. Kaynaklı ve kaynaklı olmayan numunelerden çekme testi yapılarak mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır. Kaynaklı numunelerin kaynak ve ısı tesiri altında kalan bölgelerinin (ITAB) mikro yapısı elektron mikroskobu ile değerlendirilmiştir. Ayrıca, kaynaklı numunelerin kaynak bölgeleri radyografik (röntgen) muayene yöntemi ile incelenmiştir. Sonuçlara göre hem radyografik muayene hem de optik mikroskop görüntülemelerinde kaynak işleminden kaynaklı mikroyapı içerisinde boşluk, çatlak veya süreksizliklere rastlanılmamıştır. Ancak, kaynaklı numunelerin kaynaklı olmayan numunelere göre daha düşük çekme ve akma dayanımı gösterdiği tüm alüminyum bileşenleri için görülmüştür. Yine kaynaklı numunelerin kaynaklı olmayan numunelere göre yüzde uzamalarındaki düşüş oldukça belirgindir.

Anahtar Kelimeler: TIG kaynağı, 5xxx serisi, Alüminyum alaşımları, Çekme testi, Mikroyapı

Investigation of Effect of TIG Welding Process on Mechanical Behavior of 5xxx Series Aluminum Alloys

Abstract

Pressurized aluminum bulk trailers are subject to the 2014/68/EC pressure vessels regulation defined by European Union standards in road transport. 5xxx series aluminum materials are used in the production of silobases. In this study, 5186 H111, 5083 H111 and 5182 H111 series aluminum used in pressure bulk tankers were joined together or with each other by TIG welding method. Tensile test was performed on welded and unwelded samples and their mechanical properties were compared. The microstructure of the regions under the influence of welding and heat (ITAB) of the welded samples was evaluated by electron microscopy. In addition, the weld areas of the welded samples were examined by radiographic (x-ray) examination method. According to the results, no gaps, cracks or discontinuities were found in the microstructure resulting from the welding process in both radiographic examination and optical microscope imaging. However, it was observed for all aluminum components that welded samples showed lower tensile and yield strengths than unwelded samples. Again, the decrease in percent elongation of welded samples compared to unwelded samples is quite evident.

Keywords: TIG welding, 5xxx series, Aluminum Alloys, Tensile Test, Microstructure

1. Giriş

Silobas tankerler, granüllü ürün taşıyan kara araçlarıdır. Kara yollarında 0,5 bar'dan daha büyük basınçlarda ürün taşınması durumunda Avrupa birliğinin 2014/68/AB mevzuatında belirttiği koşullar göz önüne alınarak silobas tankerlerin tasarlanmak ve imal edilmektedir [1, p. 2015]. Standartta göre kaynak işlemi sonrasında akma dayanımı için 0,8 emniyet katsayısı kullanılarak alüminyum parçaların tasarımı yapılmaktadır.

Günümüzde çeliklerden sonra en fazla kullanılan malzemeler alüminyum ve alüminyum alaşımlarıdır. Mühendislerin ve tasarımcıların bu malzemeyi kullanmalarındaki en büyük etkenler hafif olmaları, elektriği ve ısıyı iyi iletmeleri, korozyon dirençleri ve mukavemet özelliklerinin artırılabilirliğidir. Özellikle son yıllarda enerji tasarrufu sağlamak amacıyla hafif ve ekonomik tasarımlar üzerinde çalışılmaktadır. Alüminyum alaşımları, çelik malzemelere göre ortalama üç kat daha hafiftir. Otomobillerde toplam ağırlığında %10'luk azalma %5-10 oranında yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Bu nedenle alüminyum alaşımları otomobiller, otobüsler, trenlerde havacılık ve deniz taşımacılığı gibi bir çok alanda tercih edilmektedir [2]. 5xxx serisi alüminyum alaşımları, endüstriyel ve deniz ortamında çok yüksek korozyon direncine, iyi şekillendirilebilirliğe ve diğer alüminyum alaşımlarından daha iyi bir kaynaklanabilirliğe sahiptirler bu nedenle otomotiv ve deniz yapısal uygulamalarında kullanılmaktadırlar [3].

Tungsten İner Gaz (TIG) kaynağı, tüketilmeyen bir tungsten elektrot ile metal arasında kurulan bir elektrik arkının ürettiği ısının birleşmesi ile çeşitli malzemelerin yüksek kalitede kaynağı için kullanılan bir kaynak işlemidir. İş parçasının ve dolgu çubuğunun bir kaynak oluşturmak için eritilmesi işlemi, duman ve gaz oluşumuna neden olur. Helyum ve argon, kimyasal olarak reaksiyona girmedikleri için koruyucu gazlar olarak kullanılır [4]. TIG, otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan kaynak

yöntemlerinden biridir. TIG kaynağı özellikle, alüminyum, paslanmaz çelik ve alaşımlı çelik grupları için tercih edilmektedir [5]. Yarı otomatik TIG kaynak yöntemi MIG (gaz altı kaynak) kaynağında olduğu gibi kaynak dolgu malzemesini kaynak bölgesine kontrollü bir şekilde ileten bir tertibat vardır. Bu tertibat yardımıyla, kaynak teli verilen besleme hızına göre torcun ucuna ilerleyerek uç kısmında ergiyip ana malzeme ile karışıp kaynak işlemini tamamlar. Yine bu tertibat, tel halindeki ek kaynak metalini, ayarlanmış bir hız ile eğilip bükülebilir bir kılavuz içinde torcun uç kısmına dıştan takılmış bulunan bir meme ile ark bölgesine gönderir ve tel orada ergiyip esas metal ile karışıp kaynak metalini oluşturur. Doğru akımlı TIG kaynak yöntemi genellikle otomatik kaynak uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Maksimum ısı girdisi ile daha derin nüfuziyet elde edilir [6].

Silobas tankerlerin üretiminde alüminyum malzemelerin birleştirilmesinde kaynaklı birleştirme işlemi yapılmaktadır. Ancak, kaynak işlemi esnasında oluşan kaynak hataları boşluklar çatlaklar vb. etkenlerden dolayı çeliklerin mekanik özellikleri düşüş göstermektedir [7]. Bu çalışmada 2014/68/EU standartlarına uygun alüminyum silobasların imalatında kullanılan 3 farklı 5xxx serisi alüminyum sacların kaynaklı birleştirme sonrasındaki mekanik davranışları incelenmiştir. Mekanik özelliklerinin doğru yorumlanabilmesi için kaynak bölgesinin mikroyapı incelemesi ve röntgen muayene testi yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Deneysel Çalışmalar

Kaynak işleminde kullanılan 5083 H111, 5182 H111 ve 5186 H111 kalite alüminyum sacların ve kaynak telinin kimyasal kompozisyonları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Alüminyum ve kaynak telinin kimyasal bileşimi.

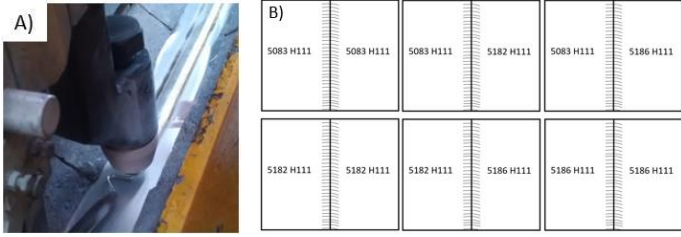
Elementlerin Miktarı (%)								
Malzeme	Si	Fe	Mn	Mg	Cu	Ti	Cr	Zn
5083 H111	0.114	0.311	0.516	4.722	0.056	0.011	0.069	0.114
5182 H111	0.066	0.189	0.223	4.899	0.082	0.002	0.021	0.011
5186 H111	0.15	0.19	0.35	4.7	0.06	0.02	0.01	0.01
5556A	0.05	0.12	0.67	5.16	0.10	0.07	0.07	0.001

Alüminyumlar, görsel Şekil 1(A)'da sunulan TIG kaynak yöntemiyle birleştirilmiştir. Uygulamada kullanılan kaynak parametreleri Tablo 2'de verilmiştir. Kaynaklı birleştirme için kullanılan ana malzeme ebatları 400x100x5 mm olarak hazırlanmış olup, hazırlan bu numuneler 400x200x5 mm ebatlarında olacak şekilde 5556A kaynak teli kullanılarak Şekil 1(B)'de gösterildiği üzere birleştirilmiştir. Kaynaklı numuneler için hadde yönüne 0°, kaynaklı numuneler için ise hadde yönüne 0° ve 90° yönlerinden numuneler hazırlanmıştır (Şekil 2).

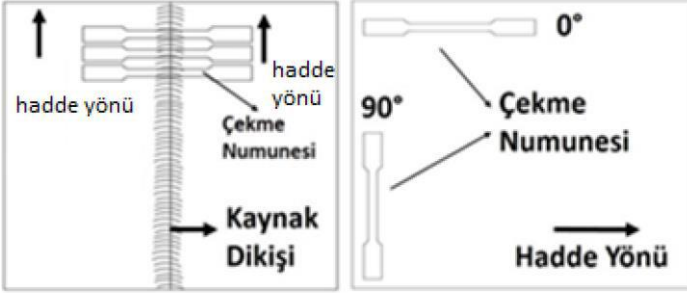
Parametre	Değer veya Malzeme
Kaynak tel malzemesi	5556A
Tel çapı (mm)	1
Akım (A)	192
Gaz hızı (lt/dk)	12
Kaynak hızı (m/dk)	3,8

Şekil 1. A) Oto-TIG kaynağı yapım aşamasında çekilen fotoğraf, B) Alüminyum malzemelerinin kaynağının şematik gösterimi.

Tablo 2. Kaynak işlemindeki parametreler



Şekil 2. Çekme numunelerinin hazırlanmasının şematik gösterimi [8].



Alüminyum plakalarına TIG kaynak yapıldıktan sonra, kaynak bölgelerindeki kaynak kusurlarının bulunma durumları BAKER HUGHES ERESKO MF4 marka X ray muayene yöntemiyle kontrol edilmiştir. Mikroyapısal özellikleri ise Nikon MA200 marka optik mikroskop kullanılarak incelenmiştir. Mikroyapı incelemelerinden önce zımparalama (120, 400, 600, 800, 1200, 2000 grit), parlatma (1 µm alümina süspansiyon) ve dağlama (Keller çözeltisi) metalografik işlemleri uygulanmıştır. Kaynaklı ve kaynaklı olmayan numunelere TS EN ISO 6892-1 standartlarında Zwick Roell Z-600 marka cihaz ile çekme testi uygulanmıştır. Her bir deney çekme testleri üç kez tekrarlanmış ve ortalaması hesaplanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Şekil 3’ de 5083 H111-5083 H111, 5083 H111-5182 H111, 5083 H111-5186 H111, 5182 H111-5182 H111 ve 5186 H111-5186 H111 numunelerinin kaynak bölgelerinin radyografik muayene sonuçları verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi kaynak bölgesinde kaynak kusurları (katılaşma sırasında oluşan çatlak ve boşluklar) görülmemiş olup düzensizliğe rastlanmamıştır.

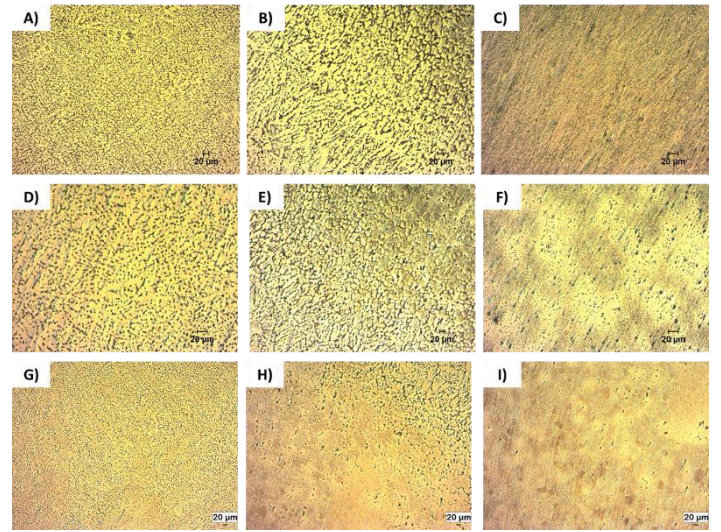
Şekil 3. 5083 H111-5083 H111, 5083 H111-5182 H111, 5083 H111-5186 H111, 5182 H111-5182 H111 ve 5186 H111-5186 H111 numuneleri için radyografik muayene görüntüleri



Şekil 4’te 5083 H111-5083 H111, 5182 H111-5182 H111 ve 5186 H111-5186 H111 kaynaklı numuneler için kaynak, geçiş ve ana malzeme bölgelerinin mikroyapı görüntüleri sunulmaktadır. Kaynak bölgesindeki siyah bölgelerin Mg₂Al₃ çökeltisi olduğu düşünülmektedir [9]. Tüm numuneler için kaynak bölgesinde ve

çevresinde boşluk veya çatlak gibi kusurlar gözlemlenmemiştir. Geçiş bölgesi mikroyapı görüntülerinde daha net gözükmeyle beraber, ana metal ile karşılaştırıldığında, TIG kaynaklarında kaynak bölgesinde ve ısı tesiri altında kalan bölgede tane büyümesi görülmüştür. Tane büyümesi, kaynak esnasında açığa çıkan yüksek sıcaklıktan kaynaklanmaktadır. Kaynak bölgesinde ortaya çıkan dendritik yapı, kaynak metalinin daha hızlı ısınması ve soğumasından kaynaklanmaktadır [3].

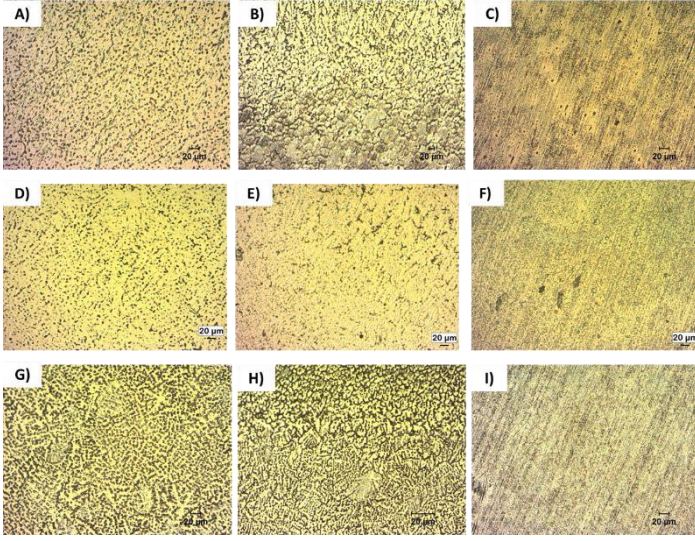
Şekil 4. A-C) 5083 H111-5083 H111 kaynaklı numune için sırasıyla kaynak, geçiş, ana malzeme mikroyapı görüntüleri, D-F) 5182 H111-5182 H111 kaynaklı numune için sırasıyla kaynak, geçiş, ana malzeme mikroyapı görüntüleri, G-I) 5186 H111-5186 H111 kaynaklı numune için sırasıyla kaynak, geçiş, ana malzeme mikroyapı görüntüleri



Şekil 5’te 5083 H111-5186 H111, 5182 H111-5083 H111 ve 5186 H111-5182 H111 kaynaklı numuneler için kaynak, geçiş ve ana malzeme bölgelerinin mikroyapı görüntüleri sunulmaktadır. Farklı tipte 5xxx serisi alüminyum alaşımlarının kaynağı ile elde edilen görüntüler, aynı tipte 5xxx serisi alüminyum alaşımlarının kaynağı ile elde edilen görüntüler ile benzerlik göstermekte olup, bariz bir farklılık görülmemektedir.

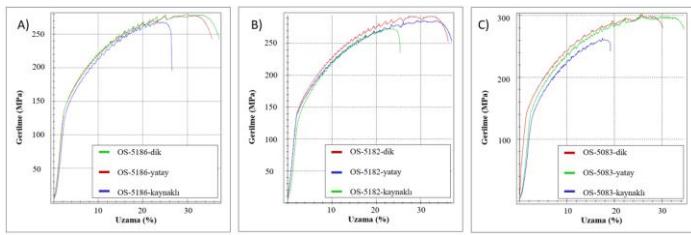
Şekil 5. A-C) 5083 H111-5186 H111 kaynaklı numune için sırasıyla kaynak, geçiş, ana malzeme mikroyapı görüntüleri, D-F) 5182 H111-5083 H111 kaynaklı numune için sırasıyla kaynak, geçiş, ana malzeme mikroyapı görüntüleri

geçiş, ana malzeme mikroyapı görüntüleri, G-I) 5186m H111-5182 H111 kaynaklı numune için sırasıyla kaynak, geçiş, ana malzeme mikroyapı görüntüleri



Şekil 6(A)'da gösterilen 5186 H111 numuneleri incelendiğinde, kaynaklı numunelerin kaynaklı numunelere göre akma ve çekme mukavemet değerleri sırasıyla %6,4 ve %3,7 oranında düşük çıkmıştır. Yüzde uzama değeri ise kaynaklı numunelerde kaynaklı numunelere göre %28,7 daha yüksek çıkmıştır. Kaynaklı numunelerin mikro yapılarında kaynak bölgelerinde ve ısı tesiri altında kalan bölgelerde tane büyümesi görülmüştür. Tane büyümesi kaynaklı numunelerde dayanım ve tokluk değerlerinde düşüşe yol açmaktadır. Dolayısıyla her ne kadar kaynak işlemi esnasında çatlak ve boşluk oluşumu engellense de tane büyümesinden dolayı belirtilen düşük özellikler tespit edilmiştir [3].

Şekil 6. A) 5186 H111, B) 5182 H111 C) 5083 H111 için kaynak edilmiş ve kaynaklı numunelerinin oda sıcaklığında (OS) çekme testi grafikleri



Benzer bir şekilde, Şekil 6(B-C)'de gösterilen 5182 H111 ve 5083 H111 numuneleri incelendiğinde (kaynaklı numunelerin kaynaklı numunelere göre sırasıyla akma mukavemet değerleri %11 ve %7,8 ve çekme mukavemet değerleri ise %6,9 ve %11,7 oranında düşük çıkmıştır. 5182 H111 ve 5083 H111 numuneleri için yüzde uzama değerleri kaynaklı numunelerde kaynaklı numunelere göre sırasıyla %40,4 ve %43,1 daha yüksek çıkmıştır.

Tablo 3. Kaynaklı ve kaynaklı numunelerin çekme testi sonuçları

Numune Bilgisi	Akma (MPa)	Çekme (MPa)	(%) Uzama
----------------	------------	-------------	-----------

5186-dikey	137.5	278	33.05
5186-yatay	136	278.5	31.15
5186-5186	128	268	22.85
5182-dikey	146	295.5	32.5
5182-yatay	140.5	287	34.25
5182-5182	127.5	268.5	19.9
5083-dikey	147.5	299	26.4
5083-yatay	149	302	29.15
5083-5083	138	265.5	15.75

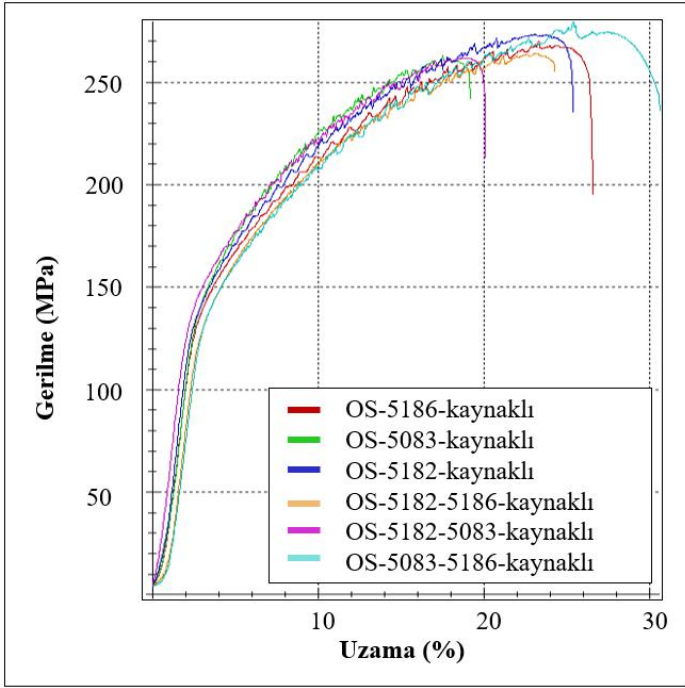
Tablo 3'te kaynaklı (5186-5186, 5182-5182, 5083-5083) ve kaynaklı numunelerin (hadde yönüne yatay ve dik olarak) çekme testi sonuçları sunulmuştur. Haddeleme yönünde tanelerin yönlendirilmesinden dolayı, hadde yönüne yatay ve hadde yönüne dik numunelerin yüzde uzama değerleri arasında ± 10 sapma vardır. Bu tespit tüm kompozisyonlar için görülmüştür.

Tablo 4. Kaynaklı numunelerin çekme testi sonuçları

Numune Bilgisi	Akma (MPa)	Çekme (MPa)	(%) Uzama
5186-5186	128	268	22.9
5182-5182	127.5	268.5	19.9
5083-5083	138	265.5	15.8
5083-5186	125	276.5	27.2
5182-5083	128	261	18.5
5182-5186	127	267.5	20.8

Tablo 4 ve Şekil 7'de ise tüm kaynaklı numunelerin çekme testi sonuçları sunulmuştur. Kaynaklı numunelerde akma ve çekme mukavemet değerleri incelendiğinde 5083 H111 alaşımının kendi içinde kaynak edildiği malzemenin diğer farklı alaşımlardaki kaynaklı numunelerle kıyaslandığında akma dayanımı değeri %8 oranında daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir.

Şekil 7. 5186 H111, 5182 H111, 5083 H111 numunelerin kendi içlerinde ve birbirleri ile kaynak edilmiş numunelerinin oda sıcaklığında (OS) çekme testi grafikleri



4. Sonuç

Bu çalışmada 2014/68/EU standartlarına uygun alüminyum silobasların imalatında kullanılan 3 farklı 5xxx serisi alüminyum sacların kaynaklı birleştirme sonrasındaki mekanik davranışları incelenmiştir. Mekanik özelliklerinin doğru yorumlanabilmesi için kaynak bölgesinin mikroyapı incelemesi ve röntgen muayene testi yapılmıştır. Sonuçlara göre hem radyografik muayene hem de optik mikroskop görüntülemelerinde kaynak işleminden kaynaklı mikroyapı içerisinde boşluk, çatlak veya süreksizliklere rastlanılmamıştır. Ancak, kaynaklı numunelerin kaynaksız numunelere göre daha düşük çekme ve akma dayanımı gösterdiği kullanılan tüm alüminyum alaşımları için görülmüştür. Yine kaynaklı numunelerin kaynaksız numunelere göre yüzde uzamalarındaki düşüş oldukça belirgindir. 5083 H111 alaşımının kendi içinde kaynak edildiği malzemenin diğer farklı alaşımlarla yapılan kaynaklı malzemelere göre daha yüksek akma değerine sahip olduğu görülmüştür.

5. Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmada yapılan işlemler sırasında verdiği destekten dolayı Tırsan Treyler A.Ş. şirketine, Karabük Üniversitesine ve Karabük Demir Çelik Enstitüsüne teşekkür eder.

Kaynakça

- 2014/68/UE (PED) and implementation of the Quality Management System ISO 9001: 2015’.
- [2] T. A. BAŞER, ‘Alüminyum alaşımları ve otomotiv endüstrisinde kullanımı’, Mühendis Ve Makina, pp. 51–58, 2013.
- [3] S. Shanavas and J. E. R. Dhas, ‘Weldability of AA 5052 H32 aluminium alloy by TIG welding and FSW process—a comparative study’, in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, vol. 247, no. 1, p. 012016.
- [4] L. Singh, R. Singh, N. K. Singh, D. Singh, and P. Singh, ‘An evaluation of TIG welding parametric influence on tensile

strength of 5083 aluminium alloy’, Int J Mech Aerosp. Ind Mechatron. Eng, vol. 7, no. 11, pp. 1262–1265, 2013.

- [5] A. B. BAŞYİĞİT, ‘Alüminyum Esaslı Taşıt Jantlarının TIG Kaynak Yöntemi ile Tamiri Sonrası Kaynak Bölgesinin Mekanik ve Mikroyapısal Özelliklerinin İncelenmesi’, Int. J. Eng. Res. Dev., vol. 12, no. 2, pp. 388–395, 2020.
- [6] A. Karadağ, ‘Alüminyum alaşımlarının TIG kaynağında kaynak parametrelerinin dikiş geometrisine ve mekanik özelliklere etkisi’, 2011.
- [7] J. Yan, M. Gao, and X. Zeng, ‘Study on microstructure and mechanical properties of 304 stainless steel joints by TIG, laser and laser-TIG hybrid welding’, Opt. Lasers Eng., vol. 48, no. 4, pp. 512–517, 2010.
- [8] F. E. Buğan, E. E. Göktepe, T. ALTIPARMAK, and D. Erhan, ‘Comparison of Mechanical Properties of Welded and Non-Welded Steels Used in Tankers with ADR’, Avrupa Bilim Ve Teknol. Derg., no. 34, pp. 531–536, 2022.
- [9] A. Kumar and S. Sundarrajan, ‘Optimization of pulsed TIG welding process parameters on mechanical properties of AA 5456 Aluminum alloy weldments’, Mater. Des., vol. 30, no. 4, pp. 1288–1297, 2009.



Mezbaha Atıksularından Elektrokoksidadasyon Sistemi ile KOİ ve Renk Giderilmesi Üzerine pH ve Akım Yoğunluğunun Etkisi

Onur Sözüdoğru^{1*}, Sermin Günaslan², Baybars Ali Fil³

^{1*} Atatürk Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü, Erzurum, Türkiye, (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7885-2930>), onur.sozudogru@atauni.edu.tr

² Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye (ORCID:0000-0003-2395-2808), gunaslansermin@gmail.com

³ Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3085-224X>) baybarsalifil2@gmail.com

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1111639)

ATIF/REFERENCE: Sözüdoğru, O., Günaslan, S., Fil, BA. (2022). Mezbaha Atıksularından Elektrokoksidadasyon Sistemi ile KOİ ve Renk Giderilmesi Üzerine pH ve Akım Yoğunluğunun Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 106-110.

Öz

Çalışmada mezbaha atıksularından elektrokoksidadasyon sistemi ile Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve renk giderilirken sistemin giderim performansını etkileyen önemli parametrelerden akım yoğunluğu (4,06, 6,09, 8,12, 10,15 ve 12,18 mA/cm²) ve pH'nın (3,0, doğal pH (~7,0), 9,0 ve 11,0) etkisi incelenmiştir. Anot malzemesi olarak elek tipi Ti/Pt, katot malzemesi olarak elek tipi kaplanmamış Ti kullanılmıştır. Laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlara göre, uygulanan akım yoğunluğunun artmasıyla KOİ ve renk gideriminde de artış meydana gelmiştir. Bu durum hem doğrudan hem de aracılı oksidasyon reaksiyonunun önemli bir rol oynadığı elektrokoksidadasyon sisteminin karakteristiğine bağlanabilir. Giderim verimlerinin başlangıç pH değerine bağlı olduğu kadar reaksiyon sonundaki pH değerine de bağlı olduğu bulunmuştur. Nötr ve zayıf bazik koşullarda sistemin giderim oranının daha iyi olduğu ve güçlü bazik koşullarda nispeten düşük olduğu ve mezbaha atıksularının laboratuvar ölçekte elektrokoksidadasyon sistemi ile arıtımında akım yoğunluğu ve pH etkin parametreler olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mezbaha atıksuyu, atıksu arıtımı, KOİ, renk, elektrokoksidadasyon, akım yoğunluğu, pH

The Effect of pH and Current Density on COD and Color Removal from Slaughterhouse Wastewater by Electrooxidation System

Abstract

In the study, the effect of current density (4,06, 6,09, 8,12, 10,15 ve 12,18 mA/cm²) and pH (3,0, ~7,0 (natural), 9,0, and 11,0), which are important parameters affecting the removal performance of the system, while removing chemical oxygen demand (COD) and color from slaughterhouse wastewater with the electrooxidation system was investigated. Sieve type Ti/Pt was used as anode material and sieve type uncoated Ti was used as cathode material. According to the results obtained from laboratory experiments, COD and color removal increased with the increase of applied current density. This can be attributed to the characteristic of the electrooxidation system, in which both direct and mediated oxidation reactions play an important role. It was found that the removal efficiencies depend not only on the initial pH but also, on the pH after the reaction completion. It has been observed that the removal efficiencies of the system are better in neutral and weakly basic conditions, and it is relatively low in strongly basic conditions, and current density and pH are effective parameters in the treatment of slaughterhouse wastewater by the lab-scale electrooxidation system.

Keywords: Slaughterhouse wastewater, wastewater treatment, COD, color, electrooxidation, current density, pH

* Sorumlu Yazar: onur.sozudogru@atauni.edu.tr

1. Giriş

Mezbaaha atıksuları, tarım ve gıda endüstrileri kategorisinde endüstriyel atık olarak kabul edilmiş ve Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US EPA) tarafından çevreye en zararlı atıksulardan birisi olarak sınıflandırmıştır (EPA 2004; Tong et al. 2022). Bu atıksuların arıtılması ve bertarafı çevre ve halk sağlığı için bir gereklilik haline gelmiştir. Yüksek miktarda organik madde, nütrientler, renk, bulanıklık, patojenik ve patojenik olmayan virüsler ve bakterileri içermekle birlikte aynı zamanda başta zemin temizliği için kullanılan yüzey aktif maddeler ve dezenfektanlar olmak üzere kalıcı kimyasalları da içeren değişken bir bileşime sahiptir (Baker et al. 2021; Terán Hilares et al. 2021). Mezbaaha atık suları herhangi bir arıtma işlemi yapılmadan alıcı ortama deşarj edildiğinde, yüzey sularında ötrofikasyona ve gelişmekte olan ülkelerde yaygın bir sorun haline gelen yeraltı sularının kirlenmesi gibi çevresel sorunlara neden olmaktadır (Sun et al. 2021; Tong et al. 2022). Bu nedenle atık suların su ortamına deşarj edilmeden önce arıtılması gerekmektedir.

Mezbaaha atıksularını arıtmak için biyolojik, fizikokimyasal ve ileri oksidasyon prosesleri gibi birçok arıtma tekniği kullanılmaktadır. Fizikokimyasal arıtma iyi bir arıtma verimliliğine sahip procestir. Bununla birlikte, işlem sırasında gerekli olan büyük miktarda kimyasal madde ve arıtma sonunda büyük miktarda çamur oluşması nedeniyle kullanımları sınırlıdır (Crini and Lichtfouse 2019; Phoon et al. 2020; Terán Hilares et al. 2021). Biyolojik sistemlerin ise geniş alan ihtiyacı, yüksek havalandırma maliyeti, büyük miktarlarda atık çamur üretimi gibi dezavantajları varken aynı zamanda mikroorganizmaların bazı zararlı ve biyolojik olarak parçalanmayan organik maddelere karşı oldukça hassas olmaları ve yüksek hidrolik kalış sürelerinde çalıştırılmaları nedeniyle her zaman uygun değildirler (Ahmed et al. 2017; Bezirgiannidis et al. 2019; Luo 2014).

Son zamanlarda, kısıtlayıcı çevre düzenlemeleri ve yasaları nedeniyle, araştırmacılar ileri oksidasyon proseslerini kirlilik sorunlarını önlemek veya azaltmak için umut verici teknolojiler olarak görmektedir. Atık sulardaki organik ve zararlı kirlenmeler, titanyum, platin, rubidyum, grafit, bor kaplı elmas ve boyutsal olarak kararlı elektrotlar gibi çözünmeyen bir anot malzemesi kullanılarak organik maddelerin direk (elektrot yüzeyinde elektrooksidasyon veya elektroredüksiyon) veya dolaylı (arıtılmış su içerisinde oluşan kimyasal oksidantlar aracılığıyla) olarak oksitlenmesi esasına dayanır (Hernández-Rodríguez et al. 2022; Özyurt and Camcıoğlu 2018). Kirlenmelerin anot yüzeyine adsorbe olduktan sonra anot yüzeyinden doğrudan elektron transferiyle direkt oksidasyon oluşurken ve atıksu ortamında üretilen *OH, *Cl, *SO₄, O₃, H₂O₂ ve peroksosülfatlar gibi oksitleyiciler ile dolaylı oksidasyon gerçekleşir (Asfaha, Tekile, and Zewge 2021). Elektrooksidasyon prosesi son derece verimli ve çok yönlüdür, oksidantları üretmek için çok düşük miktarda kimyasal maddeye ihtiyaç duyar veya bazen hiç gerek duymaz, bu da elektrooksidasyonu güvenli ve çevre dostu teknoloji haline getirir. (Ganiyu et al. 2018; Song et al. 2022).

2. Materyal ve Metot

2.1. Atıksu Karakterizasyonu

Ham atıksuda ölçülen parametreler ve değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Ham atıksu günlük minimum 300 küçükbaş ve 100 büyükbaş hayvan kesimi yapılan bir tesisin arıtma sisteminin giriş e-ISSN: 2148-2683

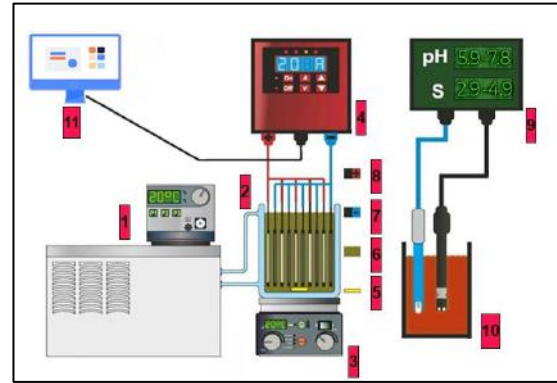
ızgara yapısının çıkışından alınmıştır. Mezbaaha atıksuyunun KOİ'si ortalama 3099,82 mg/L ve renk değeri ortalama 28520 Pt/Co olarak bulunmuştur.

Tablo 1. Atıksuda ölçülen parametreler ve değerleri

Parametre	En Yüksek	En Düşük	Ortalama
Toplam KOİ (mg/L)	6691,20	626,45	3099,82
Renk (Pt/Co)	59160	21360	28520

2.2 Elektrooksidasyon Prosesi

EO prosesinin deney düzeneğinin gösterimi Şekil 1'de görülmektedir. Anot materyali olarak Ti/Pt elek plakalar, katot materyali olarak Ti elek plakalar kullanılmıştır. Kullanılan 4 anot ve 4 katot'un toplam yüzey alanı yaklaşık 2464 cm²'dir. Elektrotlar 70 mm x 100 mm x 2 mm boyutlarında olup ohmik kayıpları önlemek için elektrotlar arası mesafe 5 mm olarak ayarlanmıştır.



Şekil 1. Elektrooksidasyon sistemi deneysel düzenek (1-sirkülatörü, 2-Isı ceketli reaktör, 3-Magnetik karıştırıcı, 4-Doğru akım güç kaynağı, 5-Magnet, 6-Atıksu, 7- Katot (Ti), 8-Anot (Ti/Pt), 9-Multiparametre ölçer (pH ve İletkenlik), 10-Numune, 11-Bilgisayar)

Giderim verimleri aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanmıştır.

$$GiderimVerimi = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100$$

Burada; C₀: Başlangıç kirlenici konsantrasyonu, C_t: Herhangi bir t anındaki kirlenici konsantrasyonu, v: Atıksu hacmi (m³) olarak gösterilmiştir.

2.3. Deneysel Çalışmalar

Kesikli işletilen reaktörde 1.2 L atıksu kullanılmıştır. Çalışmada EO prosesini etkileyen pH ve akım yoğunluğu parametrelerinin KOİ ve renk giderim verimine etkileri incelenmiştir. Reaktör içerisinde çökme olmaması ve giderim veriminin yükseltilmesi amacı ile 400 devir/dakika karıştırma hızında manyetik karıştırıcı ile sürekli olarak karıştırılmıştır. Gerekli elektrik akımını sağlamak için DC-Power Supply marka KXN-3050D model güç kaynağı kullanılmıştır. Thermo Orion 5 star marka cihaz ile deneyin başlangıç anından itibaren belli aralıklarla atıksuyun pH ve iletkenlik ölçülmüştür. Lovibond Multi Direct marka fotometre ile renk ölçümleri 430 nm, dalga boylarında yapılmıştır. KOİ analizleri sonuçları 600 nm dalga

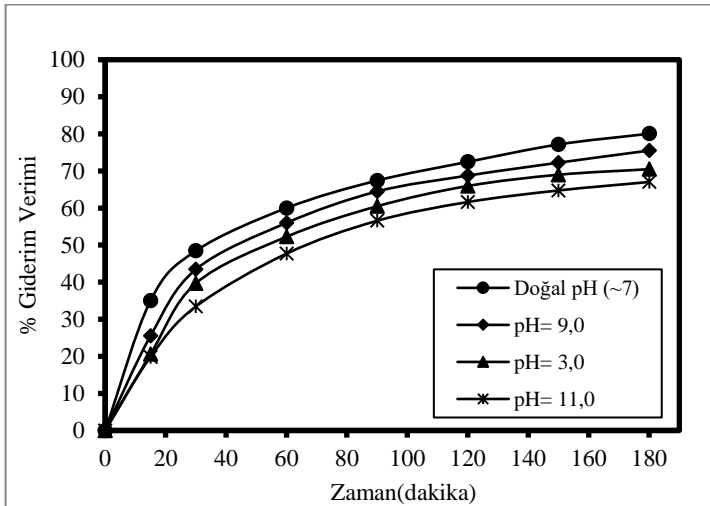
boyunda Hach Lange DR5000 marka spektrofotometre ile ölçülmüştür. Giriş atıksuyunun farklı başlangıç pH değerlerinin etkisini incelemek için yapılan çalışmalarda 0,1M H₂SO₄ ve 0,1M NaOH kullanılarak pH ayarlaması yapılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

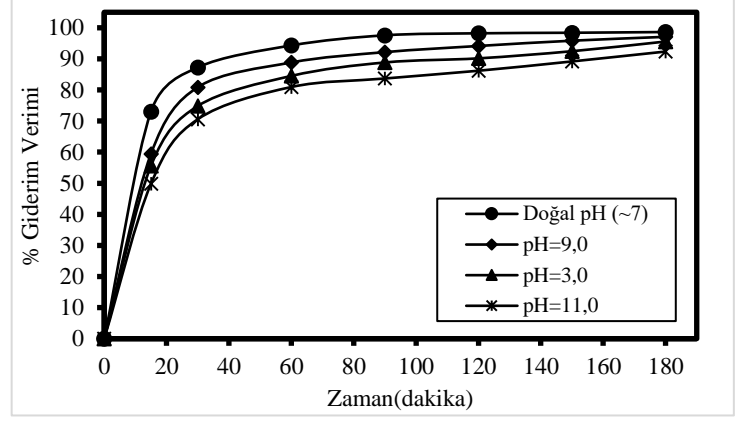
3.1. KOİ ve Renk Giderimine pH'nın Etkisi

Mezbaha atıksularından KOİ ve renk gideriminde pH'nın etkisi pH= 3,0, ~7,0 (doğal), 9,0 ve 11,0 için 4,06 mA/cm² akım yoğunluğu, 400 devir/dakika karıştırma hızı, 0,2 M NaCl destek elektrolit ile oda sıcaklığında incelenmiş ve 180 dakika reaksiyon süresi sonunda elde edilen giderim sonuçları KOİ ve Renk için sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir. Giderim verimleri; pH= 3,0, ~7,0 (doğal), 9,0 ve 11,0 için sırasıyla (KOİ)→%70,48, %80,05, %75,50 ve %67,03 ve (renk)→%95,58, %98,64, %97,09 ve %92,36 olarak hesaplanmıştır. Mezbaha atıksuyunda ki KOİ ve renk giderim veriminin pH= ~7,0'da (doğal) en yüksek olduğu sonucu açıktır. Aynı zamanda pH= 11,0 çalışmasında verim diğer pH değerlerine göre düşüktür. Giderim verimleri başlangıç pH değerine bağlı olduğu kadar reaksiyon sonundaki pH değerine de bağlıdır.

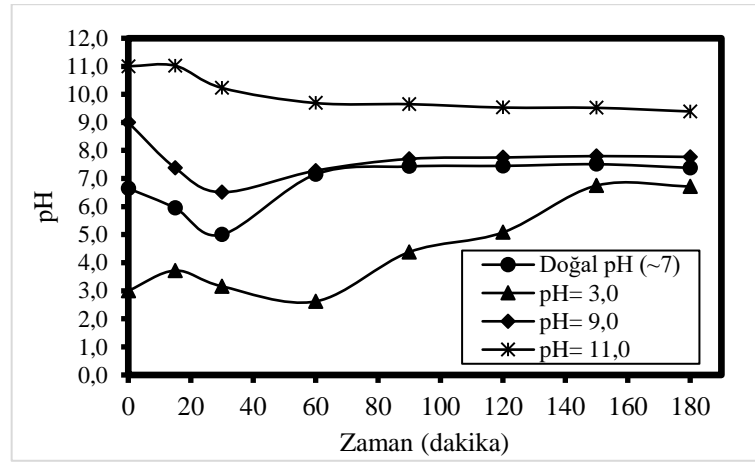
Reaktörde oluşan reaksiyonların pH'da değişimlere neden olduğu Şekil 4'te net bir biçimde gözükmemektedir. Atık suyun pH'ı, oluşan çeşitli hidroksit türlerinin stabilitesini etkilediği için organiklerin mineralizasyonu üzerinde hem olumlu hem de olumsuz bir etkiye sahip olabilir. Giderim verimleri nötr pH değerinde yüksekken güçlü bazik koşullarda düşüktür. OH-kararsızlığı nedeniyle asidik koşullarda daha az ve bazik veya nötr pH durumlarının daha uygun olduğunu gösteren OCl⁻ iyonunun oluşumu nedeniyle hafif alkali çözeltide belirgin şekilde daha fazla uzaklaştırma etkinliği olmuştur. Daha yüksek pH koşullarında, oksidasyon verimliliğini azaltan daha fazla klorat veya perklorat, klor/hipoklorit yerine oluşur. Deneysel sonuçlardan da görüleceği üzere pH=11,0 çalışmasında reaksiyon boyunca pH 9,0'un üstünde seyretmiştir.



Şekil 2. Ti/Pt anot ile yapılan denemelerde KOİ giderim verimi üzerine atıksu başlangıç pH değerinin etkisi



Şekil 3. Ti/Pt anot ile yapılan denemelerde renk giderim verimi üzerine atıksu başlangıç pH değerinin etkisi



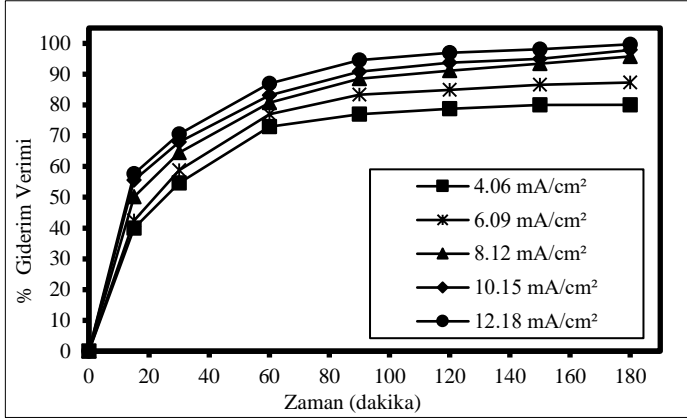
Şekil 4. Ti/Pt anot ile yapılan denemelerde KOİ ve Renk gideriminde pH'nın değişimi

3.2. KOİ ve Renk Giderimine Akım Yoğunluğunun Etkisi

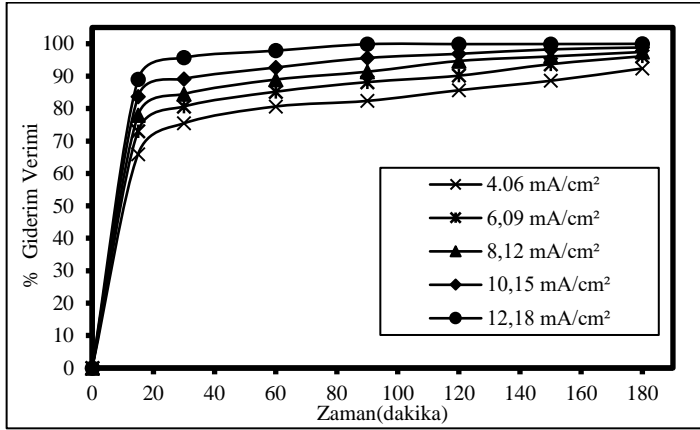
Mezbaha atıksularından KOİ ve renk gideriminde Akım yoğunluğunun etkisi, 4,06, 6,09, 8,12, 10,15 ve 12,18 mA/cm² için 400 devir/dakika karıştırma hızı, 0,2M NaCl konsantrasyonunda ve doğal pH (~7,0) değerinde oda sıcaklığında incelenmiş ve 180 dk reaksiyon süresi sonunda elde edilen sonuçlar Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmiştir. Giderim verimleri; 4,06, 6,09, 8,12, 10,15 ve 12,18 mA/cm² için sırasıyla (KOİ)→%80,05, %87,29, %95,76, %97,84 ve %99,70 ve (Renk)→%92,36, %96,15, %97,45, %98,84 ve %99,97 olarak bulunmuştur. Artan akım yoğunluğuna bağlı olarak KOİ ve renk gideriminde de artış meydana gelmiştir. Bu durum hem doğrudan hem de aracılı oksidasyon reaksiyonunun önemli bir rol oynadığı elektrokimyasal sistemlerin karakteristiğidir.

Akım yoğunluğu, elektron transferinde itici güç olduğu için elektrooksidasyon ile KOİ'nin verimli şekilde giderilmesinde önemli bir etkiye sahiptir (da Silva et al. 2019). Akım yoğunluğunda ki artışın, daha fazla elektron üretilmesini sağlayarak kirleticilerin uzaklaştırılmasını büyük ölçüde hızlandırdığı söylenebilir (Ma et al. 2019; Yu et al. 2020). Bununla birlikte, daha yüksek akım yoğunluğu değerleri, organik bileşiklerin uzaklaştırma verimini azaltabilen gaz kabarcıklarını (sırasıyla katot ve anotta hidrojen ve oksijen üretimi)

üretilmesinin yanında(Rivera et al. 2021) hipoklorit konsantrasyonunun tüketilmesine neden olan parazitik kayıp reaksiyonları gibi istenmeyen yan reaksiyonlara katkıda bulunabilir (Ozturk and Yilmaz 2019).



Şekil 5. Ti/Pt anot ile yapılan denemelerde KOİ giderim verimi üzerine akım yoğunluğunun etkisi



Şekil 6. Ti/Pt anot ile yapılan denemelerde renk giderim verimi üzerine akım yoğunluğunun etkisi

5. Teşekkür

Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından BAP-2019/044 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Kaynakça

Ahmed, Mohammad Boshir, John L. Zhou, Huu Hao Ngo, Wenshan Guo, Nikolaos S. Thomaidis, and Jiang Xu. 2017. "Progress in the Biological and Chemical Treatment Technologies for Emerging Contaminant Removal from Wastewater: A Critical Review." *Journal of Hazardous Materials* 323:274–98.

Asfaha, Yemane G., Andinet Kebede Tekile, and Feleke Zewge. 2021. "Hybrid Process of Electrocoagulation and Electrooxidation System for Wastewater Treatment: A Review." *Cleaner Engineering and Technology* 4:100261.

Baker, Bakar Radhi, Radin Mohamed, Adel Al-Gheethi, and Hamidi Abdul Aziz. 2021. "Advanced Technologies for Poultry Slaughterhouse Wastewater Treatment: A Systematic Review." *Journal of Dispersion Science and Technology* 42(6):880–99.

Bezirgiannidis, Athanasios, Aikaterini Plesia-Efstathopoulou, Spyridon Ntougias, and Paraschos Melidis. 2019. "Combined Chemically Enhanced Primary Sedimentation and Biofiltration Process for Low Cost Municipal Wastewater Treatment." *Journal of Environmental Science and Health, Part A* 54(12):1227–32.

Crini, Grégorio, and Eric Lichtfouse. 2019. "Advantages and Disadvantages of Techniques Used for Wastewater Treatment." *Environmental Chemistry Letters* 17(1):145–55.

EPA, U. S. 2004. "Effluent Limitations Guidelines and New Source Performance Standards for the Meat and Poultry Products, Point Source Category." *Federal Register* 69(173):54475–555.

Ganiyu, Soliu O., Elisama Vieira dos Santos, Emily Cintia Tossi de Araújo Costa, and Carlos A. Martínez-Huitle. 2018. "Electrochemical Advanced Oxidation Processes (EAOPs) as Alternative Treatment Techniques for Carwash Wastewater Reclamation." *Chemosphere* 211:998–1006.

Hernández-Rodríguez, Evelyn Anaid, Luis Antonio Castillo-Suárez, Elia Alejandra Teutli-Sequeira, Verónica Martínez-Miranda, Guadalupe Vázquez Mejía, Ivonne Linares-Hernández, Fortunata Santoyo-Tepole, and Abraham Benavides. 2022. "Electro-Oxidation and Solar Electro-Oxidation of Commercial Carbamazepine: Effect of the Support Electrolyte." *Separation Science and Technology* 57(3):465–83.

Luo, Yunlong. 2014. "A Review on the Occurrence of Micropollutants in the Aquatic Environment and Their Fate and Removal during Wastewater Treatment." 474:619–41.

Ma, Pengfei, Hongrui Ma, Alessandro Galia, Simona Sabatino, and Onofrio Scialdone. 2019. "Reduction of Oxygen to H₂O₂ at Carbon Felt Cathode in Undivided Cells. Effect of the Ratio between the Anode and the Cathode Surfaces and of Other Operative Parameters." *Separation and Purification Technology* 208:116–22.

Ozturk, Dilara, and Alper Erdem Yilmaz. 2019. "Treatment of Slaughterhouse Wastewater with the Electrochemical Oxidation Process: Role of Operating Parameters on Treatment Efficiency and Energy Consumption." *Journal of Water Process Engineering* 31:100834.

Özyurt, Baran, and Şule Camcıoğlu. 2018. "Applications of Combined Electrocoagulation and Electrooxidation Treatment to Industrial Wastewaters." Pp. 71–89 in *Wastewater and water quality*.

Phoon, Bao Lee, Chong Cheen Ong, Mohamed Shuaib Mohamed Saheed, Pau-Loke Show, Jo-Shu Chang, Tau Chuan Ling, Su Shiung Lam, and Joon Ching Juan. 2020. "Conventional and Emerging Technologies for Removal of Antibiotics from Wastewater." *Journal of Hazardous Materials* 400:122961.

Rivera, Fernando F., Tzayam Pérez, Locksley F. Castañeda, and José L. Nava. 2021. "Mathematical Modeling and Simulation of Electrochemical Reactors: A Critical Review." *Chemical Engineering Science* 239:116622.

da Silva, Salatiel W., Emma M. O. Navarro, Marco A. S. Rodrigues, Andréa M. Bernardes, and Valentin Pérez-Herranz. 2019. "Using P-Si/BDD Anode for the

- Electrochemical Oxidation of Norfloxacin.” *Journal of Electroanalytical Chemistry* 832:112–20.
- Song, Peipei, Chengye Sun, Jun Wang, Shiyun Ai, Shujun Dong, Jie Sun, and Shuai Sun. 2022. “Efficient Removal of Cu-EDTA Complexes from Wastewater by Combined Electrooxidation and Electrocoagulation Process: Performance and Mechanism Study.” *Chemosphere* 287:131971.
- Sun, Shengdan, Chuanping Feng, Shuang Tong, Yan Zhao, Nan Chen, and Ming Zhu. 2021. “Evaluation of Advanced Phosphorus Removal from Slaughterhouse Wastewater Using Industrial Waste-Based Adsorbents.” *Water Science and Technology* 83(6):1407–17.
- Terán Hilares, Ruly, Diego F. Atoche-Garay, Daniel A. Pinto Pagaza, Muhammad Ajaz Ahmed, Gilberto J. Colina Andrade, and Júlio César Santos. 2021. “Promising Physicochemical Technologies for Poultry Slaughterhouse Wastewater Treatment: A Critical Review.” *Journal of Environmental Chemical Engineering* 9(2):105174.
- Tong, Shuang, Shaoxiang Zhang, Yan Zhao, Chuanping Feng, Weiwu Hu, and Nan Chen. 2022. “Hybrid Zeolite-Based Ion-Exchange and Sulfur Oxidizing Denitrification for Advanced Slaughterhouse Wastewater Treatment.” *Journal of Environmental Sciences* 113:219–30.
- Yu, Fangke, Yang Chen, Yuwei Pan, Yang Yang, and Hongrui Ma. 2020. “A Cost-Effective Production of Hydrogen Peroxide via Improved Mass Transfer of Oxygen for Electro-Fenton Process Using the Vertical Flow Reactor.” *Separation and Purification Technology* 241:116695.



Plazma Kaynak İşleminin Farklı Tipteki Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Sıcaklık Altındaki Mekanik Davranışlarına Olan Etkisinin İncelenmesi

Furkan Emin Buğan^{1*}, Tufan Altıparmak², Yasin Akgül³, Muhammet Mevlüt Karaca⁴

¹Tırsan Trailer Inc, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9951-8018), furkan.bugan@tirsan.com

²Tırsan Trailer Inc, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3292-004X), tufan.altiparmak@tirsan.com

³Karabük Üniversite, Demir Çelik Enstütüsü, Karabük, Turkey, (ORCID: 0000-0001-5643-5968), yasinakgul@karabuk.edu.tr

⁴Karabük Üniversite, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Karabük, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9644-3663), mmevlutkaraca@karabuk.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1111538)

ATIF/REFERENCE: Buğan, F. E., Altıparmak, T., Akgül, Y. & Karaca, M. (2022). Plazma Kaynak İşleminin Farklı Tipteki Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Sıcaklık Altındaki Mekanik Davranışlarına Olan Etkisinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 111-115.

Öz

Tankerler, Tehlikeli Maddelerin Karayolunda Taşınmasına ilişkin Avrupa Anlaşması'na (ADR) tabiidir. Tankerlerin üretiminde AISI 304, AISI 321 ve AISI 316Ti kalite östenitik paslanmaz çelikleri plazma kaynak yöntemi ile birleştirilmektedir. Tankerler taşıdıkları ürünlere bağlı olarak farklı sıcaklıklar altında yüklere maruz kalmaktadır. Bu çalışmada, kaynak bölgelerinin 80°C 150°C ve 250°C sıcaklıklar altında mekanik özellikleri çekme testi ile belirlenmiştir. Kaynaklı ve kaynaklı olmayan numunelerden çekme testi yapılarak mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır. Kaynaklı numunelerin kaynak ve ısı tesiri altında kalan bölgelerinin (ITAB) mikro yapısı elektron mikroskobu ile değerlendirilmiştir. Ayrıca, kaynaklı numunelerin kaynak bölgeleri radyografik (röntgen) muayene yöntemi ile incelenmiştir. Radyografik muayene ve optik mikroskop görüntülemelerinde yapı içerisinde boşluk, çatlak veya süreksizliklere rastlanılmamıştır. Çekme testi sonuçlarında ise plazma kaynak işlemi üretilen paslanmaz çeliklerin kaynaklı sac hallerine göre daha düşük çekme, akma ve yüzde uzama değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Östenitik Paslanmaz Çelikler, Plazma kaynağı, Çekme testi, Mikroyapı

Investigation of the Effect of Plasma Welding on the Mechanical Behavior of Different Types of Austenitic Stainless Steels under Temperature Abstract

Abstract

Tankers are subject to the European Agreement on the Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR). In the production of tankers, AISI 304, AISI 321 and AISI 316Ti quality austenitic stainless steels are joined by plasma welding method. Tankers are exposed to loads under different temperatures depending on the products they carry. In this study, the mechanical properties of the weld zones under 80°C, 150°C and 250°C temperatures were determined by tensile test. Tensile test was performed on welded and unwelded samples and their mechanical properties were compared. The microstructure of the regions under the influence of welding and heat (ITAB) of the welded samples was evaluated by electron microscopy. In addition, the weld areas of the welded samples were examined by radiographic (x-ray) examination method. No gaps, cracks or discontinuities were found in the structure in radiographic examination and optical microscope imaging. In the tensile test results, it was determined that the plasma welding process produced stainless steels had lower tensile, yield and percent elongation values compared to the non-welded sheet forms.

Keywords: Austenitic Stainless Steels, Plasma welding, Tensile Testing, Microstructure

1. Giriş

Tankerler katı, sıvı ve gaz halde bulunan yüklerin taşımacılığı yapan kara aracıdır. Taşınan katı sıvı ve gazlar gibi akışkan yüklerin insan sağlığına ve çevreye zarar veren, yanıcı parlayıcı ve patlayıcı olması durumunda tehlikeli maddeler sınıfına girmektedir. Kara yollarında tehlikeli madde taşınması için ADR mevzuatında belirtilen koşullar göz önüne alınarak tanker tasarımları yapılmaktadır. Taşınacak ürün sınıfına göre tankerin imal edilmesi için ADR yönetmeliğinin önerdiği malzeme gurupları mevcuttur. Bunlardan bir tanesi ise östenik paslanmaz çeliklerdir [1].

Endüstride geniş kullanım alanına sahip olan paslanmaz çelikler, içerisinde en az %10,5 oranında (kütlece) krom (Cr) ve en çok %1,2 oranında karbon (C) içeren demir esaslı alaşımlar olarak tanımlanırlar. Bu çelikler, korozif ortamlara ve üstün mekanik özellikleri sayesinde, uçak, kimya, petro-kimya, gıda, ilaç endüstrisinde, nükleer enerji santrallerinde, takım ve paslanmaz eşya endüstrisinde geniş kullanım alanına sahiptirler. Paslanmaz çeliklerin kararlı yapıda olmasından kaynaklı olarak temas ettiği ürün ile kimyasal etkileşime girmemektedir. Paslanmaz çeliklerin ürün gamınının 200 fazla çeşidi olmasından dolayı çeşitli sıvıların taşınmasında kolaylık sağlar. Bu nedenle tanker taşımacılığını için önemlidir. Östenitik paslanmaz çelikler yüksek sıcaklık performansları ve korozyon dirençlerinin yüksek olması sayesinde mühendislik uygulamaları için önemli malzemelerdir. Atmosferik korozyon dirençleri ve oksitleyici asitlere karşı dayanımı çok yüksektir [2]-[4].

AISI 304, AISI 321 ve AISI 316Ti kalite paslanmaz çeliklerinin kimyasal bileşimleri Tablo 1'de gösterilmiş olup, molibden ve titanyum içerikleri farklılık göstermektedir. Buna

istinaden, Krom (Cr) ve molibdenin (Mo) olması güçlü çözümlere karşı korozyon direncini artırır [5]. Titanyum ise yorulma dayanımı ve yüksek sıcaklıklarda yüksek korozyon direncini artırır [6]. Dolayısıyla, tehlikeli madde taşıyan tankerlerde krom, molibden, titanyum alaşımlı paslanmaz çelikler tercih edilmektedir.

Plazma ark kaynağı, metalleri gaz koruması altında Tungsten elektrodu ile iş parçası arasında ark oluşturarak birleştiren kaynak yöntemidir. Kaynak işlemi ilave metal kullanarak ya da kullanmaksızın yapılabilir [7]. Plazma ark kaynağı ile östenitik paslanmaz çeliklerin ergime bölgesinde oluşan tane irileşmesi önlenir. Ayrıca yüksek kaynak hızı, kaynak bölgesinde derin nüfuziyet, düşük ısı girdisi ve hızlı soğuma oranına sahiptir [8]. Paslanmaz çelikler yaygın olarak kaynak işlemi uygulanarak kullanılmaktadırlar. Ancak, kaynak işlemi esnasında oluşan boşluklar, çatlaklar, ikincil çökeltiler, tane büyümesi gibi etkenlerden dolayı paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri düşüş göstermektedir [9]. Bu çalışmada, ADR'li tankerlerde kullanılan kaynaklı ve kaynaklı olmayan östenitik paslanmaz çeliklerin 80°C 150°C ve 250°C sıcaklıklarda altındaki mekanik davranışları incelenmiştir. Ayrıca, mekanik özelliklerdeki değişimlerin yorumlanabilmesi için mikroyapı incelemesi ve röntgen muayene testi gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Deneysel Çalışmalar

Kaynak işleminde kullanılan AISI 304 (1.4301), AISI 321 (1.4541) ve AISI 316Ti (1.4571) kalite paslanmaz çelik sacların ve kaynak telinin kimyasal kompozisyonları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Paslanmaz çeliklerin ve kaynak telinin kimyasal bileşimi

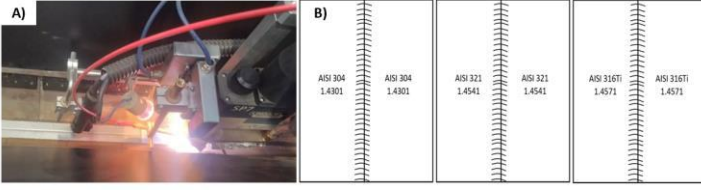
<i>Elementlerin Miktarı (%)</i>										
<i>Malzeme</i>	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Mo</i>	<i>Ti</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>P</i>
<i>AISI 316LSi</i>	<i>0,017</i>	<i>0,86</i>	<i>1,80</i>	<i>18,4</i>	<i>11,7</i>	<i>2,53</i>	-	-	<i>0,008</i>	<i>0,027</i>
<i>AISI 304</i>	<i>0,021</i>	<i>0,38</i>	<i>1,57</i>	<i>18,02</i>	<i>8,06</i>	-	-	<i>0,07</i>	<i>0,002</i>	<i>0,029</i>
<i>AISI 321</i>	<i>0,040</i>	<i>0,42</i>	<i>1,09</i>	<i>17,24</i>	<i>9,06</i>	-	<i>0,39</i>	<i>0,009</i>	<i>0,001</i>	<i>0,029</i>
<i>AISI 316Ti</i>	<i>0,026</i>	<i>0,44</i>	<i>1,19</i>	<i>16,73</i>	<i>10,6</i>	<i>2,04</i>	<i>0,334</i>	<i>0,010</i>	<i>0,003</i>	<i>0,034</i>

Çelikler, görsel Şekil 1(A)'da sunulan plazma yöntemiyle kaynakla birleştirilmiştir. Uygulamada kullanılan kaynak parametreleri Tablo 2'de verilmiştir. Kaynaklı birleştirme için kullanılan ana malzeme ebatları 450x100x3 mm olarak hazırlanmış olup, hazırlan bu numuneler 450x200x3 mm ebatlarında olacak şekilde 316LSi kaynak teli kullanılarak Şekil 1(B)'de gösterildiği üzere birleştirilmiştir. Kaynaklı numuneler için hadde yönüne 0°, kaynaklı numuneler için ise hadde yönüne 0° (yatay) ve 90° (dik) yönlerinden numuneler hazırlanmıştır (Şekil 2).

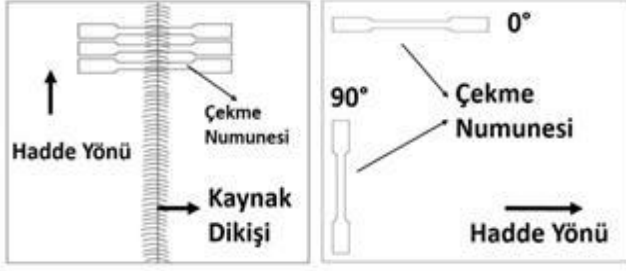
Tablo 2. Kaynak işlemindeki parametreler

<i>Parametre</i>	<i>Değer veya Malzeme</i>
<i>Kaynak tel malzemesi</i>	<i>316 L Si</i>
<i>Tel çapı (mm)</i>	<i>1</i>
<i>Akım (A)</i>	<i>150-175</i>
<i>Kaynak hızı(mm/dk)</i>	<i>385-400</i>

Şekil 1. A) Plazma kaynağı yapım aşamasında çekilen fotoğraf,
B) Paslanmaz çeliklerin kaynağının şematik gösterimi.



Şekil 2. Çekme numunelerinin hazırlanmasının şematik gösterimi [10].

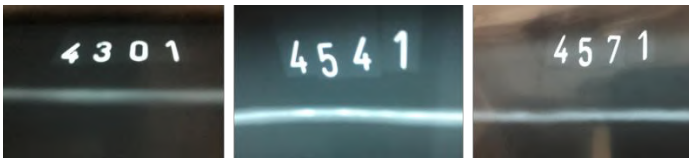


Çelik plakalarının plazma kaynak yöntemiyle kaynak yapılmasından sonra, kaynak bölgelerindeki boşluk, çatlak, cüruf kalıntıları vb. kaynak kusurlarının bulunma durumları Baker Hughes Eresco MF4 marka X ray muayene yöntemiyle kontrol edilmiştir. Mikroyapısal özellikleri ise Nikon MA200 marka optik mikroskop kullanılarak incelenmiştir. Mikroyapı incelemelerinden önce zımparalama (120, 400, 600, 800, 1200, 2000 grit), parlatma (3 µm elmas süspansiyon) ve dağlama (%10 oksalik asit çözeltisi) metalografik işlemleri uygulanmıştır. Kaynaklı ve kaynaklı olmayan numunelere TS EN ISO 6892-2 standartlarında belirtilen koşullara göre 80°C 150°C ve 250°C sıcaklıklar altında Zwick Roell Z-600 marka cihaz ile çekme testi uygulanmıştır. Her bir deney çekme testleri üç kez tekrarlanmış ve ortalaması hesaplanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Şekil 3' de AISI 304 (1.4301), AISI 321(1.4541) ve AISI 316Ti (1.4571) numunelerinin kaynak bölgesinin radyografik muayene sonuçları verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi kaynak bölgesinde herhangi bir boşluk, çatlak, cüruf kalıntıları vb. kaynak kusurları görülmemiş olup süreksizliklere rastlanmamıştır.

Şekil 3. AISI 304 (1.4301), AISI 321(1.4541) ve AISI 316Ti (1.4571) numuneleri için radyografik muayene görüntüleri



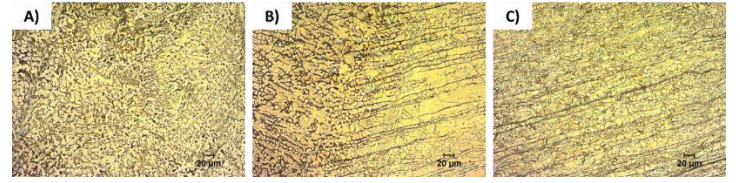
Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da sırasıyla, AISI 304, AISI 316Ti ve AISI 321 kaynaklı numuneler için mikroyapı görüntüleri (kaynak bölgesi, geçiş bölgesi, ana malzeme) sunulmuştur. Sac halinde temin edilen her üç numune için de ana malzeme bölgesinde hadde işleminde oluşan yönlenmeler görülmektedir. Bir diğer bulgu ise kaynak ve ana malzeme geçişleri oldukça belirgindir. Ana malzemelerin mikroyapı görüntülerinde taneli yapıların olduğu görülmektedir. Kaynak bölgesinde ise

literatürdeki önceki çalışmalara benzer bir şekilde dendritik yapılar oluşmuştur [9]. Radyografik muayene görüntüleri gibi mikroyapı görüntülerinde de yapı içerisinde boşluk, çatlak veya süreksizliklere rastlanılmamıştır.

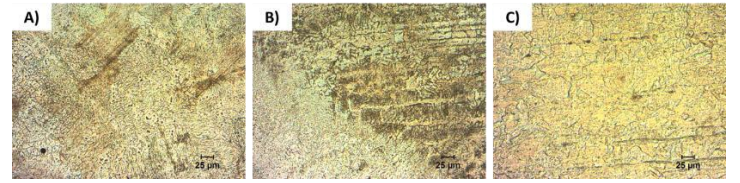
Şekil 4. AISI 304 kaynaklı numune için a) kaynak bölgesi, b) geçiş bölgesi, c) ana malzeme mikroyapı görüntüleri



Şekil 5. AISI 316Ti kaynaklı numune için a) kaynak bölgesi, b) geçiş bölgesi, c) ana malzeme mikroyapı görüntüleri



Şekil 6. AISI 321 için a) kaynak bölgesi, b) geçiş bölgesi, c) ana malzeme mikroyapı görüntüleri



Numunelerin çekme dayanımları, akma dayanımları ve yüzde uzama değerlerinin ortalama değerleri Tablo 3'te sunulmuştur. Tabloda görüldüğü üzere kaynaklı numunelerin (hadde yönüne yatay ve dik) aynı sıcaklık ve kompozisyondaki çekme testi sonuçları birbirine yakın çıkmıştır. Hadde yönünde tanelerin yönlenmesiyle birlikte yatay yönde bir miktar dayanımların daha yüksek olduğu görülmektedir. Uzama değerleri ise bir miktar daha düşüktür. Hadde işlemindeki pekleşmeden dolayı bu sonuçların elde edildiği söylenebilmektedir. Kaynaklı numunelerde de kaynaklı numunelerde olduğu gibi çekme testi sıcaklığı arttıkça hem dayanım hem de yüzde uzama değerleri düşüş göstermiştir.

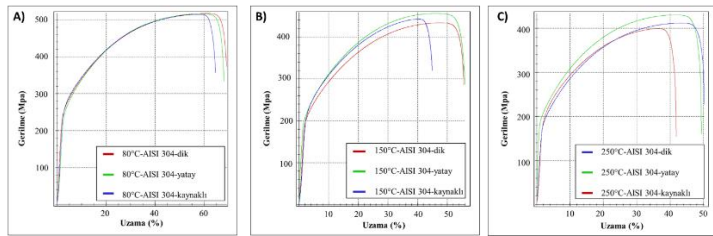
Tablo 3. Çekme Testi Sonuçları

Numune Bilgisi	AISI 321(1.4541)			AISI 316 Ti(1.4571)			AISI 304(1.4301)		
	Akma	Çekme	(%)	Akma	Çekme	(%)	Akma	Çekme	(%)
80°C dik	270,5	525	54,9	296	552	54,1	229	516,5	66,2
80°C yatay	268	526	54,1	302,5	565	50,3	251,5	516	63

80°C kaynaklı	261,5	521	49,5	282	551,5	50,8	236	513,5	62,8
150°C dik	257	472,5	48,05	292,5	517,5	46,9	181	448	53,15
150°C yatay	257,5	487	47,15	284	527,5	45,25	213	459	52,75
150°C kaynaklı	244,5	454	34,45	270	467	26,25	210	462,5	44,2
250°C dik	228,5	437	44,1	224,3	478,3	44,0	172,5	418	48,4
250°C yatay	227	442,5	44,1	200	433	37,2	171	428,5	48,8
250°C kaynaklı	219	421,5	33,05	229	430,5	24,15	179,5	400	37,7

Çekme testi sonuçlarında kimyasal kompozisyon karşılaştırıldığında ise AISI 316 Ti çeliğinin en yüksek dayanım değerlerini verdiği görülürken, en düşük dayanım değerleri ise AISI 304 çeliğinde görülmüştür. Bunun sebebi olarak ise titanyum ve molibden içeriğindeki farklılık düşünülmektedir. Sıcaklık altındaki çekme testleri, kaynaklı ve kaynaklı olmayan numunelere (hadde yönünde yatay ve hadde yönüne dik) uygulanmıştır. Şekil 7, Şekil 8, Şekil 9'da sırasıyla AISI 304, AISI 316Ti ve AISI 321 kaynaklı numuneler için çekme testi sonuçları gösterilmiştir.

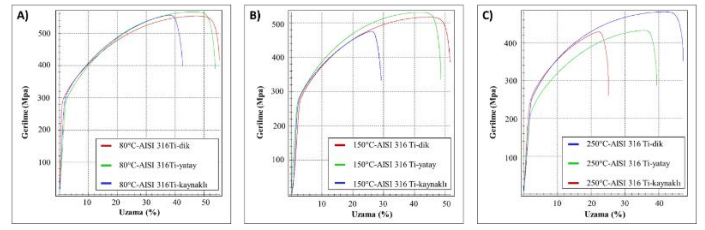
Şekil 7. AISI 304 kaynaklı numune için A) 80 °C, B) 150°C, C) 250°C sıcaklık altında yapılan çekme testi sonuçları



Kaynaklı ve kaynaklı olmayan numune sonuçları karşılaştırıldığında, kaynaklı numunelerin kaynaklı olmayan numunelere göre daha düşük çekme dayanımı ve yüzde uzama değerleri gösterdiği görülmektedir. Bunun sebebi olarak ise mikroyapı ve röntgen muayene sonuçlarında belirgin çatlak veya boşluklar görülmemesine rağmen, kaynak bölgesindeki tane yapısındaki değişikliği düşünülmektedir.

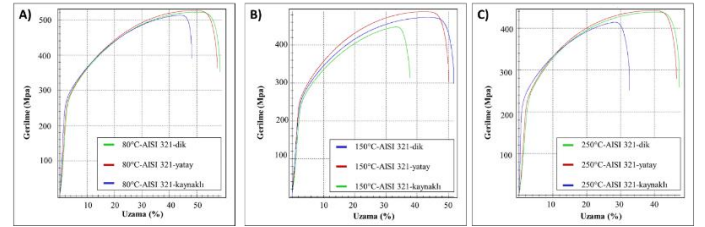
Şekil 8. AISI 316Ti kaynaklı numune için A) 80 °C, B) 150°C, C) 250°C sıcaklık altında yapılan çekme testi sonuçları

250°C sıcaklık altında yapılan çekme testi sonuçları
e-ISSN: 2148-2683



AISI 304 çeliğinde 80 °C'de yapılan test sonuçlarında çekme dayanımı ve yüzde uzama değerleri birbirine yakın iken, sıcaklık artışı ile çekme dayanımına kıyasla yüzde uzama değerinde belirgin düşüşler tespit edilmiştir. AISI 316Ti ve AISI 321 çeliğinde ise yüzde uzamaldaki belirgin düşüş tüm sıcaklık değerlerinde görülmektedir. Kaynaklı numunelerde yüzde uzama değerleri belirgin bir şekilde düşük iken çekme dayanımındaki düşüş ise dikkat çekici değildir.

Şekil 9. AISI 321 kaynaklı numune için A) 80 °C, B) 150°C, C) 250°C sıcaklık altında yapılan çekme testi sonuçları



AISI 321 östenitik paslanmaz çeliğinde, 150 °C'deki kaynaklı numunenin yüzde değeri 80 °C'deki yüzde uzama değerine göre yaklaşık %30 daha düşüktür. 150 °C'den 250°C'ye çıkıldığında ise yüzde uzamanın yaklaşık %4 düştüğü görülmüştür. Benzer yaklaşım AISI 316Ti ve AISI304 çeliklerine uygulandığında düşüş değerleri sırasıyla yaklaşık olarak %48, %8 ve %30, %15 olarak bulunmuştur. Dolayısıyla, sıcaklık değerindeki ilk artışın (80 °C'den 150 °C'ya çıkılması) ikinci artışa göre (150 °C'den 250 °C'ye) yüzde uzama değerinde daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, AISI 304, AISI 321 ve AISI 316Ti kalite östenitik paslanmaz çelikleri plazma kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. Kaynak bölgelerinin sıcaklık altındaki mekanik özellikleri belirlenmiştir. Sonuçlara göre hem radyografik muayene hem de optik mikroskop görüntülemelerinde kaynak işleminden kaynaklı mikroyapı içerisinde boşluk, çatlak veya süreksizliklere rastlanılmamıştır. Ancak, kaynaklı numunelerin kaynaklı olmayan numunelere göre tüm sıcaklık değerleri için daha düşük çekme ve akma dayanımı gösterdiği tüm çelik bileşenleri için görülmüştür. Yine kaynaklı numunelerin kaynaklı olmayan numunelere göre yüzde uzamalarındaki düşüş oldukça belirgindir. Dolayısıyla, plazma kaynağı ile paslanmaz çelik tanker üretiminde bu sonuçlar dikkate alınmalıdır.

5. Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmada yapılan işlemler sırasında verdiği destekten dolayı Tırsan Treyler A.Ş. şirketine, Karabük Üniversitesi'ne ve Karabük Demir Çelik Enstitüsüne teşekkür eder.

Kaynakça

- [1] M. ÖZSÖNMEZ, “TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞI VE ADR”, *Gümrük Ve Ticaret Derg.*, sy 5, ss. 142-146.
- [2] N. A. ÖZBEK, A. ÇİÇEK, M. GÜLESİN, ve O. ÖZBEK, “AISI 304 ve AISI 316 östenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğinin değerlendirilmesi”, *Politek. Derg.*, c. 20, sy 1, ss. 43-49, 2017.
- [3] C. Maranhão ve J. P. Davim, “Finite element modelling of machining of AISI 316 steel: numerical simulation and experimental validation”, *Simul. Model. Pract. Theory*, c. 18, sy 2, ss. 139-156, 2010.
- [4] B. Aronsson, *On the origins and early growth of stainless steel: A survey with emphasis on the development in Sweden*. Outokumpu, 2010.
- [5] N. Y. ÇOLAK ve H. TURHAN, “TIG Yöntemi ile Östenitik Paslanmaz Çelik Yüzeyine Kaplanan Stellite 6+ FeMo Tabakasının Mikroyapı ve Sertlik Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi”, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilim. Derg.*, c. 7, sy 1, ss. 22-31, 2018.
- [6] M. SUBAŞI ve Ç. KARATAŞ, “Titanyum ve titanyum alaşımlarından yapılan implantlar üzerine inceleme”, *Politek. Derg.*, c. 15, sy 2, ss. 87-103, 2012.
- [7] R. Dixon, “Introduction to solid-state welding”, *ASM Int. ASM Handb.*, c. 6, ss. 141-142, 1993.
- [8] K. Ceyhan ve C. Topal, “Plazma Ark Kaynağıyla Birleştirilen AISI 410S Ferritik Paslanmaz Çeliğin Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Isıl İşlemin Etkisi”, *Avrupa Bilim Ve Teknol. Derg.*, sy 19, ss. 201-212, 2020.
- [9] J. Yan, M. Gao, ve X. Zeng, “Study on microstructure and mechanical properties of 304 stainless steel joints by TIG, laser and laser-TIG hybrid welding”, *Opt. Lasers Eng.*, c. 48, sy 4, ss. 512-517, 2010.
- [10] F. E. Buğan, E. E. Göktepe, T. ALTIPARMAK, ve D. Erhan, “Comparison of Mechanical Properties of Welded and Non-Welded Steels Used in Tankers with ADR”, *Avrupa Bilim Ve Teknol. Derg.*, sy 34, ss. 531-536, 2022.



Topraktaki Ağır Metallerin Güncel Analiz Yöntemleri

Ebubekir İzol^{1*} Orhan İnik²

^{1*} Bingöl University, Bee and Natural Products R&D and P&D Application and Research Center, Bingol, Turkey, (ORCID: 0000-0003-0788-4999), eizol@bingol.edu.tr

² Bingöl University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Bingöl, Turkey, (ORCID: 0000-0003-1473-1392), oinik@bingol.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1111496)

ATIF/REFERENCE: İzol, E. & İnik, O. (2022). Topraktaki Ağır Metallerin Güncel Analiz Yöntemleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 116-120.

Öz

Toprak sahip olduğu özelliklerinden dolayı ekosistemin en önemli parçasıdır. Toprağın sağlığının yitirmesi demek tüm ekosistemin sağlığının yitirmesi demektir. Ağır metaller toprak sağlığını tehdit eden en önemli faktördür. Doğal ve yapay (Sanayi atıkları ve endüstri, kirliliği, trafikle, kentleşme, kimyasal gübreler ve ilaçlar, kontrolsüz tarım faaliyetleri gibi) nedenlerden dolayı toprakta ağır metal kirliliği oluşması özellikle canlı organizmalarda bıraktıkları kalıcı zararlar açısından bir tehdit oluşturmaktadır. Bu zararlar ağır metallerin toprak yoluyla bitkisel ve hayvansal besinlere ve oradan da insanlara ulaşması ve birikimi ile olmaktadır. Bu nedenle toprağın muhtevastındaki ağır metallerin konsantrasyonlarının belirlenmesi ve düzenli periyotlarla takip edilmesi hem bitki hem de çevre sağlığı açısından oldukça önem arz etmektedir. Bu nedenle bu çalışmada toprakta güncel ağır metal analizi teknikleri derlenmiştir.

Toprakta ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi farklı teknikler ile gerçekleştirilmektedir. Bu tekniklerin başında Atomik Absorbsiyon Spektrometresi (AAS), İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES), İndüktif Eşleşmiş Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi (ICP-AES), İndüktif Eşleşmiş Plazma- Kütle Spektrometresi (ICP-MS) gelmektedir. Analiz yöntemleri gelişen teknoloji ile hızla artmakta ve güvenilirliği, hassasiyeti, tekrarlana bilirliği ve doğrulusu yüksek olan yöntemler öne çıkmaktadır. Bu tekniklerin avantaj ve dezavantajlarının bilinmesi toprakta ağır metal analizleri öncesinde araştırma alanları ve konularına göre yönlendirici olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, toprak, mineral, ICP, AAS

Current Analysis Methods of Heavy Metals in Soil

Abstract

Soil is the most important part of the ecosystem due to its properties. The loss of the health of the soil means the loss of the health of the entire ecosystem. Heavy metals are the most important factor threatening soil health. Heavy metal pollution in the soil due to natural and artificial (industrial wastes and industry, polluted air, traffic, urbanization, chemical fertilizers and pesticides, uncontrolled agricultural activities) poses a threat especially in terms of permanent damage to living organisms. These damages occur when heavy metals reach and accumulate through the soil to plant and animal foods and from there to humans. For this reason, it is very important to determine the concentrations of heavy metals in the soil and to monitor them regularly, both in terms of plant and environmental health. For this reason, current heavy metal analysis techniques in soil were compiled in this study.

Determination of heavy metal concentrations in soil is carried out by different techniques. At the beginning of these techniques are Atomic Absorption Spectrometer (AAS), Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer (ICP-OES), Inductively Coupled Plasma- Atomic Emission Spectrometer (ICP-AES), Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer (ICP-MS). Analysis methods are increasing rapidly with the developing technology and methods with high reliability, sensitivity, reproducibility and accuracy come to the fore. Knowing the advantages and disadvantages of these techniques will guide the research areas and subjects before heavy metal analysis in the soil.

Keywords: Heavy metal, soil, mineral, ICP, AAS

1. Giriş

Ekosistemin en önemli parçası topraktır. Toprak sahip olduğu özellikleri nedeniyle mekânsal olarak değişkenlik gösterir. Bu özelliklerinden en önemli olanlarından biri doğada kirleticiler için filtre görevi üstlenmesidir. Bu nedenle korunamaması ve doğru yönetilememesi, sağlığının ve dolayısıyla tüm ekosistemin sağlığının bozulmasına neden olabilir (Bezdicsek, Papendick, & Lal, 1997; KARA & Ertan, 2018). Toprağın tamponlama özelliği sayesinde su ve hava ekosisteminin aksine doğada kirleticilerin neden olduğu kirliliğin ortaya çıkmasını önleyen bir filtrasyon görevi vardır (Başkaya, 2003; Göçmez, 2006). Ancak yanlış toprak yönetimleri, dışardan ilave edilen maddeler, fazla üretim sağlamak için yanlış tarımsal uygulamalarla toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin yanın da verimlilik özelliklerini de gün geçtikçe kaybetmektedir. Özellikle son yıllarda tüm dünyada dikkat çeken bir konu olan topraklarda bulunan ağır metal kirliliği bu etkide büyük bir paya sahiptirler (Z. Özbek, 2010).

Ağır metaller, toprakların oluşumu sırasında doğal bir şekilde kirliliğe neden olabilirler. Ancak günümüzde insanların çeşitli nedenlerle toprağa ilave ettikleri maddelerin yapısında bulunan ağır metaller, toprakta metal kirliliğin başlıca sebepleridir (Çepel, 1997; H. Özbek, Kaya, Gök, & Kaptan, 1993; Tok, 1997). İnsan aktivitelerinin bir sonucu ya da toprağın jeolojik sürecine bağlı olarak topraktaki ağır metal konsantrasyonları 1 mg/kg'dan 100.000 mg/kg'a kadar değişen oranlarda olabilir (Blaylock, 2000; Melih, TOZLU, metin KUMLAY, & PEHLUVAN, 2009). Özellikle Sanayi devri ile birlikte tarım arazilerine kimyasal girdilerin artmasıyla bu değişim artmıştır. Bu artış bazı ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Ni, Zn vb.) toprakta fazla konsantrasyonları doğal su ve karasal ekosistemlerinin bozulmasına neden olur (Gardea-Torresdey et al., 1996; Meagher, 2000).

Topraktaki bu kirlilik dünya üzerinde pek çok yerde canlıları olumsuz etkiler. Özellikle bitkiler bu kirliliğe direk maruz kalan canlı sınıflarıdır (Cunningham, Shann, Crowley, & Anderson, 1997; Meagher, 2000; Raskin & Ensley, 2000). Bitkiler için uygun konsantrasyondaki ağır metallerin bazıları önemli mikro-elementlerdir. Ancak bu metallerin yüksek konsantrasyonları bitki büyümesini engeller ve metabolik düzensizliğe neden olurlar (Carlson et al., 1991; Fernandes & Henriques, 1991). Örneğin bakır (Cu) toprakta iyon formunda iken bitkiler tarafından bünyesine alınır. Ancak tarımsal ürünlerde kullandığımız pestisitler Cu'nun kaynağıdır. Toprakta bulunan Cu bazı bileşiklerle (PO₄, CO₃-2 vb.) etkililiğe girerek bitkiler tarafından alınmaz hale gelmektedir. Buna ilaveten toprakta Cu kirliliği içme sularına bulaştığında sudaki organizmalarda ve insanlarda zehir etkisi oluşturabilmektedir (KARA & Ertan, 2018; Wang, Qiao, Liu, & Zhu, 2012).

Bir başka ağır metal olan nikelin (Ni) topraktaki kaynağı volkanik kökenli kayaların yapısındaki mineraller ve tarımsal amaçlı kullanılan fosforlu kimyasal gübrelerdir (Brohi, Aydeniz, Karaman, & 1995.). Kara ve ark. (2004) Niğde ilinde patates üretimi yapılan topraklarda yaptıkları bir araştırmada kimyasal gübrelerin kullanımı fazla olan alanlarda Ni değerlerin sınır değerlerinin fazla olduğu ve buna bu bağlı olarak asitleşmenin arttığını görmüşlerdir (Kara, Pirlak, & Özdilek, 2004).

Toprakta ki ağır metal kirliliği gün geçtikçe artmakta ve buna bağlı olarak çevre kirliliğinin yanında artık insan sağlığı içinde

ciddi bir tehdit olmaktadır. Çünkü toprakta biriken ağır metaller bitkiye, bitkiden hayvana, hayvandan insana doğru ilerleyen besin zinciri vasıtasıyla insan sağlığını etkilemektedir (Koch & Grupe, 1993; Zheng et al., 2012). Örneğin insanda Çinko (Zn); insanda öksürme ve üşüme, kadmium (Cd); kimyasal zehir ve akciğer ödemi, Ni; nefes darlığı ve nefes alıştırma güçlüğüne neden olduğu tespit edilmiştir (Kent, 1998).

Ağır metal kirliliği artık doğadaki ekolojik sistemde büyük bir sorun haline gelmiştir. Besin zinciri yolu ile çok ciddi sağlık sorunlarına neden olarak insana ulaşmaktadır. Bu zincirin en önemli kaynağı olan toprak, gün geçtikçe ağır metal kirliliğine maruz kalmaktadır. Bu kirliliğin önüne geçmek için toprakta ağır metal varlığının erken belirlenmesi ve önlem alınması çok önemlidir.

Bu çalışmada toprakta ağır metallerin belirlenmesi ve tespit edilmesinde güncel kalitatif ve kantitatif analiz yöntemlerine değinilmiştir.

1.1. Ağır Metaller

Ağır metaller genel olarak yoğunluğu 5 g/cm³'den daha büyük olan metallere denilmektedir. Bu tanımlamada birçok sayıda metal yer alırken başlıca ise civa (Hg), kurşun (Pb), kadmium (Cd), bakır (Cu), krom (Cr), çinko (Zn), demir (Fe), nikel (Ni), alüminyum (Al) elementleri öne çıkmaktadır (Seven, Büşra, Darende, & Sevda, 2018). Ağır metallerin toprakta ve gıdalarda literatürde belirtilen alt ve üst limitler bulunmaktadır. Bu belirtilen konsantrasyonlar sağlık açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle ağır metal limitlerinin belirlenmesi çok önemlidir.

Spektroskopik analiz yöntemleri içinde başlıca AAS gelmektedir. Buna gelişen teknoloji ile ICP teknikleri eşlik etmiştir. ICP teknikleri de kendi içinde farklı cihazlar ile birleştirilerek ICP-OES, ICP-AES ve ICP-MS sistemleri oluşturulmuştur. Bu sistemlerden en gelişmiş olan ise ICP-MS teknolojisi kabul edilmektedir. Bu metodlar arasındaki farklılıklar yapılacak çalışmalara rehberlik yapmakta ve doğru yöntemin seçilmesini sağlamaktadır (İzol & İzol, 2022). Bir numunenin analizi yapılırken; metodun tekrarlanabilirliği, metodun duyarlılığı, doğruluğu ve seçiciliği, ara basamak içerip içermemesi, analizinin maliyeti ve süresi, örnek ve sarf miktarı, metotta yer alan elementlerin girişim yapıp yapmadığı, aynı anda çoklu analiz gerçekleştirilebilmesi, izotop analizi yapabilme, konsantrasyon limitleri ve numune çözme yöntemi gibi özelliklere dikkat edilmektedir (Ferrarello, Fernández de la Campa, & Sanz-Medel, 2002; İzol & İzol, 2022; Olesik, 2003).

1.2. Toprak İle Başlıca Ağır Metal Analiz Yöntemleri

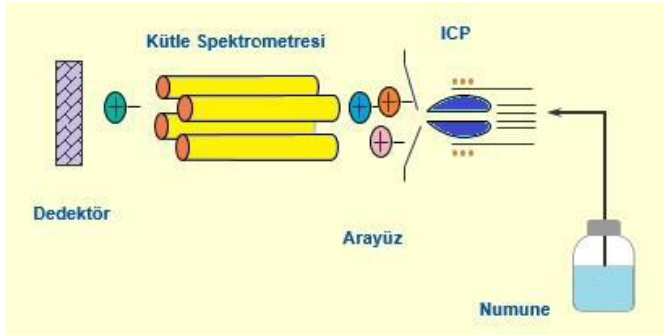
AAS: Prensipte olarak elementleri yüksek sıcaklıkta gaz fazına dönüştürerek elektromanyetik ışınları absorblama temeline göre çalışmaktadır. Numunelerin genellikle mg/kg ve düşük limitlere inmesi bile µg/kg konsantrasyonlarında kantitatif analizleri yapılmaktadır. Oyuk katot lambaları bulunmakta ve zamanla değişmesi gerekmektedir. Numune farklı çözücüler ile yakılarak seyreltilip cihaza hazır hale getirilmektedir. Önceliğinde ise standartların cihaza belli kalibrasyonlarda okutulması ve kalibrasyon eğrisi çizildikten sonra numune analizi gerçekleştirilmektedir. ICP tekniklerine göre hassasiyeti daha düşüktür ve eski teknoloji olarak görülmektedir fakat mg/kg düzeyinde hala birçok toprak analizlerinde kullanılmaktadır. Işık kaynağı, atomlaştırıcı, monokromatör ve dedektör kısımlarından

oluşmakta ve farklı element girişimleri görülmektedir (Sanz-Medel, Gomis, Fuente, & Jimeno, 1984).

ICP-OES: Prensip olarak atomları yüksek sıcaklıkta uyarıp elektronların seviyesini atlattıktan sonra elektronların tekrar kendi enerji düzeylerine geçtiklerinde yaydıkları ışınların saptanması temeline göre çalışmaktadır. Metal elementlerinin enerji sevipleri şiddeti ile emisyon yaptıkları dalga boylarının şiddeti belirlenerek kantitatif ve kalitatif analizler yapabilmektedir (İzol & İzol, 2022).

ICP-AES: ICP teknolojisi ile atomik emisyon spektrometresinin kombinasyonundan oluşmaktadır. Prensip olarak numuneyi plazmaya püskürtürerek iyonlaştırmakta ve oluşan iyonların emisyonlarının ölçülmesi temeline işlem yapmaktadır. Nicel ve nitel analizler yapabilmekte ve µg/kg limitlerine kadar ölçüm gerçekleştirmektedir (Thompson & Walsh, 1984).

ICP-MS: ICP, 7000 K (Kelvin) sıcaklığına kadar yüksek sıcaklıkta plazma yardımı ile numunelerin iyonlarına ayrışmasını sağlarken MS ise iyonların kütlelerini kullanarak atomların ayrışmasını gerçekleştirerek kalitatif ve kantitatif ölçümleri yapmaktadır (Ebubekir, Enes, & Davut, 2021). Bu tekniğin üstünlükleri; izotop analizleri, spektral kolaylık, çok düşük belirleme limitleri (ppb, ppt gibi), aynı anda birden çok elementli kantitatif analiz yapabilmeye, geniş dinamik limit aralığı ve girişimleri engellemedir. Çalışma prensibi Şekil 1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1. ICP-MS Prensibi (İzol & İzol, 2022).

Bu tekniklerin tümünde numuneler belirli çözücüler (nitrik asit, hidrojen peroksit, hidroklorik asit vb.) ile mikrodalga fırınlarda yakılarak çözünürleştirilmektedir. Sonra kalibrasyon bilgilerine göre konsantrasyonları seyreltme işlemleri yapılarak ayarlanmakta ve numuneler cihaza hazır hale getirilmektedir.

1.3. Toprak İle Yapılan Bazı Ağır Metal Çalışmalar

Hatay ilinde yapılan çalışmada, toprak ve bitkilerdeki ağır metallerin kara yolu ile ilişkisini ortaya koymak için 8 farklı noktadan numuneler alınmış ve ICP-OES ile analizler gerçekleştirilmiştir. Toprak numunelerindeki ağır metaller DTPA (dietilen triamin pentaasetik asit) ile çözünmüştür. Toprak numunelerindeki ağır metal konsantrasyonları Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Toprak numunelerindeki ağır metal konsantrasyonları

Table 1. Heavy metal concentrations in soil samples

Ağır Metal	Konsantrasyon (mg/kg)
Pb	0,130-0,780
Cd	0-0,265
Ni	0,370-3,97
Cr	0-0,120
Co	0-1,83
Al	0-0,700
Fe	1,45-22,8
Cu	0,385-5,43
Mn	1,96-27
Zn	0-4,26

Çalışma sonucunda toprak numunelerinde Dünya ve Türkiye'de kabul edilebilir derişim limitlerini aşmadığı belirlenmiştir. Ek olarak karayolundan uzaklaştıkça ağır metal derişimlerinin düştüğü görülmüştür (Özkan, 2017).

Tekirdağ ilinde yapılan çalışmada sanayinin yoğun olduğu 7 farklı bölgeden toprak örnekleri FAAS (Alevli Atomik Absorbsiyon Spektrometresi) ile Cd, Pb, Ni, Zn, Fe, Co, Mn, Cr ve Cu elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Bir bölgede Ni, Cd, Cr, Zn metallerinin limitleri Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde belirtilen seviyeleri aştığı belirlenmiştir (DÖKMECİ, Çelik, KAYKIOĞLU, & Öngen, 2017).

Adana ilinde ise 52 farklı bölgeden toprak numunesinin AAS ile Hg, Pb, Cd, Al, Cu, Fe, Zn, Mn, Ni, As, Cr ve Co ağır metallerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Sonuçlar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Toprak Kirliliği yönetmeliği limitleri ile kıyaslanmış ve Fe, Mn ve Pb metalleri limitlerin altında, Cu, Hg, Co ve Cd elementlerinde ise birkaç numunenin referans limitlerinin üzerinde çıktığı bulunmuştur (AKYILDIZ & KARATAŞ, 2018).

Çin'de yapılan çalışmada evlerdeki ağır metal konsantrasyonlarını belirlemek için farklı evlerden toz numuneleri ve yakın çevrelerinden toprak numuneleri alınmış ve analizleri yapılmıştır. Evlerde Mn, V, Co ve Cr derişimleri topraktakilerine yakın bulunmuştur. Belirlenen düzeylerin insan sağlığına olumsuz etki etmeyeceği ifade edilmiştir (Wan, Han, Liu, & Yang, 2016).

Gümüşhane ilinde antimonit cevherleşme alanında yapılan çalışmada belirli bölgelerden alınan toprak numunelerinin ağır metal analizleri ICP-MS ve ICP-AES ile yapılmıştır. Ortalama olarak Cu 81.01, Pb 25.46, Zn 75.93, Co 28.18, Cd 0.18, Sb 4.41 (mg/kg) olarak bulunmuştur (Gardea-Torresdey et al., 1996; VURAL & ÇİÇEK, 2020).

Bayburt ilinde yapılan çalışmada 10 farklı bölgeden toprak örneği alınmış ve ICP-MS ile Pb, Zn, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Cd ve Mg ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Tüm numuneler içinde en yüksek konsantrasyon Mg metalinde tespit edilmiştir. Derişimlerin sıralaması ise Mg > Fe > Mn > Ni > Cr > Pb > Cu > Co > Zn > Cd şeklinde bulunmuştur. Bazı bölgelerde sınır limitlerinin üzerinde limitler tespit edilmiştir (Sinan, Volkan, & CENGİZ, 2021).

2. Sonuçlar

Toprak yenilenemeyen ve alternatifi olmayan tek kaynaktır. Ekosistemin en önemli parçası olmasından dolayı korunması ve doğru yönetilmesi çok önem arz etmektedir. Toprak sağlığının bozulması, bitkisel ve hayvansal üretimin yanında ekosistemdeki tüm canlıların varlığı risk altında olması demektir. Gün geçtikçe artan sanayileşme beraberinde endüstriyel atıklar, motorlu taşıtların artmasıyla çevreye salınan egzoz gazları, tarımda kullanılan kimyasal girdilerle tarımsal alanlarda ve çevrede ağır metal birikmesine neden olmaktadır. Bu birikim ağır metal kirliliğini oluşturmaktadır.

Bunun önüne geçmek için bazı ülkeler çok duyarlı davranışlar sergileyerek sert uygulanan yasalarla toprak ve su kaynaklarını ağır metal kirliliğine karşı koruma altına almışlar. Ülkemizde de kurşun içerikli benzin üretimine son verilmesi bu kirliliğin önüne geçmektedir. Ancak özellikle sanayi devrimi ile birlikte birim alanında fazla üretim yapmak için topraklara çok ciddi maddelerde kimyasal girdi olduğundan tarımsal alanlarda ağır metal kirliliği artmıştır. Özellikle ülkemizde yanlış tarım uygulamalarından dolayı binlerce hektar topraklarımız verimsiz hale gelmiştir. Bunun önüne geçmek için topraktaki ağır metal varlığının bilinmesi büyük önem taşır.

Günümüzde ağır metal analizlerin düzenli ve belirli periyotlarla yapılması çok önemlidir. Bu nedenle kirliliğin önüne geçmek için günümüzün teknolojik imkanlarından faydalanarak toprakta ağır metal tespitleri hızlı bir şekilde yapılabilir. Özellikle ICP-MS cihazıyla ağır metallerin belirlenmesi etkili ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir.

Toprakta ağır metal varlığının bilinmesi; pH düzenlemelerini, organik madde ve gübre kullanımını, doğru bitki yetiştirilmesini, fiziksel stabilizasyon, güçlü asitle yıkama, kireçleme, fosforlu gübre uygulaması, fitoremediasyon teknikleri gibi uygulamalarla ağır metal kirliliği minimize edilebilir.

Kaynakça

AKYILDIZ, M., & KARATAŞ, B. (2018). Adana şehir merkezindeki topraklarda ağır metal kirliliğinin araştırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(2), 199-214.

Başkaya, H. S. (2003). Metallerle kirlenmiş toprakların temizlenmesinde uygulanan teknolojiler.

Bezdicsek, D. F., Papendick, R. I., & Lal, R. (1997). Introduction: Importance of soil quality to health and sustainable land management. *Methods for assessing soil quality*, 49, 1-8.

Blaylock, M. J. (2000). Phytoextraction of metals. *Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean up the environment*, 53-70.

Brohi, A., Aydeniz, A., Karaman, M., & (1995.). *Toprak Verimliliği*. Tokat: T. G.O.P.Üniv.,Zir.Fak.Yay.

Carlson, C. L., Adriano, D. C., Sajwan, K. S., Abels, S. L., Thoma, D. P., & Driver, J. T. (1991). Effects of selected trace metals on germinating seeds of six plant species. *Water, Air, and Soil Pollution*, 59(3), 231-240.

Cunningham, S. D., Shann, J., Crowley, D. E., & Anderson, T. A. (1997). *Phytoremediation of contaminated water and soil*: ACS Publications.

Çepel, N. (1997). *Toprak kirliliği erozyon ve çevreye verdiği zararlar*: TEMA.

DÖKMECİ, A. H., Çelik, S. Ö., KAYKIOĞLU, G., & Öngen, A. (2017). Tekirdağ'da Çorlu ilinde endüstriyel alanlardaki

toprakta ağır metal kirliliğinin çevresel ve insan sağlığı açısından etkileri. *Balikesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(2), 256-263.

Ebubekir, İ., Enes, K., & KARAHAN, D. (2021). Investigation of some metals in honey samples produced in Different Regions of Turkey's Bingöl province by ICP-MS. *Mellifera*, 21(1), 1-17.

Fernandes, J., & Henriques, F. (1991). Biochemical, physiological, and structural effects of excess copper in plants. *The botanical review*, 57(3), 246-273.

Ferrarello, C., Fernández de la Campa, M., & Sanz-Medel, A. (2002). Multielement trace-element speciation in metal-biomolecules by chromatography coupled with ICP-MS. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 373(6), 412-421.

Gardea-Torresdey, J., Polette, L., Arteaga, S., Tiemann, K., Bibb, J., & Gonzalez, J. (1996). *Determination of the content of hazardous heavy metals on Larrea tridentata grown around a contaminated area*. Paper presented at the Proceedings of the Eleventh Conf. on Hazardous Waste Research,(HSRC/WERC Joint Conference on the Environment), Edited by LR Erickson, DL Tillison, SC Grant, and JP McDonald, Albuquerque, NM.

Göçmez, S. (2006). Menemen ovası topraklarında İZSU kentsel arıtma çamuru uygulamalarının mikrobiyal aktivite ve biyomas ile bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalı*, 224.

İzol, E., & İzol, İ. (2022). Arı Ürünlerinin Spektroskopik Yöntemlerle Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi ve Çevreye Etkileri." In Tarımsal Üretimde. In K. KÖKTEN & H. Ş. İNCİ (Eds.), *TARIMSAL ÜRETİMDE, TARIMSAL KİRLİLİĞİN AYAK İZİ* (Vol. bölüm 10). Ankara iksadyayinevi.

KARA, E. E., & Ertan, K. (2018). Toprakta Ağır Metal Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri ve Çözüm Önerileri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 11(1), 56-62.

Kara, E. E., Pirlak, U., & Özdilek, H. G. (2004). Evaluation of Heavy Metals'(Cd, Cu, Ni, Ph, and Zn) Distribution in Sowing Regions of Potato Fields in the Province of Niğde, Turkey. *Water, Air, and Soil Pollution*, 153(1), 173-186.

Kent, C. (1998). *Basics of toxicology* (Vol. 3): John Wiley & Sons.

Koch, D., & Grupe, M. (1993). Mobility of Heavy Metals of Geogenic/Antropogenic Origin. *Mitteilungen-derDeutschen-Bodenkundlichen-Gesellschaft*.

Meagher, R. B. (2000). Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants. *Current opinion in plant biology*, 3(2), 153-162.

Melih, O., TOZLU, E., metin KUMLAY, A., & PEHLUVAN, M. (2009). Ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 17(2), 14-26.

Olesik, J. (2003). meeting of the Federation of Analytical Chemistry and Spectroscopy Societies. *FACSS, Fort Lauderdale, FL*.

Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M., & Kaptan, H. (1993). Toprak Bilimi. P. Schachtschabel, H. P. Blume, G. Brummer, K.-H. Hartge, U. Schwertmann (Çeviri). *ÇÜ Zir. Fak. Ders Kitapları Yay*(16).

Özbek, Z. (2010). *Topraktaki ağır metaller için sınır değerlerin uygulanabilirliğinin araştırılması*. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özkan, A. (2017). Antakya-Cilvegözü karayolu etrafındaki tarım arazilerinde ve bitkilerdeki ağır metal kirliliği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 9-18.

- Raskin, I., & Ensley, B. D. (2000). *Phytoremediation of toxic metals*: John Wiley.
- Sanz-Medel, A., Gomis, D. B., Fuente, E., & Jimeno, S. A. (1984). Extractive fluorimetric determination of ultratraces of lead with 18-crown-6 and eosin. *Talanta*, 31(7), 515-519.
- Seven, T., Büşra, C., Darende, B. N., & Sevda, O. (2018). Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 91-103.
- Sinan, K., Volkan, G., & CENGİZ, İ. (2021). Toprak ve Bitkilerde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması: Bayburt İli Örneği. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(2), 195-203.
- Thompson, M., & Walsh, J. N. (1984). *Handbook Of Introductively Coupled Plasma Spectroscopy* (Vol. 42-47). Chapman-Hall, New York.
- Tok, H. (1997). Çevre Kirliliği. Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Yayın No: 185, Ders Kitabı No: 20, Tekirdağ: Turkish.
- VURAL, A., & ÇİÇEK, B. (2020). Cevherleşme sahasında gelişmiş topraklardaki ağır metal kirliliği. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(2), 1533-1547.
- Wan, D., Han, Z., Liu, D., & Yang, J. (2016). Risk assessments of heavy metals in house dust from a typical industrial area in Central China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(2), 489-501.
- Wang, Y., Qiao, M., Liu, Y., & Zhu, Y. (2012). Health risk assessment of heavy metals in soils and vegetables from wastewater irrigated area, Beijing-Tianjin city cluster, China. *Journal of Environmental Sciences*, 24(4), 690-698.
- Zheng, X., Pang, L., Wu, J., Pei, L., Tan, L., Yang, C., & Song, X. (2012). Contents of heavy metals in arable soils and birth defect risks in Shanxi, China: a small area level geographic study. *Population and Environment*, 33(2), 259-268.



Konuşma Tanımaya Uygulanan BiRNN, BiLSTM ve BiGRU Modellerinin Performans Değerlendirmesi

Halil İbrahim Yalman ^{1*}, Zekeriya Tüfekci ²

^{1*} Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0841-1309), halilyalman@hotmail.com.tr

² Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-7835-2741), ztufekci@cu.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1111314)

ATIF/REFERENCE: Yalman, H. İ. & Tüfekci, Z. (2022). Konuşma Tanımaya Uygulanan BiRNN, BiLSTM ve BiGRU Modellerinin Performans Değerlendirmesi. *European Journal of Science and Technology*, (36), 121-127.

Öz

Konuşma tanıma ses dalgalarının yazıya dönüştürülmesi işlemidir. Bu çalışmada sesli kitap veri seti üzerinde Çift Yönlü Basit Tekrarlayan Ağlar (BiRNN), Çift Yönlü Uzun Kısa Süreli Bellek (BiLSTM), Çift Yönlü Kapılı Tekrarlayan Hücreler (BiGRU) modellerinin konuşma tanıma performansı incelenmiş ve karşılaştırması yapılmıştır. Kullanılan modellerde Bağlantıcı Zamansal Sınıflandırma (CTC) ve Evrişimsel Sinir Ağları (CNN) kullanılmıştır. Ayrıca bu modellerin tek yönlü versiyonları ile karşılaştırması da yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda en yüksek konuşma tanıma başarı oranına sahip model BiLSTM olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte %33 daha az para metre ile %3 daha düşük konuşma tanıma oranına sahip BiGRU modeli de dikkate değer bulunmuştur. Çift yönlü modellerin tek yönlü modellere göre daha başarılı sonuçlar verdiği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Konuşma Tanıma, Derin Öğrenme, Evrişimsel Sinir Ağları, Çift Yönlü Uzun Kısa Süreli Bellek, Çift Yönlü Basit Tekrarlayan Ağlar, Çift Yönlü Kapılı Tekrarlayan Hücreler, Bağlantıcı Zamansal Sınıflandırma, Türkçe Sesli Kitap Veri seti.

Performance Evaluation of BiRNN, BiLSTM and BiGRU Models Applied to Speech Recognition

Abstract

Speech recognition is the process of converting sound waves into text. In this study, speech recognition performance of Bidirectional Recurrent Neural Network (BiRNN), Bidirectional Long Short Term Memory (BiLSTM), Bidirectional Gated Recurrent Units (BiGRU) models on the audiobook dataset was examined and compared. Connectionist Temporal Classification (CTC) and Convolutional Neural Networks (CNN) are used in the models. In addition, these models were compared with their unidirectional versions. As a result of the study, it was determined that the model with the highest speech recognition success rate was BiLSTM. However, the BiGRU model, which has 33% less parameters and 3% lower speech recognition rate, was also found to be remarkable. It has been determined that bidirectional models give more successful results than unidirectional models.

Keywords: Speech Recognition, Deep Learning, Convolutional Neural Networks, Bidirectional Long Short Term Memory, Bidirectional Recurrent Neural Networks, Bidirectional Gated Recurrent Units, Connectionist temporal classification, Turkish Audiobook Dataset.

* Sorumlu Yazar: halilyalman@hotmail.com.tr

1. Giriş

Konuşma tanıma seslerin metinlere dönüştürülmesidir. Gündelik hayatta kullanılan sistemler seslerin metinlere veya komutlara dönüştürülmesine ihtiyaç duyar. Bunun amacı teknolojinin hayatımızın her alanını kolaylaştırmayı hedeflemesinden dolayıdır.

Teknolojinin her alanında konuşma tanıma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Otonom sistemlerin, giyilebilir teknolojik araçların ve mobil telefonların yaygınlaşması bu sistemlere ihtiyacı artırmıştır. Bu ihtiyaç, konuşma tanıma sistemlerinin önünü açmıştır. 1960'lı yıllarda Bell laboratuvarında yapılan çalışmalarla birlikte IBM'de 1961 yılında "Shoebbox" çalışması konuşma tanıma adına yapılan ilk çalışmalardandır.

Konuşma tanımada 1970'lerde Markov modeli ve 1980'lerde Gizli Markov Modeli (HMM) kullanıldı. 2010'lu yıllarda Yapay Sinir Ağlarının konuşma tanımada kullanılması ve bilgisayarların işlem kapasitesinin artmasıyla birlikte çalışmalar hız kazanmıştır. Konuşma tanıma için Convolutional Neural Networks (CNN), Recurrent Neural Networks (RNN), Long Short Term Memory (LSTM) ve Gated Recurrent Units (GRU) Sinir Ağı modelleri kullanılmaktadır.

CNN, LeCun ve diğerleri (1989) tarafından literatürde sunulan görüntü işleme için özel bir modeldir. CNN, konuşma tanıma sistemlerinde hem özellik çıkarımı hem de akustik modeller olarak kullanılmaktadır.

Rumelhart ve diğerleri (1986), sıralı verileri işlemek için RNN yapısını önerdi. Graves ve diğerleri (2013) ayrıca derin RNN modelini kullanarak akustik bir konuşma tanıma modeli önerdi. RNN modeli, LSTM ve GRU modellerinin temelini oluşturur. LSTM ve GRU modelleri RNN modelleridir. RNN modelinin çift yönlü bir versiyonu olan Bidirectional Recurrent Neural Networks (BiRNN), Schuster ve Paliwal (1997) tarafından tanıtıldı.

Hochreiter ve Schmidhuber (1997), RNN modelinin temel sorunlarını gidermek için LSTM modeli olan bir RNN modeli sundular. Sak ve diğerleri (2014), konuşma tanıma için LSTM modelini kullanmayı önerdi. LSTM modelinin RNN modelinden yaklaşık %50 daha az hata oranı ürettiğini gösterdiler.

Cho ve diğerleri (2014) LSTM modelinde sadeleştirmeler yaparak GRU modelini önermiştir. GRU modeli, LSTM modeline göre daha az kapağı sahip olan ve LSTM modeline benzer sonuçlar veren bir RNN modelidir. Shewalkar (2018) ayrıca LSTM modelinin GRU modelinden daha iyi sonuçlar elde ettiğini öne sürmüştür. Bu sonucu, GRU modeline kıyasla LSTM modelinin aynı sayıda düğüm ve daha uzun çalışma süresi ile elde etti.

RNN, LSTM ve GRU modellerinin çift yönlü modelleri sırasıyla Bidirectional RNN (BiRNN), Bidirectional LSTM (BiLSTM) ve Bidirectional GRU (BiGRU) olarak adlandırılır.

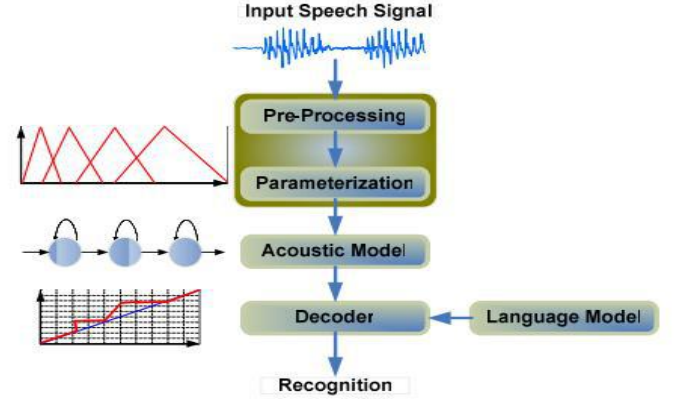
Zeyer ve diğerleri (2017), BiLSTM modelinin ileri beslemeli bir sinir ağından yaklaşık %8 daha iyi sonuçlar verdiğini öne sürmüştür. Arisoy ve diğerleri (2015), BiRNN modelinin tek yönlü RNN'den %0,2 daha iyi sonuçlar verdiğini açıkladı.

Ses dosyaları ve metin dosyaları sıralı verilerdir ve bu iki dosya arasında hangi harfin hangi sese karşılık gelme olasılığını bu iki dosya arasında bulmak modeller için bir problemdir. Graves ve diğerleri (2006), bu sorunun üstesinden gelmek için Connectionist Temporal Classification (CTC) modelini önerdi. CTC modeli, akustik modelin çıktılarını etiket dizisi üzerinde koşullu bir olasılık dağılımına dönüştürmek için bir sınıflandırıcı olarak kullanır.

Bu çalışmada konuşma tanıma için BiRNN, BiLSTM ve BiGRU akustik modellerinin Türkçe veri seti üzerindeki performansları karşılaştırıldı.

2. Materyal ve Yöntem

Konuşma tanıma işlemini gerçekleştirmek için bir veri kümesi gereklidir. Konuşma tanıma sisteminin blok şeması Şekil-1 de gösterilmektedir. Ön işleme adı verilen kısım öznitelik çıkarımıdır. Akustik model olarak kullanılan sinir ağı aracılığıyla eğitim verisiyle eğitilen model, test verisi ile test edilir ve performansı ölçülür. Bir dil modeliniz varsa, sürece dahil edilir.



Şekil 1. Konuşma Tanıma Sisteminin Blok Şeması (Mporas ve diğerleri, 2007)

Bu çalışmada kullanılan veri seti, öznitelik-çıkartımı, Sinir Ağlarının alt dalı Convolution Neural Network, Recurrent Neural Network, Long Short Term Memory, Gated Rate Unit sırasıyla açıklanacaktır.

2.1. Konuşma Tanıma için Türkçe Veri Seti

Çalışmada kullanılan veri seti 42 kişiden alınan seslerden oluşmaktadır. Bu kişilerin %50'si kadın %50'si erkektir. Toplam veri seti 15.000 cümleden oluşmakta ve yaklaşık 20 saatlik ses verisi içermektedir. Ses dosyaları maksimum 10 saniye olacak şekilde sınırlandırılmış olup her ses dosyasının metin karşılığı (Label) oluşturulmuştur.

Veri setindeki tüm seslerin kullanılması ile oluşturulan yaklaşık 20 saatlik veri seti Veriseti-3 olarak adlandırılmıştır.

Veri setindeki seslerin yarısı kullanılarak oluşturulan 7.500 ses dosyası ve metin verisi içeren yaklaşık 10 saatlik veri seti Veriseti-2 olarak adlandırılmıştır.

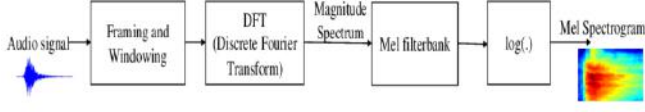
Veri setindeki seslerin dörtte biri kullanılarak oluşturulan 3.750 ses dosyası ve metin verisi içeren yaklaşık 5 saatlik veri seti Veriseti-1 olarak adlandırılmıştır.

Farklı boyutlarda veri seti oluşturulmasındaki maksat eğitim verisinin konuşma tanımadaki performansa etkisi ve modellerin başarımlarını incelemektir. Bu üç veri seti kullanılarak deneylerimiz yapılmıştır.

2.2. Öznitelik Çıkartımı

Öznitelik çıkartımı ham verideki belli bölüme odaklanmamız için yapılan bir bölümle ve odaklandığımız yerdeki nitelikleri ön plana çıkarma işlemine verilen genel terimdir. Konuşma

tanımının öznelilik çıkarma adına birçok teknik bulunmakta olup bu çalışmada Mel Spectrogram kullanılacaktır. Mel Spectrogram özellik çıkarımının blok diyagramı Şekil 2’de sunulmuştur.



Şekil 2. Mel Spectrogram diyagramı (Tak vd., 2017)

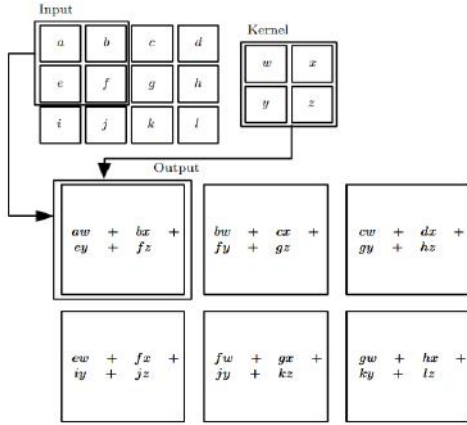
2.3.Sinir Ağları

Sinir ağları insan beynine benzer bir şekilde öğrendikleri bilgilerle yeni bilgileri algılama veya yeni bilgiler türetme amacı ile geliştirilen bilgisayar modelleridir. Konuşma tanımda sinir ağları var olan ses ve karşılığındaki metin verisini öğrenerek yeni gelen sesin metin verisini tahmin etmeye çalışır.

Sinir Ağları alt dalı olan 3 model üzerinde çalışmalar yapılacaktır.

2.3.1. Convolutional Neural Network

Evrışimsel sinir ağları veya CNN olarak da bilinen Evrışimsel ağlar, ızgara benzeri bilinen bir yapıya-sahip veriyi işlemek için kullanılan özel bir sinir ağıdır (Goodfellow vd., 2018).



Şekil 3. 2 boyutlu bir CNN örneği (Goodfellow vd., 2018)

Şekil 3’te görüldüğü gibi, çekirdek her adımda kaydırılır ve girdi matrisinin çekirdek boyutu ile çarpılır. Bunu yaparken atlama (stride) parametresi ile kaydırılacak adım sayısını belirtiyoruz. Burada görüldüğü gibi 8x3 matris 6x2 matrise indirgenmiştir. Matrisin aynı boyutta kalmasını istiyorsak, kenarlarına belirli bir sayı ekleme işlemine dolgu (padding) denir. CNN, konuşma tanıma süreçlerinde hem akustik bir model hem de bir öznelilik çıkarma işlemi olarak kullanılabilir.

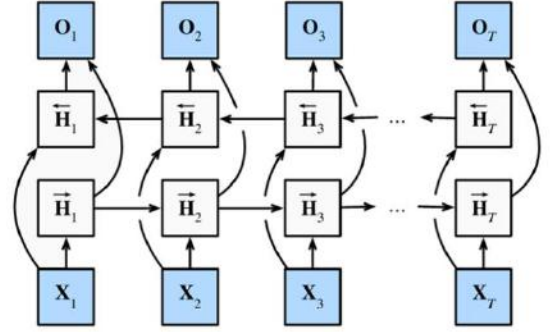
2.3.2. Recurrent Neural Network

Yinelemeli Sinir Ağları (Recurrent Neural Networks) sıralı verileri işlemek için özelleştirilmiş sinir ağları ailesidir

(Rumelhart vd., 1986). Bu çalışmada kullanılan BiRNN, BiLSTM ve BiGRU modeli RNN alt dalıdır.

2.3.2.1. Bidirectional Recurrent Neural Network

Tekrarlayan sinir ağları (Recurrent Neural Network) sıralı verileri işlemek için bir sinir ağları ailesidir (Rumelhart ve diğerleri, 1986). Bidirectional Recurrent Neural Network (BiRNN), t zamanında hem önceki hem de sonraki zaman düğümünden alınan bilgiler tarafından mevcut bilginin kararlaştırıldığı bir RNN türüdür.



Şekil 4. BiRNN yapısı

RNN modeli sadece önceki zaman düğümünden gelen bilgilerle işlenirken, Şekil 4’te görüldüğü gibi çift yönlü RNN versiyonunda hem önceki hem de sonraki zaman düğümünü işler. BiRNN modelinin denklemleri Denklem (1)’den Denklem (3)’e gösterilmektedir: (Zhang ve diğerleri, 2021)

$$\bar{H}_t = \tanh(X_t W_{xh}^{(f)} + \bar{H}_{t-1} W_{hh}^{(f)} + b_h^{(f)}) \quad (1)$$

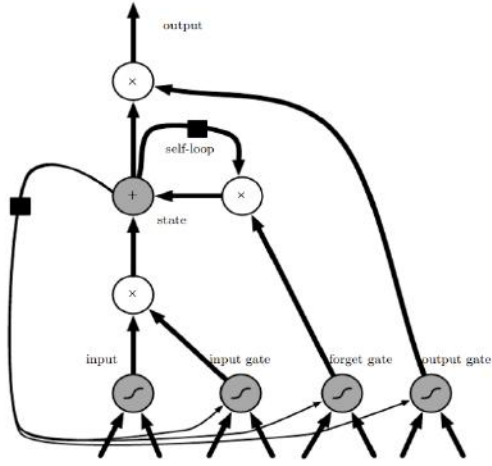
$$\bar{H}_t = \tanh(X_t W_{xh}^{(b)} + \bar{H}_{t+1} W_{hh}^{(b)} + b_h^{(b)}) \quad (2)$$

$$O_t = \tanh(H_t W_{hq} + b_q) \quad (3)$$

W ağırlık matrisini ifade eder. b yanlılık vektörünü ifade eder. Tanh tanjant hiperbolik fonksiyonudur. Çift yönlü modeller, ileri ve geri yapılar eklendiğinden, tek yönlü modellere göre matris işlemlerinde farklı parametrelere sahiptir. H_t simgesinin üzerindeki oklar ileri ve geri yapılarını temsil eder. İleri ve geri yapılarından elde edilen matrisler birleştirilerek H_t matrisi elde edilir.

2.3.2.2. Bidirectional Long Short Term Memory

Uzun Kısa Süreli Bellek dış yinelemeleri ve kapılarla sağladığı iç yinelemeli olan bir modeldir RNN mimarisinin bir alt türüdür



Şekil 5. LSTM yapısı

LSTM'in blok diyagramı Şekil 5'te verildiği gibi 4 kapının kontrolü ile çalışmaktadır. LSTM kapıları arasında unutmaya kapısı (f_t), hangi bilgilerin unutulacağına, giriş kapısı (i_t) hangi bilgilerin ekleneceğine, çıkış kapısı (o_t) ise hangi bilgilerin diğer duruma aktarılacağına karar verir. Ağırlık matrisleri, her bir kapının ne kadar etkileneceğine karar verir. Aşağıda, bu sistemin işlem adımlarını açıklayan LSTM denklemleri bulunmaktadır:

$$i_t = \sigma(W_{xi}x_t + W_{hi}h_{t-1} + W_{ci}c_{t-1} + b_i) \quad (4)$$

$$f_t = \sigma(W_{xf}x_t + W_{hf}h_{t-1} + W_{cf}c_{t-1} + b_f) \quad (5)$$

$$c_t = f_t c_{t-1} + i_t \tanh(W_{xc}x_t + W_{hc}h_{t-1} + b_c) \quad (6)$$

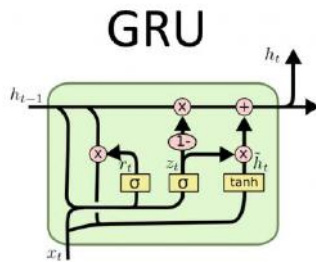
$$o_t = \sigma(W_{xo}x_t + W_{ho}h_{t-1} + W_{co}c_t + b_o) \quad (7)$$

$$h_t = o_t \tanh(c_t) \quad (8)$$

Yukarıdaki denklemlerde W ağırlık matrisini, b bias vektörünü ve σ sigmoid aktivasyon fonksiyonunu ifade eder. BiLSTM modelinin çift yönlü olması nedeniyle bu denklemlerin aynı hem ileri hem geri yönlü olmak üzere uygulanır.

2.3.2.3. Bidirectional Gated Recurrent Unit

Kapılı tekrarlayan üniteler, LSTM sisteminin basitleştirilmiş bir versiyonu olan RNN'nin bir alt tipidir.



Şekil 6. GRU yapısı

Şekil 6 incelendiğinde GRU yapısının LSTM'den farkı, tek bir kapı hem unutmaya hem de güncelleme kararını aynı anda kontrol etmesidir. (Goodfellow ve diğerleri, 2016)

BiGRU modeli Denklem (9)'ten Denklem (17)'e formüle edilmiştir (Bhuvanewari ve diğerleri, 2019):

Right Direction:

$$\bar{z}_t^{(i)} = \sigma(\bar{W}_{(i)}^{(z)} x_t^i + \bar{U}_{(i)}^{(r)} h_{t-1}^{(i)}) \quad (9)$$

$$\bar{r}_t^{(i)} = \sigma(\bar{W}_{(i)}^{(r)} x_t^i + \bar{U}_{(i)}^{(r)} h_{t-1}^{(i)}) \quad (10)$$

$$\tilde{h}_t^{(i)} = \tanh(\bar{W}_{(i)} x_t + \bar{r}_t^{(i)} \bar{U}_{(i)} h_{t-1}^{(i)}) \quad (11)$$

$$\bar{h}_t^{(i)} = \bar{z}_t^{(i)} h_{t-1}^{(i)} + (1 - \bar{z}_t^{(i)}) \tilde{h}_t^{(i)} \quad (12)$$

Left Direction:

$$\bar{z}_t^{(i)} = \sigma(\bar{W}_{(i)}^{(z)} x_t^i + \bar{U}_{(i)}^{(r)} h_{t-1}^{(i)}) \quad (13)$$

$$\bar{r}_t^{(i)} = \sigma(\bar{W}_{(i)}^{(r)} x_t^i + \bar{U}_{(i)}^{(r)} h_{t-1}^{(i)}) \quad (14)$$

$$\tilde{h}_t^{(i)} = \tanh(\bar{W}_{(i)} x_t + \bar{r}_t^{(i)} \bar{U}_{(i)} h_{t-1}^{(i)}) \quad (15)$$

$$\bar{h}_t^{(i)} = \bar{z}_t^{(i)} h_{t-1}^{(i)} + (1 - \bar{z}_t^{(i)}) \tilde{h}_t^{(i)} \quad (16)$$

Output:

$$y_t = \text{softmax}(U[\bar{h}_t^{(top)}, \bar{h}_t^{(top)}] + a) \quad (17)$$

Denklemlerde, güncelleme birimi (z_t), sıfırlama birimi (r_t) ve aday gizli durum (\tilde{h}_t) formüle edilir. Mevcut girişi x_t , önceki zaman durumundaki gizli katmanını h_{t-1} temsil eder. Sembollerin üzerindeki ok işareti sağ ve sol yönleri gösterir. W sembolleri ağırlık matrisini ve b sembolleri bias vektörünü ifade eder. Çıkışta sağ ve sol yön matrisleri birleştirilmiştir. Softmax, softmax aktivasyon fonksiyonunu temsil eder.

2.4. Connectionist Temporal Classification

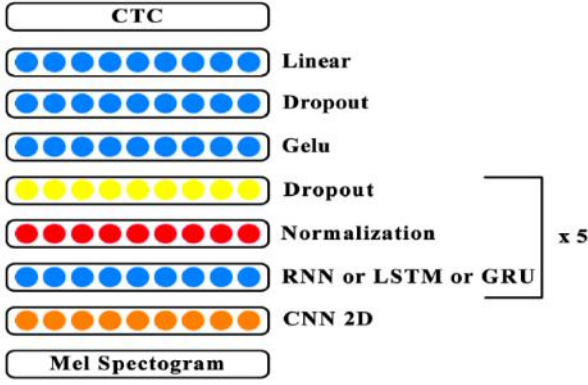
RNN sınıflandırma için kullanılan bir katman olan Bağlantıcı Zamansal Sınıflandırma (Connectionist Temporal Classification) modeli, akustik modelin çıktılarını etiket dizisi üzerinde koşullu bir olasılık dağılımına dönüştürmek için bir sınıflandırıcı olarak kullanılır. CTC modeli Türk alfabesinde kullanılan 29 harf, "x", "w", "q", ". . . ;" ve boşluk dahil olmak üzere 35 karakterden birini çıktısı olarak verir. Hedeflenen metin bilgisi ile tahmin edilen metin bilgisi arasındaki farka hata oranı denir. Etiket hata oranı (Label Error Rate) formülü aşağıda verilmiştir.

$$LER = \frac{S + D + I}{N} = \frac{S + D + I}{S + D + C} \quad (18)$$

Denklem 18'de iki metin arasında yapmak dönüşüm yapmak için eklenecek harf sayısı (I), silinecek harf sayısı (D), değiştirecek harf sayısı (S) ve doğru olarak bilinen harf sayısı (C) ile iki dize arasındaki benzerlik ölçümüdür. N ise iki dize arasındaki referans ifadenin boyutunu gösterir.

3. Deneysel Kurulum ve Sonuçlar

Bu çalışmada Şekil-7'de gösterildiği üzere konuşma tanıma sistemi kullanılmıştır. Şekil 7'den de gösterildiği gibi bu çalışmada akustik model olarak kullanılan BiRNN, BiLSTM ve BiGRU modellerinin performansları karşılaştırılmıştır. Kullanılan modellerde model haricindeki katmanlar ve parametreler sabit bırakılmıştır.



Şekil 7. Konuşma Tanıma Modeli

3.1. Model Hiperparametreleri

Kullanılan modeller Python programlama dilindeki PyTorch ve TorchAudio kütüphaneleri kullanılarak oluşturulmuştur. Kullanılan modellerde, Şekil 2'de gösterildiği gibi TorchAudio kütüphanesi kullanılarak Mel Spectrogram öz nitelikleri elde edilmiştir. Şekil 7'de gösterildiği gibi, Mel Spectrogram çıktısı CNN modelinin girişi olarak kullanılır ve CNN'nin çıkışı beş katmanlı BiRNN, BiLSTM veya BiGRU modelin girişidir. Modelin son katmanında sınıflandırıcı olarak CTC kullanılmıştır.

Bu çalışmadaki modeller birçok parametre kullanmaktadır. Bu hiperparametrelerin değerleri modelin performansını değiştirebilir. Modelde kullanılan hiperparametreler şu şekilde açıklanmıştır:

- **Öznitelik Çıkarımı:** TorchAudio kitaplığını kullanarak, konuşma sinyalini 20 ms'lik bir Hanning penceresi (%50 örtüşme ile) kullanarak çerçevelere bölünmüştür. Her çerçeveden Mel Spectrogram öz niteliği çıkarılmıştır.
- **Katman Sayısı:** Tek 2D-CNN katmanı ve 32 filtre kullanılmıştır. Her bir filtrenin kernel boyutu (3,3) olup atlama(stride) boyutu (2,2)'dir. BiRNN, BiLSTM ve BiGRU modellerinde ise 5 katman kullanılmıştır.
- **Eğitim Döngüsü (Epoch):** 300 döngü çalıştırılmıştır.
- **Düğüm Sayısı (Node):** BiRNN, BiLSTM ve BiGRU modellerinde her katmanda 256 düğüm kullanılmıştır.
- **Öğrenme oranı:** 0.0005 öğrenme adımı kullanmıştır.
- **Eğitim ve Test Oranı:** %97'si eğitim ve %3'ü test için ayrılmıştır.
- **Grup Boyutu (Batch Size):** Grup boyutu 4 olarak alınmıştır.
- **Aktivasyon Fonksiyonu:** Modellerin yapısı gereği sigmoid, tanh ve softmax kullanılmıştır. Ayrıca gelu aktivasyon fonksiyonu bir katman olarak kullanılmıştır.

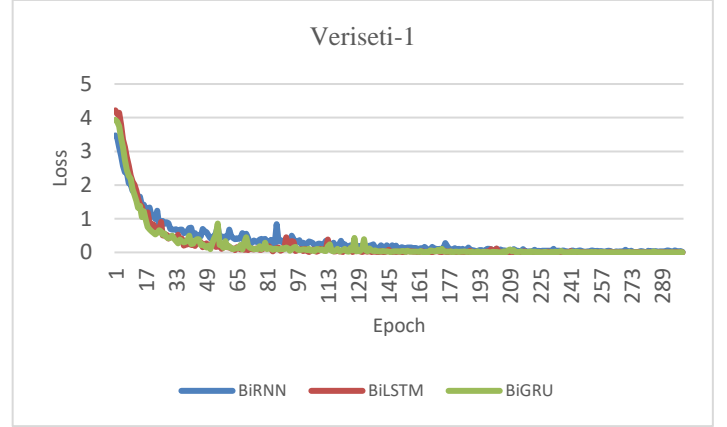
Karşılaştırılan BiRNN, BiLSTM ve BiGRU modellerinin farklı iç yapılarından dolayı katman ve düğüm sayıları aynı olmasına rağmen parametre sayıları birbirinden farklıdır. Akustik modelin toplam parametre sayısını Tablo 1'de gösterilmektedir. Tablo 1'de görüldüğü gibi BiRNN modeli en az toplam parametre sayısına sahip model, en fazla toplam parametre sayısına sahip model ise BiLSTM'dir.

Tablo 1. Toplam parametre sayıları

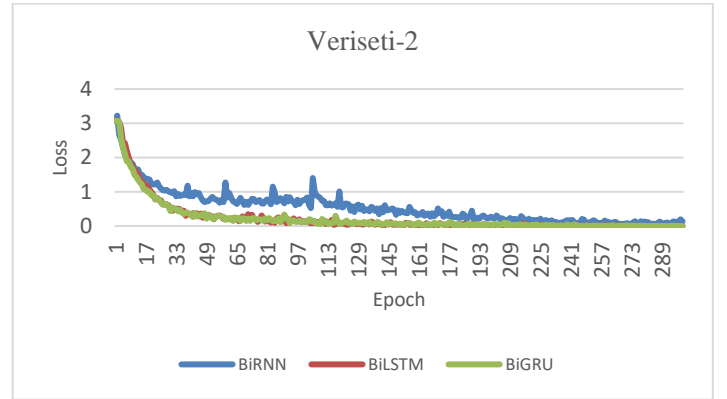
BiRNN	2906467
BiLSTM	11179363
BiGRU	8421731

3.2. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma

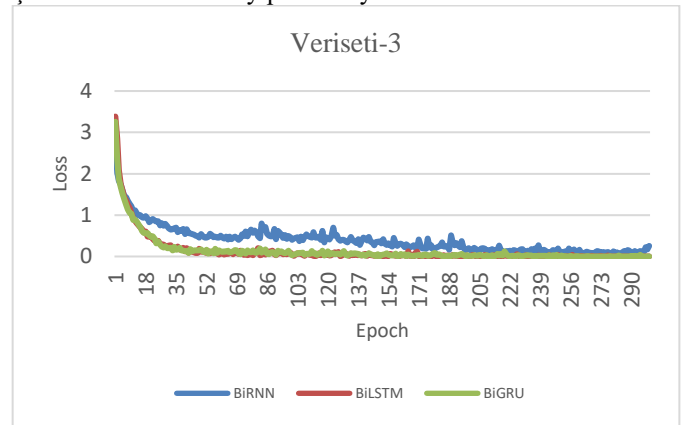
Şekil 8, 9 ve 10 sırasıyla Veriseti-1, Veriseti-2 ve Veriseti-3 için BiRNN, BiLSTM ve BiGRU modellerinin kayıp değerlerinin epoch değerine göre değişimini vermiştir. Üç şekilden de anlaşılacağı üzere BiLSTM ve BiGRU akustik modelleri için epoch değeri arttıkça kaybın düzenli olarak azaldığı görülmektedir. BiRNN için aynı kararlılıkla kayıp değerinin azalmadığı görülmektedir. Özellikle veri setinin boyutu büyüdükçe BiRNN akustik modeli BiLSTM ve BiGRU modellerine göre daha kötü bir loss değeri vermektedir.



Şekil 8. Veriseti-1 Kayıp Fonksiyonu



Şekil 9. Veriseti-2 Kayıp Fonksiyonu



Şekil 10. Veriseti-3 Kayıp Fonksiyonu

Tablo 2, 3 ve 4'te görüldüğü üzere Veriseti-1, Veriseti-2 ve Veriseti-3 için tüm modellerin LER, toplam loss ve eğitim süresi

verilmiştir. İlgili tablolarda da anlaşılacağı üzere her bir veri setinde BiRNN modelinin en kötü LER, BiLSTM modelinin ise en iyi LER verdiği görülmektedir. Bu sonuçtan BiLSTM akustik modelinin tüm veri setleri için en başarılı model olduğu ve en düşük LER değerini verdiği sonucuna ulaşılabilir. Ancak tüm veri setleri için BiGRU'nun LER'i BiLSTM'in LER oranına yakın sonuçlar olduğu tablolardan görülebilir.

Eğitim sürelerini karşılaştırılan modellerden BiGRU Tablo 2'den de görüleceği gibi, yaklaşık 5 saatlik veri seti için en düşük eğitim süresine sahiptir. BiRNN, yaklaşık 10 saat ve 20 saatlik veri setleri için en kısa eğitim süresine sahip görünüyor. Her bir veri seti için en uzun eğitim süresine BiLSTM'nin sahip olduğu görülmektedir.

Kullanılan modellerden BiRNN, LER oranı diğer modellere göre çok yüksek olduğundan BiRNN akustik modelinin tercih edilmesinin anlamsız olduğu sonucuna varılabilir. BiLSTM ve BiGRU modellerinin LER'i karşılaştırıldığında Tablo 2, 3 ve 4'te BiLSTM'in her bir veri seti için BiGRU'ya göre yaklaşık %3 daha düşük LER oranı olduğu görülmektedir. Bu nedenle LER değeri çok önemliyse akustik model olarak BiLSTM kullanmak daha uygun görünmektedir.

Tablo 2, 3 ve 4'te Çalışma süresileri karşılaştırıldığında veri setleri için BiLSTM modelinin çalışma süresinin BiGRU modeline göre yaklaşık %9 daha uzun olduğu görülmektedir. Ayrıyeten Tablo 1'den de görüldüğü üzere BiLSTM'nin parametre sayısı BiGRU'nundan takribi %33 fazladır. BiGRU'nun akustik model olarak kullanılması, çalışma süresi ve parametre sayısı göz önüne alındığında BiLSTM'den daha avantajlıdır. BiLSTM daha iyi LER sonuçları vermesine rağmen, BiGRU daha hızlı eğitilebilir ve BiLSTM'den daha az parametreye sahiptir. Bu nedenle BiGRU, BiLSTM'den %3 daha kötü sonuçlar vermesine rağmen BiLSTM yerine BiGRU tercih edilebilir.

Tablo 2, 3 ve 4'ten çıkarılabilecek sonuçlardan bir diğeri, veri seti boyutu arttıkça tüm akustik modellerde LER'in düştüğüdür.

Tablo 2. Veriseti-1 Model Karşılaştırması

Veriseti-1			
MODELS	LER	EĞİTİM SÜRESİ (dakika)	TOPLAM LOSS
CNN-BiRNN	0.3336	356	101,4044
CNN-BiLSTM	0.2586	378	68,6523
CNN-BiGRU	0.2669	346	66,9942

Tablo 3. Veriseti-2 Model Karşılaştırması

Veriseti-2			
MODELS	LER	EĞİTİM SÜRESİ (dakika)	LOSS
CNN-BiRNN	0.2935	644	164,193
CNN-BiLSTM	0.2109	761	68,7557
CNN-BiGRU	0.2282	710	67,8758

Tablo 4. Veriseti-3 Model Karşılaştırması

Veriseti-3			
MODELS	LER	EĞİTİM SÜRESİ (dakika)	LOSS
CNN-BiRNN	0.2509	1274	119,4506
CNN-BiLSTM	0.1797	1594	39,8228
CNN-BiGRU	0.1968	1467	41,3766

Yalman ve Tüfekçi (2022) önerdiği tek yönlü RNN, LSTM ve GRU modeli ile bu çalışmada bulunan sonuçların karşılaştırılması tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Model Karşılaştırması

MODELS	Veriseti-1 (Yaklaşık 5 Saat)	Veriseti-2 (Yaklaşık 10 Saat)	Veriseti-3 (Yaklaşık 20 Saat)
	LER	LER	LER
CNN-RNN	0.4176	0.3592	0.4561
CNN-LSTM	0.3284	0.2825	0.2329
CNN-GRU	0.3398	0.2920	0.2485
CNN-BiRNN	0.3336	0.2935	0.2509
CNN-BiLSTM	0.2586	0.2109	0.1797
CNN-BiGRU	0.2669	0.2282	0.1968

Çift yönlü modellerin tek yönlü modellere göre konuşma tanıma başarısında daha iyi olduğu görülmektedir.

4. Sonuç

Yaklaşık olarak 5, 10 ve 20 saatlik veri seti kullanılan bu çalışmada veri seti büyüklüğünün konuşma tanıma oranına etkisi incelenmiştir. Ayrıca RNN, LSTM ve GRU modellerinin çift yönlü versiyonlarının tek yönlü versiyonları ile karşılaştırması yapılmıştır.

Deneyisel çalışmalardan çıkarılan sonuçlara göre veri seti boyutunun artışı konuşma tanıma başarı oranına olumlu katkıda bulunmuştur ve LER değerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Bu durumdan daha büyük veri seti kullanmanın önemli olduğu sonucu çıkarılabilir.

Deneyler, BiLSTM modelinin en yüksek konuşma tanıma başarı oranına sahip olduğunu, BiRNN modelinin ise diğer iki modele kıyasla çok düşük bir tanıma oranına sahip olduğunu gösteriyor. Bu nedenle BiRNN'i akustik model olarak kullanmanın hiçbir avantajı yoktur. BiLSTM modeli BiGRU modeline göre yaklaşık %33 daha fazla parametreye sahip olmasına rağmen BiGRU ve BiLSTM modellerinin konuşma tanıma başarı oranları benzer sonuçlar vermektedir. BiLSTM modeli BiGRU modeline göre daha yüksek eğitim süresi olduğunu da gösterilmiştir. Bu nedenle akustik model olarak BiLSTM yerine BiGRU kullanılması daha az parametre ve daha kısa eğitim süresi nedeniyle daha avantajlı olabilir.

BiRNN, BiLSTM ve BiGRU modellerinin RNN, LSTM ve GRU modellerine göre daha başarılı LER sonucu vermesi çift yönlü modellerin daha başarılı olduğunu göstermektedir.

Daha büyük veri seti ile daha çok katman ve düğüme sahip modellerin denemesi gelecekte hedeflenmektedir.

Kaynakça

Arisoy, E., Sethy, A., Ramabhadran, B., & Chen, S. (2015, April). Bidirectional recurrent neural network language models for automatic speech recognition. In 2015 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) (pp. 5421-5425). IEEE.

Bhuvaneshwari, A., Thomas, J. T. J., & Kesavan, P. (2019). Embedded Bi-directional GRU and LSTM Learning Models to Predict Disaster on Twitter Data. *Procedia Computer Science*, 165, 511-516.

Cho, K., Van Merriënboer, B., Bahdanau, D., & Bengio, Y. (2014). On the properties of neural machine translation: Encoder-decoder approaches. arXiv preprint arXiv:1409.1259.

Graves, A., Fernández, S., Gomez, F., & Schmidhuber, J. (2006, June). Connectionist temporal classification: labelling unsegmented sequence data with recurrent neural networks. In Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning (pp. 369-376).

Graves, A., Mohamed, A. R., & Hinton, G. (2013, May). Speech recognition with deep recurrent neural networks. In 2013 IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing (pp. 6645-6649). Ieee.

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT press.

Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural computation*, 9(8), 1735-1780.

Mporas, I., Ganchev, T., Sifarakas, M., & Fakotakis, N. (2007). Comparison of speech features on the speech recognition task. *Journal of Computer Science*, 3(8), 608-616.

LeCun, Y., Boser, B., Denker, J. S., Henderson, D., Howard, R. E., Hubbard, W., & Jackel, L. D. (1989). Backpropagation applied to handwritten zip code recognition. *Neural computation*, 1(4), 541-551.

Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors. *nature*, 323(6088), 533-536.

Sak, H., Senior, A., & Beaufays, F. (2014). Long short-term memory based recurrent neural network architectures for large vocabulary speech recognition. arXiv preprint arXiv:1402.1128.

Schuster, M., & Paliwal, K. K. (1997). Bidirectional recurrent neural networks. *IEEE transactions on Signal Processing*, 45(11), 2673-2681.

Shewalkar, A. (2019). Performance evaluation of deep neural networks applied to speech recognition: RNN, LSTM and GRU. *Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research*, 9(4), 235-245.

Tak, R. N., Agrawal, D. M., & Patil, H. A. (2017, December). Novel phase encoded mel filterbank energies for

environmental sound classification. In *International Conference on Pattern Recognition and Machine Intelligence* (pp. 317-325). Springer, Cham.

Yalman, H. İ., & Tüfekci, Z. (2022). Yeni Bir Türkçe Sesli Kitap Veri Seti Üzerinde Convolutional RNN+ CTC, LSTM+ CTC ve GRU+ CTC Modellerinin Karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (34), 321-327.

Zeyer, A., Doetsch, P., Voigtlaender, P., Schlüter, R., & Ney, H. (2017, March). A comprehensive study of deep bidirectional LSTM RNNs for acoustic modeling in speech recognition. In 2017 IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing (ICASSP) (pp. 2462-2466). IEEE.

Zhang, A., Lipton, Z. C., Li, M., & Smola, A. J. (2021). Dive into deep learning. arXiv preprint arXiv:2106.11342.



Emerging Technologies in 5G Cellular Communication Systems

Burak Turer^{1*}, Mumtaz Yilmaz²

^{1*} Aydın Adnan Menderes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Aydın, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5772-1074), burakturer97@gmail.com

² Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Engineering, Department of Electrical&Electronics Engineering, Aydın, Turkey, (ORCID: 0000-0002-1121-7331)

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1111312)

ATIF/REFERENCE: Turer, B., Yilmaz, M. (2022). Emerging Technologies in 5G Cellular Communication Systems. *European Journal of Science and Technology*, (36), 128-133.

Abstract

Starting with the first generation systems known as "Advanced Mobile Phone System", cellular communication systems have always been in development. Nowadays, the latest cellular communication system whose standardization is mature enough and which has been put on market by service providers is the fifth generation (5G) system. The aim of this study is to introduce emerging technologies to be used with 5G. These technologies include millimeter-wave technology, small cell technology, massive MIMO technology, beamforming technology and full duplex technology. To summarize these technologies; millimeter-wave technology ensures that the bandwidth is extended, but due to high frequency level used, the signals travel shorter distances and transmission losses increase in air and solid materials. So small cell technology has been suggested as a solution to this problem. In this technology, transmission range is extended by using base stations located at shorter proximity, but more antennas are needed. As a solution to the need for multiple antennas in question, massive MIMO technology has developed. With this technology, a base station can send and receive signals (data) from many more users at the same time, but installation of excess antennas causes interference between signals. In this case, beamforming technology is used. Additionally, the so-called full duplex technology attempts to achieve high efficiency and low latency. As a result, all these technologies used in 5G are supporting each other by eliminating the others' shortcomings, and an all-in-one 5G systems are promising technology.

Keywords: 5G, Milimeter Wave, Small Cell, Massive MIMO, Beamforming, Full Duplex.

5G Hücresel Haberleşme Sistemlerinde Yeni Teknolojiler

Öz

Hücresel haberleşme sistemleri "İleri Mobil Telefon Sistemi" olarak bilinen birinci nesil sistemlerden başlayarak sürekli geliştirme çalışmaları içinde olmuştur. Günümüzde standartlaşma çalışmaları olgunlaşmış ve servis sağlayıcılar tarafından pazara sunulmuş en güncel hücresel haberleşme sistemi beşinci nesil (5G) sistemlerdir. Bu çalışmada amaç 5G sistemler ile birlikte kullanılmak üzere oluşturulmuş olan teknolojilerin tanıtılmasıdır. Bu teknolojiler; milimetre dalga teknolojisi, küçük hücre teknolojisi, yoğun çoklu giriş-çıkış (massive multiple input - multiple output, massive MIMO) teknolojisi, ışın yönlendirme (beamforming) teknolojisi ve tam çift yönlü teknolojisidir. Bu teknolojileri özetlemek gerekirse, milimetre dalga teknolojisi bant aralığını genişletmeyi sağlar fakat kullanılan yüksek frekans seviyesi nedeniyle iletim menzili azalır, ayrıca havada ve katı malzemelerde iletim kayıpları artmaktadır. Bu problemlere çözüm olması amacıyla küçük hücre teknolojisi önerilmiştir. Bu teknolojiye daha kısa yakınlıkta yerleştirilen baz istasyonları kullanılarak iletim mesafesi genişletilmekte ancak daha fazla antene ihtiyaç duyulmaktadır. Söz konusu çoklu anten ihtiyacına çözüm olarak yoğun MIMO teknolojisi gelişmiştir. Bu teknoloji ile de bir baz istasyonu, aynı anda çok daha fazla kullanıcıdan sinyal (veri) gönderip alabilir fakat fazla sayıda anten kurulumu sinyaller arası girişime neden olmaktadır. Bu durumda da ışın yönlendirme teknolojisi kullanılır. Ek olarak, çift yönlü adı verilen teknoloji ile de yüksek verim, düşük gecikme süreleri elde edilmeye çalışılır. Sonuç olarak 5G de kullanılan tüm teknolojiler birbirinin eksiklerini azaltarak birbirlerini destekler niteliktedir ve tüm bunları içeren 5G sistemler gelecek vaat eden bir teknolojidir.

Anahtar Kelimeler: 5G, Milimetre Dalga, Küçük Hücre, Yoğun MIMO, Işın Yönlendirme, Tam Çift Yönlü.

* Corresponding Author: burakturer97@gmail.com

1. Giriş

Hücresel haberleşme sistemlerinin gelişimi incelendiğinde ikinci nesilde ses iletimi temelli bir yapı gözlenirken, üçüncü ve dördüncü nesil ile birlikte genişbant multimedya verilerinin iletimi ön plandadır. Beşinci nesil (5G) ile birlikte çok yüksek veri trafiği, çok sayıda cihaz bağlantısı ve yüksek kullanıcı mobilitesi gibi sistem gereksinimleri ortaya çıkmaktadır. Tüm bu gereksinimleri karşılaması beklenen 5G teknolojisi, endüstri ile entegre biçimde geniş kullanım alanı bulacaktır.

5G haberleşme sistemleri öncelikli olarak kapasite artışı, büyük çapta bağlanabilirlik ve çok çeşitli servis hizmeti verilmesi gereksinimlerine odaklanmaktadır. Bu kapsamda Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) 5G servislerini temel olarak üç kategoriye ayırmıştır [1]. Bu servisler sırasıyla Geliştirilmiş Mobil Genişband (Enhanced Mobile Broadband (eMBB)), Kitlesel Makine Tipi İletişim (Massive Machine Type Communication (mMTC)) ve Ultra Güvenilir ve Düşük Gecikmeli İletişim (Ultra Reliable Low Latency Communication (uRLLC)) olarak verilebilir.

Bunlardan eMBB yüksek bant genişlikli internet erişimi, yüksek çözünürlükte video yayını ve yapay gerçeklik gibi kullanıcı gereksinimlerini karşılayan servisler kümesidir. mMTC ise akıllı şehir, akıllı tarım ve sensör ağları gibi yüksek sayıda cihazın birbirine bağlı olduğu yapıda yoğun veri trafiğinin yönetimini sağlamaktadır. Son olarak otonom sürüş sistemleri, fabrika otomasyonları gibi milisaniye altında gecikme ve çok düşük paket kayıp oranı gerektiren uygulamalarda URLLC servisi ile gerekli gecikme sınırları sağlanır. Tüm bu servisler bir arada düşünüldüğünde 5G haberleşme teknolojisinin endüstride üretim, otomotiv, lojistik ve enerji gibi çok farklı alanlarda kullanım alanı bulacağını söylemek mümkündür.

5G teknolojisi üzerindeki çalışmalar devam etmektedir. Şirketler ve sanayi gruplarının genellikle ortak olarak hemfikir olduğu konu; mobil kullanıcıların sayısı ve veri talepleri arttıkça, 5G'nin günümüz hücresel ağlarını oluşturan baz istasyonlarından çok daha yüksek hızlarda çok daha fazla trafikle başa çıkması gerektiğidir. 5G sistemlerine özel teknolojilerle birlikte, günümüzün 4G ağlarındaki yaklaşık 70 ms'lik gecikme süresi ile karşılaştırıldığında 5G teknolojisi, verileri bir milisaniyeden daha az gecikmeyle sunacak ve 4G'deki 1 Gbit/sn'ye kıyasla kullanıcılara saniyede maksimum 20 Gbit hızına kadar indirme hızları sağlayacaktır.

5G teknolojileri arasında öne çıkanların başında milimetre dalga, küçük hücre, yoğun çoklu giriş-çıkış (massive multiple input - multiple output, massive MIMO), ışın yönlendirme (beamforming) ve tam çift yönlü teknolojisi gelmektedir. 5G'nin bugünün 4G ağlarından farklarını anlayabilmek için, bu beş teknolojinin üzerinden geçmek ve her birinin kablosuz kullanıcılar için ne anlama geldiğini değerlendirmek faydalı olacaktır.

2. 5G Sistem Yapısı ve Spektrumu

Sistem gereksinimleri nedeniyle önceki nesillere kıyasla 5G ağ yapısında değişiklikler gereklidir. Temel olarak 5G ağ mimarisi kontrol ve iletim fonksiyonları görevini yerine getiren çekirdek ağ ve yüksek performanslı erişim ağından oluşmaktadır. Farklı yapıdaki baz istasyonları ve kablosuz cihazlar erişim ağının bileşenleri olup gelişmiş kaynak paylaşımı ve zaman çizelgeleri

uygulanmaktadır. 5G sistemler ile birlikte radyo erişimi ağı için önceki nesillerden farklı olarak (radio access network, RAN) bulut yapılı (CRAN), heterojen bulut yapılı (H-CRAN) ve sis yapılı (Fog RAN) çözümler geliştirilmiştir [2].

5G sistemler için kullanılacak frekans bantları incelendiğinde düşük bant, orta bant ve yüksek bant olarak üç ayrı bölüme ayrıldığı görülmektedir. Düşük bant 1 GHz altını, orta bant 1 GHz-6 GHz frekans aralığını, yüksek bant ise 24 GHz üzeri frekans bandını kapsamaktadır. Her bir bantın avantajlarının yanında zorlukları da mevcuttur. Düşük bant, daha geniş kapsama alanı sağlayan iyi iletim karakteristiğine sahip olmakla birlikte bant genişliği kısıtlaması nedeniyle sınırlı kapasite sunabilmektedir. Orta bant düşük banda kıyasla daha yüksek kapasite ve kentsel bölgeler için makul kapsama alanı sağlamaktadır.

3. 5G Teknolojileri

5G sistemlerin yüksek kapasite, düşük gecikme, geniş bant aralığı ve düşük anten boyutları gibi avantajlarını sağlayan teknolojiler bu bölümde sırayla verilecektir.

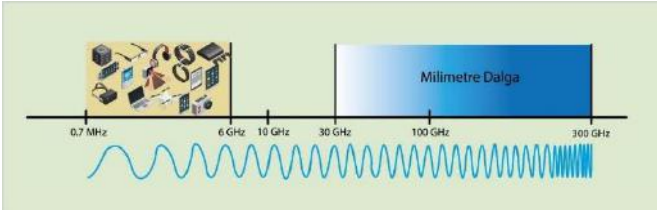
3.1. Milimetre Dalga

Geçmişte kablosuz haberleşme ağları daha çok ses iletimi amaçlı iken günümüzdeki haberleşme sistemlerinde, kablosuz cihazlar için yüksek kaliteli, düşük gecikmeli iletim ve multimedya uygulamaları sunulmaya çalışılır. Daha fazla sayıda cihazın ve kullanıcıların varlığıyla her zamankinden daha yüksek veri trafiği oluşmaktadır. Ancak mobil servis sağlayıcılara atanmış lisanslı radyo frekans spektrumu kısıtlı bant aralığına sahiptir. Bu da düşük bant genişliği ile birlikte düşük veri hızına sebep olur.

Bugünkü uygulamalar çoğunlukla 700 MHz ile 2.6 GHz arasında bir taşıyıcı frekans ile sınırlı kalmaktadır [3], [4]. Fakat bununla sınırlı kalmayan ve gelişen günümüz teknolojisinde kullanılan insansız hava/deniz/kara araçları, akıllı ulaşım sistemleri, robotlar, akıllı şebekeler, akıllı binalar, akıllı şehirler, artırılmış gerçeklik, mobil sosyal hizmetler ve her yerden kumanda edilmek istenen sistemler gelişmiştir ancak bu bant aralığı yeni teknolojik ürünler için yetersiz kalmaktadır.

Buna çözüm olarak sinyalleri spektrumun yeni bir bandında iletimi öne çıkmıştır. Mobil cihazlar için geçmişte kullanılan 6 GHz'in altındaki bantlara kıyasla, Şekil 1'de de görüldüğü gibi milimetre dalgalar 30-300 GHz aralığındaki frekanslarda yayınlanır [5]. Bu frekans bandındaki iletim teknolojisine milimetre dalga teknolojisi adı verilmiş olup 5G sistemlerin önemli bir adımını oluşturmaktadır. Milimetre dalgadaki dalga boyu 1 ile 10 mm arasında değişmekte olup kızılötesi dalgalardan veya X ışınları ile karşılaştırıldığında daha büyüktür [5]. Ancak radyo dalgalarıyla veya mikrodalgalarla karşılaştırıldığında ise daha küçük dalga boyuna sahip olduğu söylenebilir [6]. Günümüzün akıllı telefonlarına hizmet eden radyo dalgaları ise 10 cm civarındadır.

Milimetre dalga teknolojisinin 5G sisteminde kullanılması ile getireceği birçok avantaj bulunmaktadır. Yüksek frekansta geniş bant aralığı sağlanması sayesinde yüksek veri hızları mümkün hale gelmiştir. Bunun yanında yüksek güvenilirlikli veri iletimi sağlanması, yüksek frekansın yeniden etkin kullanımını mümkün kılması ve fiber optik veri aktarım hızı sunarak yüksek hızlı internet, veri ve ses iletişimi sağlanması diğer avantajlarıdır.



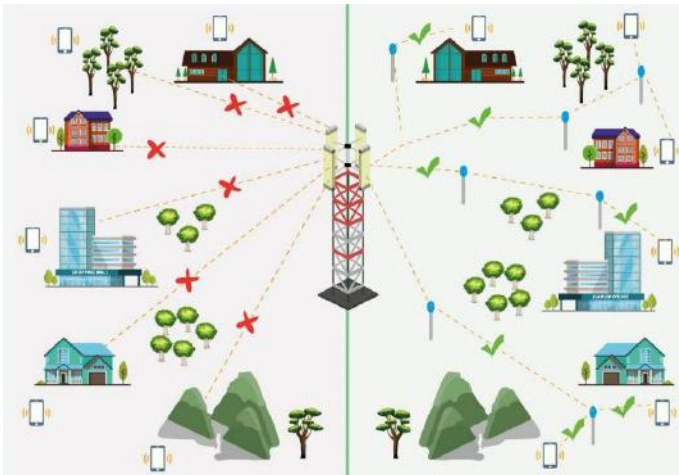
Şekil 1: Milimetre dalgada frekans aralığı

Milimetre dalga teknolojisinin avantajlarının yanında getirdiği bazı dezavantajları da vardır. Bunların başında daha küçük boyutlu bileşenler nedeniyle daha hassas donanımların imalatında daha yüksek maliyetlerin olmasıdır. Ayrıca çok yüksek frekanslarda, önemli bir zayıflama oluşmaktadır. Bu nedenle milimetre dalgalar, uzun mesafeli uygulamalar için zorluklar oluşturmaktadır. Milimetre dalgasının beton duvarlar gibi cisimlere nüfuz etme gücü daha az olduğu bilinmektedir. Daha yüksek frekanslarda oksijen ve yağmurla etkileşimleri vardır [6]. Bu etkileşimler nedeniyle vericiler ve alıcılar arasındaki sinyallerde zayıflamalar meydana gelmektedir ve sinyaller engellerden geçemediği için bozulmalar yaşanmaktadır. Milimetre dalgadaki bu problemler küçük hücre teknolojinin gelişmesine öncü olmuştur.

3.2. Küçük Hücre

Bir baz istasyonu ve kullanıcılar arasındaki kapsama alanını genişletmek için küçük hücre istasyonlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Küçük hücre teknolojisi olarak adlandırılan bu teknoloji temelde baz istasyonunun minimize edilmiş halidir. Yani bir hücre bölgesini çok daha küçük bölgelere ayırma işlemidir. Şekil 2'de de bir baz istasyonunun daha küçük hücrelere ayrılması ve bu küçük hücrelere sinyallerin iletimi gösterilmiştir. Görüldüğü gibi her hücre istasyonu küçük bir alanı kaplamaktadır.

Küçük hücreler iç mekân veya dış mekânda kullanılmak üzere piko hücreler, mikro hücreler ve femto hücrelere ayrılır. Makro baz istasyonu ile küçük hücreler arasında bir iletim ağı olduğu gibi küçük hücreler içinde de hücre özelinde birçok iletim kanalı bulunmaktadır. Küçük hücrelerin başlıca amacı, makro hücrenin uç veri kapasitesini, hızını ve genel ağ verimliliğini arttırmaktır. Küçük hücrelerin temel olarak kullanım alanları belirli bir noktada verileri kullanan çok sayıda kullanıcının olduğu yerler yani alışveriş merkezleri, spor salonları, stadyumlar, havaalanları ve tren- otobüs istasyonları gibi yerlerdir [7].



Şekil 2: Minimize edilmiş baz istasyonu

İstasyonlar kurulurken dikkat edilmesi gereken bazı noktalar da bulunmaktadır. Bir bölgede kurulabilecek küçük hücre istasyonunun sayısı ve aralarındaki mesafe o yerdeki nüfusa bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Örneğin çok kalabalık bir semtte, iki küçük hücre arasındaki mesafe 10 ile 100 metre arasında değişebilir.

Hücreler, küçükten büyüğe doğru kapsama alanları ve kullanıcı sayılarına göre sıralanacak olursa femto hücrelerin kapsama alanı 10 ile 100m ve kullanıcı sayısı 1-30 kişi arasında, piko hücrelerin kapsama alanları 100 ile 200m ve kullanıcı sayısı 30-100 kişi arasında, mikro hücrelerin kapsama alanları 200 ile 2000m ve kullanıcı sayısı 1000-2000 kişi arasındadır [8]. Son olarak makro hücrelerin ise kapsama alanları 8 ile 30 km arasındadır ve kullanıcı sayısı 2000 kişiden fazladır [8]. Sayılar dikkate alındığında mesafelerin ve nüfusun yeterli olmasıyla birlikte yakın gelecekte, yaşadığımız bölgelerin birçok noktasında böyle küçük hücrelerle karşılaşmak mümkün olacaktır.

5G sistemlerde kullanılan küçük hücre teknolojisine avantajlarının başında maliyet unsuru gelmektedir. Servis sağlayıcıların mevcut durumda kullandıkları pahalı çatı sistemlerinin yerine genel maliyetleri azaltan daha küçük ölçekli istasyonlar kurulmaktadır. Aynı zamanda veri kapasitesinin artışı sağlamaktadır. Kablosuz mobil cihazlar, küçük hücre baz istasyonuna daha yakınsa düşük güç seviyelerinde iletim yapmaktadır, bu da cihazlardaki gücü etkili bir şekilde düşürür ve pil ömrünü önemli ölçüde artırarak mobil telefonların performansını iyileştirmeye yardımcı olur [7].

3.3. Yoğun MIMO

5G ile birlikte kablosuz haberleşme teknolojisinde önemli performans sağlayan diğer teknoloji ise yoğun MIMO'dur. Yoğun MIMO, yüzlerce anten dizisine sahip bir baz istasyonunun aynı zaman veya frekans aralığında her biri tek bir antene sahip olan çok sayıda kullanıcı terminaline bağımsız veri akışı sağladığı bir tekniktir [9]. Bu teknolojinin temel amacı önceki nesil hücresel sistemlere kıyasla çok daha fazla sayıda anten kullanılmasıdır ve yoğun MIMO teknolojisinde kullanılan bu anten dizisi Şekil 3'te gösterilmiştir. Anten sayısının artması enerjinin daha küçük bir alana odaklanmasını sağlamaktadır [10].

Bu teknoloji sayesinde, önemli seviyede ışın yönlendirme kazancı elde edilir ve paralel olarak daha fazla kullanıcıya hizmet edilebilir [9]. Fakat dezavantajı olarak anten sayısını arttırmak her zaman daha yüksek karmaşıklığa ve daha yüksek maliyetlere sebep olmaktadır [11]. Bu yüzden yoğun MIMO sistemlerinde kanal tahmini ve kanal paylaşımı ile ilgili karmaşıklığı önlemek için frekans bölmeli çift yönlüye göre zaman bölmeli çift yönlü daha çok tercih edilir [12].

Yoğun MIMO kullanımı, yüksek veri hızlarının yanı sıra gelişmiş bağlantı güvenilirliği, kapsama alanı ve enerji verimliliği sağlaması beklenen umut verici bir teknoloji olmuştur ve son zamanlarda kablosuz haberleşme teknolojisinde kullanımı giderek yaygınlaşmıştır [13]. Küçük hücre ve yoğun MIMO arasındaki karşılaştırma [14]' da ki yayında yapılmıştır. Bunun sonucunda küçük hücrenin enerji verimliliğinin yoğun MIMO'dan daha büyük olduğu bulunmuştur. Aynı zamanda yüksek frekanslar için uygun olan milimetre dalgasını destekleyecek bir 5G teknolojisi olan yoğun MIMO anten dizisine sahip olmayı mümkün kılmaktadır.

Dalga frekansı ve anten boyutu arasında ters orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Bu ters orantılı durum, daha düşük frekanslı

sinyallerin iletilmesi ve alınması için daha büyük boyutlu bir antene ihtiyaç duyulduğu anlamına gelir. Aynı zamanda daha yüksek frekanslı sinyaller de daha küçük boyutlu bir antenle çalışabilmektedir. 5G hücrel haberleşme sistemlerinde milimetre dalga teknolojisi kullanılması ile birlikte yüksek frekanslarda (100GHz – 300GHz) çalışıldığı için bu frekanslara uygun küçük antenler kullanılarak küçük boyutlu bir hücre veya panel üzerine çok sayıda verici ve alıcının kurulması mümkün olmaktadır. Bu da yoğun MIMO olarak karşımıza çıkmaktadır. Örneğin daha eski teknolojiler için bir hücre 10 antene sahip olabilirken, 5G için aynı hücrenin 100 anteni olabilir. Böylece küçük bir hücre aynı anda çok daha fazla kullanıcıya hizmet verebilir. Bu teknolojinin avantajları sıradaki gibi özetlenebilir.

• **Çoğullama Kazancı:** Yoğun MIMO’da kullanılan ve yüksek oranlı bir sinyalin çok sayıda düşük oranlı akışa bölünüp her bir akışın aynı frekans kanalındaki farklı bir antenden iletilmesiyle oluşan uzaysal çoğullama, kapasiteyi 10 kat daha fazla arttırmayı teorik olarak mümkün kılar [9].

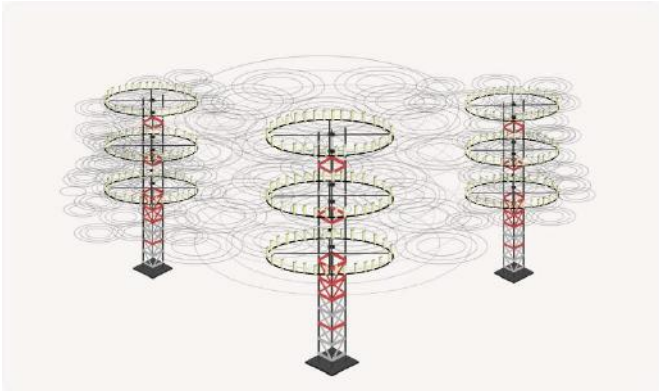
• **Enerji Verimliliği:** Geniş anten dizimleri, uyumlu birleştirme ve artırılmış anten açıklığı yoluyla kullanıcı-baz hattı (uplink) ve baz-kullanıcı hattı (downlink) iletim güçlerini potansiyel olarak azaltabilir. Bu teknik ile kullanıcı terminalinin baz istasyonuna iletim gücü, baz istasyonundaki anten sayısı ters orantılı hale gelmekte olup baz istasyonu anten sayısındaki artış nedeniyle kullanıcı iletim güçleri düşmektedir. Bu nedenle yoğun MIMO teknolojisi performansta azalma olmaksızın enerji verimliliği sunmaktadır [15], [16].

• **Spektral Verimlilik:** Yoğun MIMO sistemlerinde çok sayıda iletim anteni kullanılarak tek bir kullanıcıya ışın yönlendirme yerine birçok kullanıcıya çoklama yapıldığından spektral verimlilik avantajı sağlar [15], [17].

• **Artan Güvenilirlik ve Kararlılık:** Baz istasyonunda çoklu anten kullanımı temel olarak daha fazla çeşitlilik kazanımı sağlar. Bu da veri hızı veya bağlantı güvenilirliği açısından daha iyi performansa yol açar. Ayrıca anten sayısı arttığında ilintisiz gürültü, hızlı sönmüleme ve hücre içi gürültü kaybolur [18], [19].

• **Basit Doğrusal İşleme:** Baz istasyonunun anteni kullanıcı anteninden çok daha büyük boyutta olduğu için, optimal olarak basit doğrusal ön kodlayıcılar ve detektörler kullanılmaktadır [18].

• **Radio Frekans (RF) Güç Bileşenlerinde Maliyet Düşüşü:** Enerji tüketimindeki azalma nedeniyle, geniş anten dizisi miliWatt seviyesinde düşük maliyetli radyo frekans amplifikatörlerinin kullanımına izin verir [19].



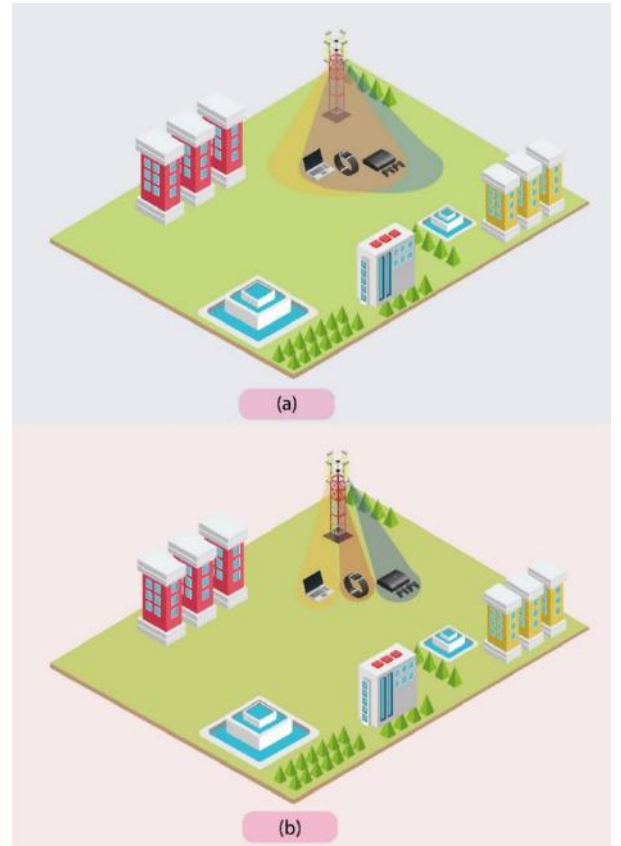
Şekil 3: Yoğun MIMO anten dizisi

3.4. Işın Yönlendirme

Işın yönlendirme, belirli bir kullanıcıya en verimli veri dağıtım yolunu tanımlayan ve bu süreçte yakındaki kullanıcılar için girişimi azaltan hücrel baz istasyonları için bir trafik sinyali sistemidir. Şartlara bağlı olarak, 5G ağlarda bu teknolojiyi uygulamanın birkaç yolu vardır.

Işın yönlendirme, yoğun MIMO dizilerinin mevcut lisanslı spektrumu daha verimli kullanılma- sına yardımcı olur. Yoğun MIMO için en büyük problem, aynı anda daha fazla antenden daha fazla bilgi iletirken girişimin oluşmasıdır. Yoğun MIMO baz istasyonlarında sinyal işleme algoritmaları, baz istasyonundan her kullanıcıya en iyi iletim yolunu oluşturur. Sonrasında kullanıcıya özel veri paketlerini ilgili kullanıcıya yönlendirilmiş bir örüntüde göndermektedir. Işın yönlendirme, paketlerin hareketlerinin ve varış zamanının düzenlenmesini yaparak yoğun MIMO dizisindeki birçok kullanıcının ve antenin aynı anda çok daha fazla bilgi alışverişinde bulunmasına olanak tanır.

4G teknolojisi de dahil olmak üzere standart antenlerden iletilen kablosuz sinyaller, Şekil 4(a)’da görüldüğü gibi çok yönlü değil fakat geniş bir alana yayılmaktadır ve bu nedenle sinyaller daha hızlı enerji kaybetme eğiliminde olmaktadır. Ayrıca farklı kullanıcıların birbirlerine yakın olmaları durumunda ise sinyaller arası girişim ortaya çıkabilmekte ve performans azalmaktadır. Işın yönlendirme, kullanıcılar ile baz veya küçük hücre istasyonu arasındaki iletimi yönlü hale getirerek bu durumu iyileştirmektedir. Sinyaller görünmez bir kablo boyunca ilerleyen bir lazer ışını olarak düşünüldüğünde daha yüksek ışın yönlendirme yoğunluğu sağlandığı için, daha az girişime ve daha az enerji tüketimine olanak tanır. Böylece daha yüksek bir veri hızı elde edilebilir.



Şekil 4: Işın yönlendirme ile sinyal dağıtımı

Işın yönlendirme, milimetre dalgalar için farklı bir problemi ele almak için kullanılır: Hücrel sinyaller nesnelere tarafından kolayca engellenir ve uzun mesafelerde zayıflama eğilimindedir. Bu durumda ışın yönlendirme teknolojisi, aynı anda birçok yönde yayın yapmak yerine, Şekil 4(b)'de de görüldüğü üzere yalnızca kullanıcının yönüne odaklı bir ışına yaparak yardımcı olur [5]. Bu yaklaşım, sinyalin bozulmadan gelme olasılığını artırmanın yanında ve diğer kullanıcılar arasında oluşabilecek olan girişimi azaltır.

3.5. Tam Çift Yönlü

Operatörlerin 5G için daha fazla spektrum elde etmeye çalıştıkları bir dönemde, mevcut spektrumu daha verimli kullanmanın bir yolunu sunan her teknoloji daha kapsamlı incelemeye değerlidir. Tam çift yönlü (full duplex) teknoloji on yıldan daha eski bir teknoloji olmasına karşın spektrumu daha verimli bir şekilde kullanabildiği için bazı mobil operatörler ve altyapı sağlayıcılarının ilgisini yeniden kazanmaktadır.

Tam çift yönlü teknolojinin neden bu kadar ilgi çekici olduğunu anlamak için, ilk önce 3G ve 4G ağlarının kullanıcı-baz ve baz-kullanıcı sinyallerini nasıl ele aldığını anlamak önemlidir. İki temel konfigürasyon vardır:

- Frekans Bölmeli Çift Yönlü (FDD): FDD ile, gönderme ve alma sinyalleri farklı spektrum bantlarındadır. Başka bir deyişle, kullanıcıdan baz istasyonuna iletilen sinyal belli bir spektrum bloğunda gönderilirken baz istasyonundan kullanıcıya iletilen sinyal başka bir spektrum bloğunda iletilir.

- Zaman Bölmeli Çift Yönlü (TDD): TDD ile kullanıcı-baz arası iletilen sinyal, aynı frekans bandında farklı zaman dilimleri kullanılarak baz-kullanıcı arası iletilen sinyalden ayrılır. Yani, kullanıcı-baz arası sinyaller iletildikten sonra baz-kullanıcı arası iletim gerçekleşir.

Tam çift yönlü teknolojisinde ise aynı anda tek bir spektrum kanalı üzerinden kablosuz sinyalleri iletme ve alma olanağı mümkündür. Mevcut 4G kablosuz ağlarında ağırlıklı olarak yarı çift yönlü FDD ve TDD kullanılır [20], [21]. 5G ile birlikte bir alıcı-verici çifti, aynı frekansta aynı zamanda veri gönderip alabilir. Bu teknoloji tam çift yönlü olarak adlandırılır ve kablosuz ağların kapasitesini ikiye katlama olanağı sağlar.

Bazı askeri birlikler hali hazırda boyutsal olarak büyük ekipmanlara dayanan tam çift yönlü teknolojiyi kullanmaktadır. Fakat kişisel cihazlarda tam çift yönlü elde etmek için, araştırmacılar gelen ve giden sinyalleri yönlendirebilen bir devre tasarlamalıdır, böylece anten aynı anda veri gönderip alırken sinyallerin girişimi önlenmiş olacaktır [22]. Uygulama açısından ise özellikle radyo dalgalarının karşılıklı olarak bilinen ilkesi nedeniyle zorludur. Ancak yakın zamanlı çalışmaların sonucunda uzmanlar, bu dalgaların geriye dönüşünü durdurmak için yüksek hızlı anahtarlar gibi davranan ve aynı frekansta sinyalleri aynı anda iletip almalarını sağlayan silikon transistörleri oluşturmuşlardır.

Tam çift yönlü teknolojisinin dezavantajı, yansıma yoluyla daha fazla sinyal girişimi oluşturmaktır. Bir vericiden sinyal iletilirken, bu sinyal cihazın antenine çok daha yakındır ve bu nedenle aldığı herhangi bir dış sinyalden daha güçlüdür. Bir antenin aynı anda hem iletip hem de almasını sağlamak yalnızca özel yansıma engelleme teknolojisi ile mümkün olmaktadır.

5. Sonuçlar

Birinci nesil sistemlerden günümüz 4G sistemlerine geliştikçe hücrel sistemlerde kullanılan taşıyıcı frekans bandı artış içindedir. Düşük frekans bantlarındaki sinyaller, kilometreler boyunca yayılabilir ve binalara kolay nüfuz edebilir. Gelişen 5G teknolojisiyle birlikte, kullanılan milimetre dalga teknolojisi bant aralığını 24GHz ile 40GHz arasında oldukça yüksek bir değere genişletmiştir. Ancak özellikle yüksek frekans bandında sinyallerin iletiminde çok fazla zayıflama olmaktadır. Sinyaller sadece birkaç kilometre hatta daha az mesafede yol alabilmektedir. Ayrıca havada oksijen veya yağmur damlasıyla etkileşime geçmesi sonucu ya da beton duvarlar gibi cisimlerin içerisinden geçerken yüksek iletim kayıpları oluşmaktadır. Bu yüzden milimetre dalga teknolojisi ile birlikte küçük hücre teknolojisi de geliştirilmiştir.

5G sistem gereksinimlerine ulaşmak için sadece baz istasyonu sayısını arttırmak yeterli olmayacak olup, daha kapsamlı bir teknolojik dönüşüm gerekecektir. Küçük hücrelerde kullanılacak olan antenler milimetre dalga boyları ile uyumlu olarak geleneksel antenlerden çok daha küçük boyutta olacaktır. Söz konusu küçük hücreler, kentsel bölgelerde birkaç yüz metre aralıklarla konumlandırılacak olup minimum güç tüketimine sahip minyatür baz istasyonlarıdır. Küçük hücrelerin boyut avantajı nedeniyle, aydınlatma direklerine veya binaların üstüne kurulumu mümkün olacaktır. Baz istasyonu sayısının artması sonucu kullanılabilir tüm kanal kümesi farklı hücrelerde yeniden kullanılabilir ve bunun sonucunda sistem kapasitesi artmaktadır.

5G sistemleri günümüz baz istasyonlarından daha fazla sayıda antene ihtiyaç duyacaktır. Bu gereksinim nedeniyle diğer bir 5G teknolojisi olan Yoğun MIMO teknolojisi geliştirilmiştir. Günümüz 4G baz istasyonları antenlerindeki bağlantı noktası sayısına kıyasla çok daha fazla sayıda bağlantı noktası destekleyebilen 5G baz istasyonlarında çok daha fazla anten tek bir anten dizisine yerleşebilecektir. Bu nedenle bir baz istasyonunun aynı anda çok daha fazla kullanıcıya hizmet verebilmesi ve mobil ağların kapasitesinin onlarca kat artabilmesi mümkün olmaktadır.

Düşük dalga boylarında yüksek frekansta çalışan küçük boyutlu antenler kullanılarak, yüksek bant genişliği sunan küçük hücreler oluşturulup daha fazla kullanıcıya hizmet verilebilmektedir. Anten dizilimi ve ilgili elektronik aksam boyutundaki küçülme, düşük frekanslı milimetre dalga iletimi gerçekleşen küçük hücreleri, yoğun MIMO için daha uygun bir teknoloji yapmaktadır. Bu nedenle, iki teknolojinin uyumlu bir şekilde birlikte kullanılması ile daha iyi sonuçlar alınabilecektir.

Yoğun MIMO teknolojisi ile birlikte hücrel trafiği işlemek için daha fazla sayıda anten kullanılması sonucu girişime artmaktadır. Söz konusu girişimi azaltmak için diğer bir teknoloji olan ışın yönlendirme teknolojisi önerilmiştir. 5G sistemler için diğer önemli bir yöntem tam çift yönlü adı verilen bir teknoloji olup 5G için gereken yüksek verim ve düşük gecikme süreleri sağlanması hedeflenmektedir.

Tam çift yönlü ve diğer 5G teknolojileri ile birlikte 5G sistemlerde ultra düşük gecikme ve yüksek veri hızlarına ulaşılabilecektir. Ayrıca 5G sistemler başta tüm mobil sistemler, endüstri, sensör ağları ve akıllı sistemler olmak üzere gelecekteki, otonom sürüş sistemleri ve sanal gerçeklik sistemlerinde önemli bir kullanım alanı bulacaktır.

Kaynakça

- [1] Recommendation ITU-R M.2083 – “IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond”, 2015, <http://www.itu.int/rec/R-REC-M.2083>
- [2] Z. Guizani and N. Hamdi, "CRAN H-CRAN and F-RAN for 5G systems: Key capabilities and recent advances", *Int. J. Netw. Manag.*, vol. 27, no. 5, 2017.
- [3] T. S. Rappaport *et al.*, “Millimeter wave mobile communications for 5G cellular: It will work!,” *IEEE Access*, vol. 1, pp. 335–349, 2013, doi: 10.1109/ACCESS.2013.2260813.
- [4] K. Sakaguchi *et al.*, “Millimeter-wave evolution for 5G cellular networks,” *IEICE Trans. Commun.*, vol. E98B, no. 3, pp. 388–402, 2015, doi: 10.1587/transcom.E98.B.388.
- [5] A. Nordrum, “Here Comes 5G — Whatever That Is,” *IEEE Spectr.*, vol. 54, pp. 44–45, 2017, [Online]. Available: doi: 10.1109/MSPEC.2017.7802747.
- [6] U. Ozkaya and L. Seyfi, “Dimension optimization of microstrip patch antenna in X/Ku band via artificial neural network,” *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 2015, 2520-2526.
- [7] T. Nguyen, “Small Cell Networks and the Evolution of 5G-Qorvo.” <https://www.qorvo.com/design-hub/blog/small-cell-networks-and-the-evolution-of-5g> (accessed Apr. 26, 2021).
- [8] M. A. Öztaşlan, “Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 5G Baz İstasyonlarının Kapsama Alanına Yönelik Yol Kaybı Analizleri ve Konumlandırılması Path Loss Analyzes and Positioning for Coverage Area of 5G Base Stations,” vol. 4, no. 1, pp. 6–13, 2021.
- [9] E. G. Larsson, O. Edfors, F. Tufvesson, and T. L. Marzetta, “Massive MIMO for next generation wireless systems,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 52, no. 2, pp. 186–195, 2014, doi: 10.1109/MCOM.2014.6736761.
- [10] Ö. B. Akan, “TeraFemto : 5G Mobil İletişim Ağları için Terahertz Femtocell Program Kodu : 1003 Proje No : 113E962,” 2017.
- [11] V. Jungnickel *et al.*, “The role of small cells, coordinated multipoint, and massive MIMO in 5G,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 52, no. 5, pp. 44–51, 2014, doi: 10.1109/MCOM.2014.6815892.
- [12] M. Agiwal, A. Roy, and N. Saxena, “Next generation 5G wireless networks: A comprehensive survey,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 18, no. 3, pp. 1617–1655, 2016, doi: 10.1109/COMST.2016.2532458.
- [13] O. Elijah, C. Y. Leow, T. A. Rahman, S. Nunoo, and S. Z. Iliya, “A Comprehensive Survey of Pilot Contamination in Massive MIMO-5G System,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 18, no. 2, pp. 905–923, 2016, doi: 10.1109/COMST.2015.2504379.
- [14] W. Liu, S. Han, C. Yang, and C. Sun, “Massive MIMO or small cell network: Who is more energy efficient?,” *2013 IEEE Wirel. Commun. Netw. Conf. Work. WCNCW 2013*, no. April 2013, pp. 24–29, 2013, doi: 10.1109/WCNCW.2013.6533309.
- [15] P. SinghParihar, R. Saraswat, and S. Maheshwari, “Energy and Spectral Efficiency of Very Large Multiuser MIMO Systems,” *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 111, no. 5, pp. 4–7, 2015, doi: 10.5120/19532-1175.
- [16] H. Q. Ngo, E. G. Larsson, and T. L. Marzetta, “Uplink power efficiency of multiuser MIMO with very large antenna arrays,” *2011 49th Annu. Allert. Conf. Commun. Control. Comput. Allert.* 2011, pp. 1272–1279, 2011, doi: 10.1109/Allerton.2011.6120314.
- [17] E. Bjornson, E. G. Larsson, and M. Debbah, “Optimizing multi-cell massive MIMO for spectral efficiency: How Many users should be scheduled?,” *2014 IEEE Glob. Conf. Signal Inf. Process. Glob.* 2014, pp. 612–616, 2014, doi: 10.1109/GlobalSIP.2014.7032190.
- [18] T. L. Marzetta, “Noncooperative cellular wireless with unlimited numbers of base station antennas,” *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, vol. 9, no. 11, pp. 3590–3600, 2010, doi: 10.1109/TWC.2010.092810.091092.
- [19] F. Rusek *et al.*, “Scaling up MIMO: Opportunities and challenges with very large arrays,” *IEEE Signal Process. Mag.*, vol. 30, no. 1, pp. 40–60, 2013, doi: 10.1109/MSP.2011.2178495.
- [20] S. K. Sharma, T. E. Bogale, L. B. Le, S. Chatzinotas, X. Wang, and B. Ottersten, “Dynamic Spectrum Sharing in 5G Wireless Networks with Full-Duplex Technology: Recent Advances and Research Challenges,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 20, no. 1, pp. 674–707, 2018, doi: 10.1109/COMST.2017.2773628.
- [21] R. Askar, J. Chung, Z. Guo, H. Ko, W. Keusgen, and T. Haustein, “Interference handling challenges toward full duplex evolution in 5G and beyond cellular networks,” *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 28, no. 1, pp. 51–59, 2021, doi: 10.1109/MWC.001.2000228.
- [22] X. Zhang, W. Cheng, and H. Zhang, “Full Duplex Transmission in PHY and MAC Layers For 5G Mobile Wireless Networks,” *Big Data Cogn. Comput.*, vol. 2, no. 4, pp. 1–11, 2018, [Online].



Dual-band Band-pass Tunable Filter with Meander-Line Resonator

Mert Demirel^{1*}

^{1*} Izmir Katip Celebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, Izmir, Turkey, (ORCID: 0000-0001-7905-8456), mdemirel97@gmail.com

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1111208)

ATIF/REFERENCE: Demirel, M. (2022). Dual-band Band-pass Tunable Filter with Meander-Line Resonator. *European Journal of Science and Technology*, (36), 134-138.

Abstract

Radio frequency (RF) that can be tunable filters are band-pass filters (BPFs) with finely tunable passband frequencies. The passband frequency can be changed digitally, mechanically, or with a control voltage. Tunable BPF designs are increasing in importance as communication systems become more complex. In this study, a dual-band band-pass tunable filter with a meander-line resonator has been proposed. It aimed to create a tunable band-pass filter design in two different bands by using the SVM1413 varactor diode and gradually changing the capacitance value. SVM1413 varactor diode has been chosen in terms of applicability and capacitance value range width. The BPF operates in two different frequency ranges, from 2.5 to 3 GHz and from 4.2 to 4.6 GHz. BPF has been implemented and measured on a Rogers RO3003 substrate with a dielectric constant of 3 and a thickness of 1 mm. The substrate for the BPF has been chosen to be $30 \times 30 \text{ mm}^2$ in size. The numerical calculation results have been simulated and optimized using computer simulation technology (CST). The insertion loss values are above -1 dB in both bandwidth ranges and all capacitance changes. Better results have been obtained when numerical calculation results have been compared with the outputs of the sources used.

Keywords: Band-pass filter, Compact filter design, Microstrip filter, Tunable, Varactor, Meander-line resonator, CST

Kıvrımlı Döngü Rezonatörlü Çift Bantlı Bant Geçiren Ayarlanabilir Filtre

Öz

Radyo frekanslarında (RF) kullanılabilen ayarlanabilir filtreler, ince ayarlanabilen geçiş bantı frekanslarına sahip bant geçiren filtrelerdir (BPF). Geçiş bantı frekansı dijital, mekanik veya bir control voltajı ile değiştirilebilir. İletişim sistemleri daha karmaşık hale geldikçe, ayarlanabilir BPF tasarımlarının önemi artmaktadır. Bu çalışmada, kıvrımlı döngü rezonatörlü çift bantlı bant geçiren ayarlanabilir bir filtre önerilmiştir. SVM1413 varaktör diyot kullanılarak ve kapasitans değeri kademeli olarak değiştirilerek iki farklı bantta ayarlanabilir bir bant geçiren filtre tasarımı oluşturulması amaçlanmıştır. Uygulanabilirlik ve kapasitans değer aralığı genişliği açısından SVM1413 varaktör diyot seçilmiştir. BPF, 2.5'den 3 GHz'e ve 4.2'den 4.6 GHz'e olmak üzere iki farklı frekans aralığında çalışır. BPF, dielektrik sabiti 3 alınarak 1 mm kalınlığa sahip bir Rogers RO3003 substratı üzerinde uygulanmış ve ölçülmüştür. BPF için alt tabaka $30 \times 30 \text{ mm}^2$ boyutunda seçilmiştir. Sayısal hesaplama sonuçları, Computer Simulation Technology (CST) kullanılarak simüle edilmiş ve optimize edilmiştir. Ekleme kaybı değerleri hem bant genişliği aralığında hem de tüm kapasitans değişikliklerinde -1 dB'nin üzerindedir. Sayısal hesaplama sonuçları kullanılan kaynakların çıktıları ile karşılaştırıldığında daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Band geçiren filtre, Kompakt filtre tasarımı, Mikroşerit filtre, Ayarlanabilir, Kıvrımlı döngü rezonatörü, CST

* Corresponding Author: mdemirel97@gmail.com

1. Introduction

Recently, wireless communication technologies have attracted a lot of attention. As technology improves, communication systems have become more compact in comparison to conventional microwave/millimeter wave components [1-5]. Until now, various two-band and more-band BPFs have been proposed and demanded. Multiple resonators have required for multi-band filter designs. Due to the usage of a high number of resonators, the filter's size increases. In order to prevent this situation and provide high performance, microstrip filters have been recommended. Due to the freedom in design in microstrip filters, a suitable filter has been recommended by designing geometries specifically for different needs [6-12].

The internal capacitance of a varactor diode changes with the reverse voltage. It is a voltage-dependent semiconductor device that always runs in the reverse bias condition. Varactor diodes are widely used in microstrip filters to keep the frequency band constant, because the capacitance value is adjustable depending on the voltage and because of its miniature size [13], [14]. In [15], an adjustable BPF with compact size and frequency-invariant passband characteristics has been offered. The proposed BPF has been made adjustable between 1.7 and 2.1 GHz with 5% Chebyshev constant fractional bandwidth by controlling the DC bias voltage.

In [16], a BPF formed by a two varactor tuned switchable resonator with a continuous frequency tuning range that switchable to higher and lower resonance modes has been presented. Designed with microstrip technology, the BPF has a frequency tuning range of 1.1 to 2.1 GHz and a fixed absolute bandwidth of 40 MHz. In [17], a dual-band filter has been proposed, which can be switched from band-pass to band-stop filter by changing the state of the p-i-n diode. In [18], a compact third-order microstrip open-loop ring resonator tunable BPF has been offered to cover the 3.4 to 3.8 GHz frequency band for 5G applications.

In this study, a dual-band band-pass tunable filter with a meander-line resonator has been proposed. Simulation results have been obtained with CST software. BPF SMV1413 varactor diode has been adjusted to work in harmony with capacitance values. The BPF provided a wide tuning range to cover the frequency band from 2.6 GHz to 3 GHz and from 4.3 GHz to 4.6 GHz. The results have been analyzed and a complex and miniature BPF is proposed to work in concert with the SVM 1413 varactor diode.

2. Material and Method

In this section, the dual-band BPF design has been introduced. The geometry of the BPF has shown in Figure 2 and Figure 3. The size of the substrate used in the BPF has been chosen as $30 \times 30 \text{ mm}^2$. The proposed BPF has been placed on a normal 1 mm thick Rogers RO3003 substrate with a dielectric constant ϵ of 3. The ground has been covered the bottom of the filter completely. The BPF consists of four different resonator sections and has been powered by two ports with 50Ω input impedance to eliminate the need for vias. Three of the resonators are open and one is closed as meander line resonator.

2.1. BPF Design and Performance

In this section, a deduced numerical calculation results have been obtained without using any device in BPF. According to the results, the BPF design has a good return loss (S_{11}) -30 dB at 3.55 GHz shown in Figure 1. The insertion value (S_{21}) is -0.3 dB at 3.55 GHz and bandwidth is between 3.40 and 3.70 GHz. In the next section, the design of the tunable BPF is discussed.

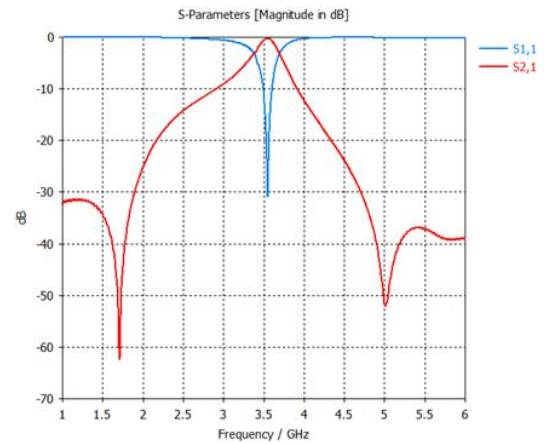


Fig. 1 Numerical Calculation Results

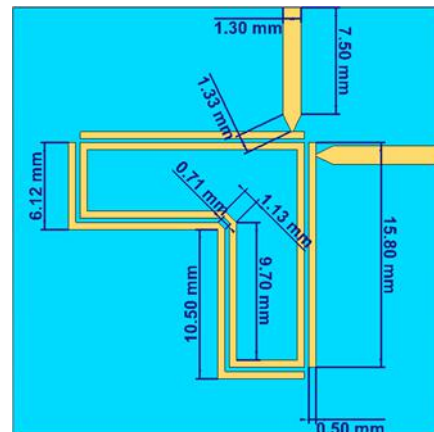


Fig. 2 BPF Design Top Side



Fig. 3 BPF Design Bottom Side

2.2. Dual-band Tunable BPF Design and Performance

In this section, varactor diode added to the design and numerical calculation results have been obtained. The design has been

adjusted for easy placement of the varactor diode. The dual-band tunable BPF design has been shown in Figure 4. As mentioned before, the SVM1413 varactor diode has been used in the study. The reason for choosing the SVM1413 is that the capacitance variation range is larger at different reverse voltage values applied. The change in capacitance values of about 8pF has resulted to further increase the adjustability range. The change in return loss and insertion loss values at different capacitance values has observed in four different figures. According to the results, it has been observed that insertion loss and return loss values at 2.5 to 3 GHz in Figure 5 and Figure 6, these values at 4.2 to 4.6 GHz in Figure 7 and Figure 8.

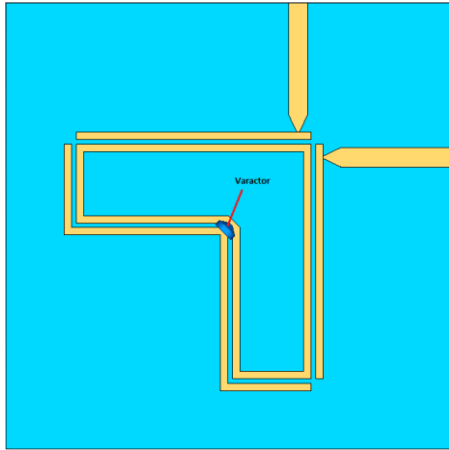


Fig. 4 Dual-band Tunable BPF Design

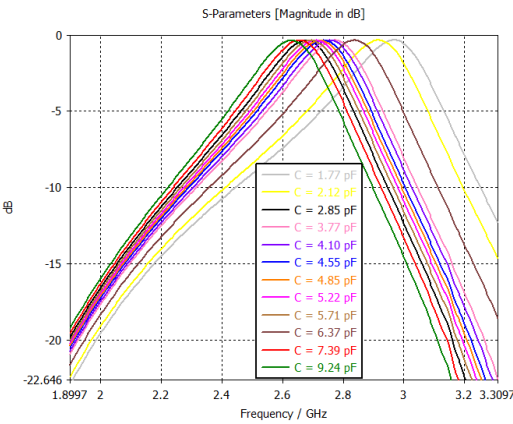


Fig. 5 Numerical calculation results of insertion loss (S_{21}) with different biasing voltages at 2.5 to 3 GHz

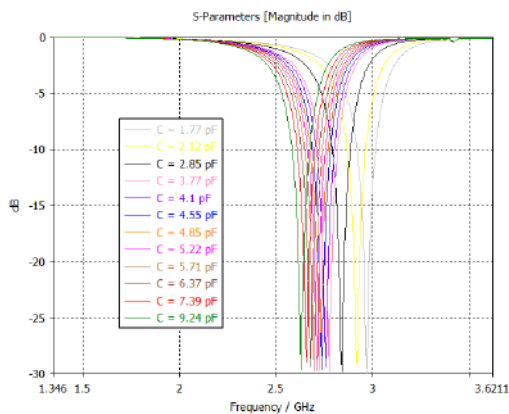


Fig. 6 Numerical calculation results of return loss (S_{11}) with different biasing voltages at 2.5 to 3 GHz

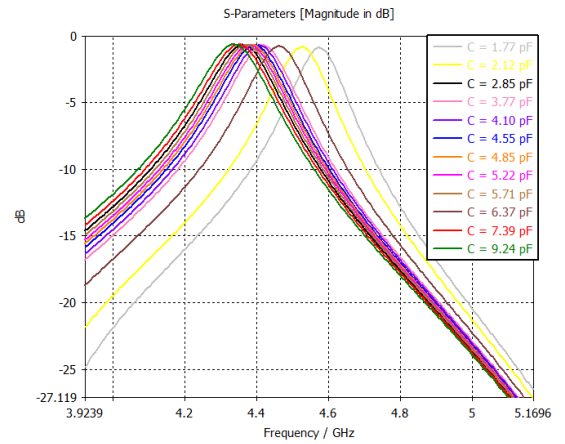


Fig. 7 Numerical calculation results of insertion loss (S_{21}) with different biasing voltages at 4.2 to 4.6 GHz

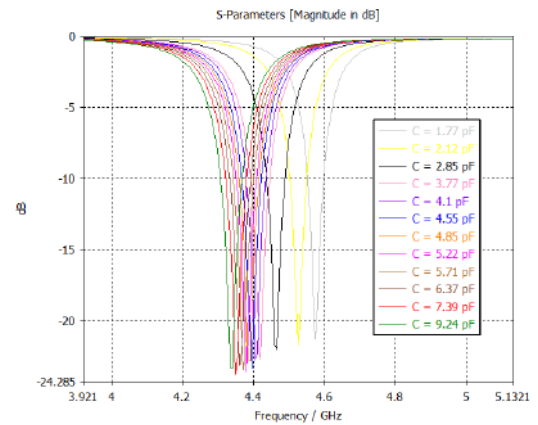


Fig. 8 Numerical calculation results of return loss (S_{11}) with different biasing voltages at 4.2 to 4.6 GHz

3. Results and Discussion

Table 1. Summary of numerical calculation result at 2.5 to 3 GHz

Reverse Voltage (V)	Varactor Capacitance (pF)	Resonant Frequency (GHz)	S_{11} (dB)	S_{21} (dB)
0	9.24	2.63	-29.6	-0.36
0.5	7.39	2.65	-28.9	-0.35
1	6.37	2.68	-29.3	-0.35
1.5	5.71	2.69	-29.7	-0.35
2	5.22	2.71	-29.7	-0.35
2.5	4.85	2.72	-29.6	-0.35
3	4.55	2.73	-29.6	-0.35
4	4.10	2.76	-29.4	-0.35
5	3.77	2.77	-29.7	-0.35
10	2.85	2.84	-29.8	-0.34
20	2.12	2.92	-29	-0.34
30	1.77	2.97	-29.9	-0.35

Table 2. Summary of numerical calculation result at 4.2 to 4.6 GHz

Reverse Voltage (V)	Varactor Capacitance (pF)	Resonant Frequency GHz	S_{11} (dB)	S_{21} (dB)
0	9.24	4.33	-23	-0.64
0.5	7.39	4.35	-23.7	-0.65
1	6.37	4.36	-23.2	-0.66
1.5	5.71	4.37	-23.3	-0.67
2	5.22	4.38	-23.6	-0.68
2.5	4.85	4.38	-23.3	-0.69
3	4.55	4.39	-22.7	-0.69
4	4.10	4.4	-22.7	-0.7
5	3.77	4.42	-22	-0.72
10	2.85	4.46	-22	-0.77
20	2.12	4.52	-21.7	-0.83
30	1.77	4.57	-21.3	-0.9

Since more than one change in capacitance has been observed, the results have been given in Table 1 and Table 2 in detail. Return loss values are below -20 dB in both frequency ranges. There is no loss in the insertion loss values from 2.5 to 3 GHz and the average value is -0.35 dB in all capacitance values change. Although there is a loss of -0.25 dB insertion loss in the range of 4.2 to 4.6 GHz, the insertion loss value has remained over -1 dB. Considering the bandwidth value at -10 dB return loss level, it is 50 MHz in the low GHz range and 100 MHz in the high GHz range. When the frequency level changes, the bandwidth value has remained constant and the return loss performance has preserved.

Since communication systems have formed by the combination of many systems, the proposed filters must work flexibly in certain frequency ranges. The reason for this is to prevent frequency deviations that may occur due to environmental factors and to stay in a more stable operating range. When the results have been analyzed, the proposed filter design has been worked without any performance loss in the determined frequency ranges.

4. Conclusions and Recommendations

This study has been explained in two different stages. In the first stage, a BPF design using a meander line resonator has been proposed. Good return loss and insertion loss values have been taken at 3.5 GHz level. In the second stage, a dual-band tunable filter design has been proposed using the same BPF topology and incorporating the SVM1413 varactor diode. As a result, of numerical computations, return loss and insertion loss values in two different bandwidths have good. The numerical simulations have produced better outcomes than the traditional techniques of design.

References

[1] Montero-de-Paz, J., Oprea, I., Rymanov, V., Babel, S., García-Muñoz, L. E., Lissauskas, A., ... & Carpintero, G. (2013). Compact modules for wireless communication systems in the E-band (71–76 GHz). *Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves*, 34(3), 251-266.

[2] Ozkaya, U., & Seyfi, L. (2015). Dimension optimization of microstrip patch antenna in X/Ku band via artificial neural network. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 2520-2526.

[3] Palandöken, M., Rymanov, V., Stöhr, A., & Tekin, T. (2012, August). Compact metamaterial-based bias tee design for 1.55 μm waveguide-photodiode based 71–76GHz wireless transmitter. In *Progress in Electromagnetics Research Symposium, PIERS*.

[4] Palandöken, M., & Sondas, A. (2014). Compact Metamaterial Based Bandstop Filter. *Microwave Journal*, 57(10).

[5] Palandoken, M. (2012). Metamaterial-based compact filter design. In *Metamaterial*. IntechOpen.

[6] Al-Yasir, Y. I., OjaroudiParchin, N., Abdulkhaleq, A., Hameed, K., Al-Sadoon, M., & Abd-Alhameed, R. (2019, July). Design, simulation and implementation of very compact dual-band microstrip bandpass filter for 4G and 5G applications. In *2019 16th international conference on synthesis, modeling, analysis and simulation methods and applications to circuit design (SMACD)* (pp. 41-44). IEEE.

[7] Afzali, B., Abbasi, H., Shama, F., & Dehdasht-Heydari, R. (2021). A microstrip bandpass filter with deep rejection and low insertion loss for application at 2.4 GHz useful wireless frequency. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 138, 153811.

[8] Palandoken, M., and H. Henke. "Fractal spiral resonator as magnetic metamaterial." *2009 Applied Electromagnetics Conference (AEMC)*. IEEE, 2009.

[9] Ieu, W., Zhang, D., Lv, D., & Wu, Y. (2018). Dual-band microstrip bandpass filter with independently-tunable passbands using patch resonator. *Electronics Letters*, 54(10), 665-667.

[10] Karthie, S., & Salivahanan, S. (2019). Fractally slotted patch resonator based compact dual-mode microstrip bandpass filter for Wireless LAN applications. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 107, 264-274.

[11] Nieto, J., & Sauleau, R. (2006, November). Miniature coplanar waveguide and microstrip stop-band filters using spiral resonators. In *2006 First European Conference on Antennas and Propagation* (pp. 1-5). IEEE.

[12] Al-Nuaimi, M. K. T., & Whittow, W. G. (2010, April). Compact microstrip band stop filter using SRR and CSSR: Design, simulation and results. In *Proceedings of the Fourth European Conference on Antennas and Propagation* (pp. 1-5). IEEE.

[13] Tang, W., & Hong, J. S. (2010). Varactor-tuned dual-mode bandpass filters. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 58(8), 2213-2219.

[14] Long, J., Li, C., Cui, W., Huangfu, J., & Ran, L. (2011). A tunable microstrip bandpass filter with two independently adjustable transmission zeros. *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, 21(2), 74-76.

[15] Tsai, H. Y., Huang, T. Y., & Wu, R. B. (2016). Varactor-tuned compact dual-mode tunable filter with constant passband characteristics. *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, 6(9), 1399-1407.

[16] Chen, C. F., Wang, G. Y., & Li, J. J. (2018). Microstrip switchable and fully tunable bandpass filter with continuous frequency tuning range. *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, 28(6), 500-502.

[17] Chen, F. C., Li, R. S., & Chen, J. P. (2018). A tunable dual-band bandpass-to-bandstop filter using pin diodes and varactors. *IEEE Access*, 6, 46058-46065.

[18] Al-Yasir, Y. I., Parchin, N. O., Alabdallah, A., Abdulkhaleq, A. M., Abd-Alhameed, R. A., & Noras, J. M. (2019,

September). Design of bandpass tunable filter for green flexible RF for 5G. In 2019 IEEE 2nd 5G World Forum (5GWF) (pp. 194-198). IEEE.



Antibacterial Activity of Copper Nanoparticles Synthesized by Using *Peumus boldus* Leaf Extract

Hamdi Kamçı^{1*}, Recep Taş², Hasan Ufuk Çelebioğlu³

^{1*} Bartın Universtisy, Faculty of Science, Department of Biotechnology, Bartın, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9255-2125), hkamci@bartin.edu.tr

² Bartın Universtisy, Faculty of Science, Department of Biotechnology, Bartın, Turkey, (ORCID: 0000-0002-3743-7770), hcelebioglu@bartin.edu.tr

³ Bartın Universtisy, Faculty of Science, Department of Biotechnology, Bartın, Turkey, (ORCID: 0000-0001-2345-6789), rtas@bartin.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1110891)

ATIF/REFERENCE: Kamçı, H., Taş, R. & Çelebioğlu, H. U. (2022). Antibacterial Activity of Copper Nanoparticles Synthesized by Using *Peumus boldus* Leaf Extract. *European Journal of Science and Technology*, (36), 139-142.

Abstract

The green synthesis method, which is one of the methods of obtaining nanoparticles; It is a preferred method because it is simpler, environmentally friendly, economical and turns into a product in a short time. In this study, it was aimed to investigate CuNp synthesis possibilities and antimicrobial activity of this Np by using the extract of *Peumus boldus*, an endemic plant. The synthesized CuNps were characterized by scanning electron microscopy (SEM), Fourier transform infrared spectrophotometer (FTIR) and X-ray diffraction (XRD). It was determined that the NPs synthesis was successful, and the overall geometry was spherical; besides, the diameters were less than 50 nm. The antibacterial activity of CuNps was tested by the broth dilution method. It was observed that CuNps synthesized with *Peumus boldus* extract used at 125 to 250 µg/ml concentrations suppressed the viability of *E. coli* and *S. aureus* by 60%.

Keywords: Biogenic synthesis, CuNps, *Peumus boldus*, Antibacterial activity.

Peumus boldus Yaprağı Ekstresi Kullanılarak Sentezlenen Bakır Nanopartiküllerin Antibakteriyel Aktivitesi

Öz

Nanoparçacık elde etme yöntemlerinden biri olan yeşil sentez yöntemi, daha basit, çevreci, ekonomik olması ve kısa sürede ürüne dönüşmesi nedeniyle tercih edilen bir yöntemdir. Bu çalışmada, endemik bir bitki olan *Peumus bolus*'un ekstresi kullanılarak bakır nanopartikül (CuNp) sentez olanaklarının ve antimikrobiyal aktivitesinin araştırılması amaçlanmıştır. Sentezlenen CuNp'ler, taramalı elektron mikroskobu (SEM), Fourier transform kızılötesi spektrofotometre (FTIR) ve X-ışını kırınımı (XRD) ile karakterize edilmiştir. Başarılı bir şekilde sentezlenen NP'lerin 50 nm den küçük çapta olduğu küre şeklinde olduğu belirlenmiştir. CuNp'lerin antibakteriyel aktivitesi, *broth seyreltme* yöntemiyle test edilmiştir. Sonuçta *Peumus boldus* ekstraktı ile sentezlenen CuNp'lerin 125 ila 250 µg/ml konsantrasyonlarda kullanıldığında *E. coli* ve *S. aureus* canlılıklarını %60 oranında baskıladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Biyogenik sentez, CuNps, *Peumus boldus*, Antibakteriyel aktivite.

* Corresponding Author: hkamci@bartin.edu.tr

1. Introduction

Although nanotechnology is a new and developing science that is carried out at the nanoscale level, it is developing especially in the fields of engineering, biotechnology and medicine. The products of nanotechnology are called nanoparticles (NPs) or nanomaterials, which are in the range of 10–9 nm and 1-100 nm in size. NPs are divided into three types: natural nanoparticles, anthropogenic nanoparticles, and engineered nanoparticles. The large surface/volume ratio of nanoparticles, their ability to interact easily with other particles, and many other properties have led to an increased interest in them in various fields. NPs are widely used in electronics, cosmetics, biomedical and biotechnological applications. The effective crystallographic and physicochemical properties of NPs make nanotechnology an excellent field to focus on (Buzea et al., 2007). Synthesis of NPs can be achieved by some physical and chemical methods. The traditional and widely used method for nanoparticle synthesis is the wet method. In chemical synthesis, nanoparticles are obtained by developing them in a liquid medium containing various reducing agents, especially sodium borohydride, potassium bitartrate, methoxypolyethylene glycol or hydrazine (Kim et al., 2007). Some stabilizing agents such as sodium dodecyl benzyl sulfate or polyvinyl pyrrolidone are added at the reaction stage to prevent aggregation of metallic nanoparticles (Lee et al., 2008). The most widely used chemical methods are chemical reduction, electrochemical techniques, and photochemical reactions in reverse micelles (Taleb et al., 1997). Commonly used physical methods are attrition and pyrolysis. So far, some plant extracts, bacteria, fungi, enzymes and algae were used for the synthesis of NPs (Saifuddin et al., 2009). Nanoparticles of a wide variety of materials can be prepared by various methods. In general, production techniques fall into two categories: "bottom-up" and "top-down" approaches. The bottom-up approach is expressed in the "bottom-up", that is, the accumulation of an atomic-sized material. Molecule molecule or cluster cluster: nanolithography and nanomanipulation techniques are also examples of the bottom-up approach. The top-down approach starts with a block of bulk material and involves designing or grinding it to the desired shape. Both approaches play crucial roles in modern industry and most likely nanotechnology. Metal nanoparticles are obtained by various physical (physical vapor deposition, laser ablation and ion implantation, etc.), chemical (colloidal and can be synthesized with sol-gel) and biological (green synthesis using microorganisms, plant and fruit extracts) methods (Kathiravan et al., 2014). In this study, the synthesis of copper nanoparticles in accordance with the principles of green chemistry was carried out. In addition, the antibacterial properties of the obtained copper nanoparticles were also investigated.

2. Material and Method

2.1. Preparation of the Plant Extracts

In this study, a 2-necked 500 mL balloon was used to obtain the extract. Thermometer is fixed on one neck of the balloon with a back cooler on the other neck. A certain amount of ultrapure water was put into the balloon and the heating plate was operated. It was waited until the water in the balloon boiled, then 10 g of *Peumus boldus* and 100 ml of distilled water were added to it and left to boil for 5 minutes. The heating plate was then turned off and allowed to cool at room temperature. The extract obtained after cooling was first passed through ordinary filter paper, and

then the filtrate was passed through blue band filter paper. The extract obtained was wrapped with aluminum foil and stored in closed polyethylene containers in the refrigerator.

2.2. Synthesis of Copper Nanoparticles

For the preparation of target copper nanoparticles, 20 mL of each plant extract, which was first cooled to room temperature, was added to 80 mL of 1 mM CuNO₃ solution and incubated at room temperature for 45 min. mixed with time. In this process, a significant color change was observed in the solution, which is a phenomenon known in the literature and explained by the formation of copper nanoparticles (Asha, 2016). The resulting solution was stirred at 8,000 rpm for 150 min. The nanoparticles were precipitated by centrifugation throughout. Particles were collected in Eppendorf tubes and washed 3 times with distilled water. Finally, it was dried in an oven at 65 °C and stored for characterization.

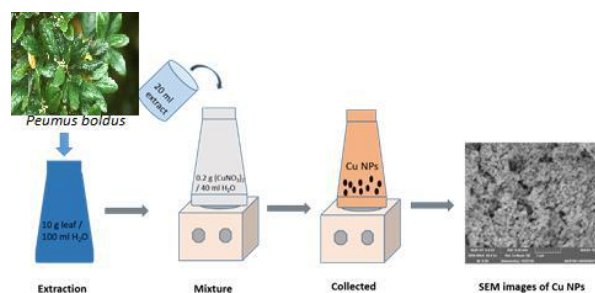


Figure 1. Schematic representation of copper nanoparticle synthesis.

2.3. Characterization of Copper Nanoparticles

Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) was used to obtain information about the functional groups of Cu nanoparticles synthesized by biosynthesis method using *Peumus boldus* extract as reducing agent. In addition, X-ray diffractometry (XRD) was preferred to determine crystal structures in certain ranges. In addition, SEM images of nanoparticles were taken with Scanning Electron Microscope (SEM) and their surface morphologies were determined. The amounts of Cu in the structure were determined with the EDX (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy) spectrum.

2.4. Anti-bacterial Effects of Copper Nanoparticles

For investigation of antibacterial activities of the copper nanoparticles synthesized using *Peumus boldus*, Broth Micro-dilution Assay was used. Briefly, Gram-negative *Escherichia coli* and Gram-positive *Staphylococcus aureus* bacterial cultures were inoculated into Nutrient Broth (NB, 24 h, 37°C) and prepared until 0.5 McFarland Unit. In total 200 µL in microtiter plate wells, 10 µL of bacterial cultures were inoculated with NB containing different concentrations of the nanoparticle suspended in glycerol (0-500 µg/mL). Negative controls were prepared using NB and glycerol without bacteria. On the other hand, positive controls did not contain nanoparticles, but a respective amount of glycerol. Absorbances of microtiter plates were measured at 600 nm using a microplate reader before (0th h) and after (24th h) the incubation at 37°C. Bacterial viability was measured as a percentage of compound-treated bacterial groups to the positive control

(bacterial viability of positive control was taken as 100%). One-way ANOVA with Tukey's test was used to analyze the data and $p < 0.05$ was considered as statistically different.

3. Results and Discussion

3.1. Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) Analysis

The FTIR analysis performed to characterize the surface structure of CuNp is shown in Figure 2. Visible bands are lattice vibrational modes showing functional groups of biomolecules adsorbed on Nps. FTIR spectra of CuNps exhibited vibrations in the region of 700-1000 cm^{-1} , which can be attributed to Cu vibrations confirming the formation of CuNps. Depending on the vibrations of Cu, an absorption band was observed at 729 cm^{-1} . A dense and wide band of 3385 cm^{-1} appeared in the region corresponding to the stretching movements of the hydroxyl functional groups (Veisi et al., 2016). In the FTIR analysis for CuNp, peaks showing numerical values of 729, 1049, 1421, 1450, 1728, 2139, 2918 and 3385 cm^{-1} were observed.

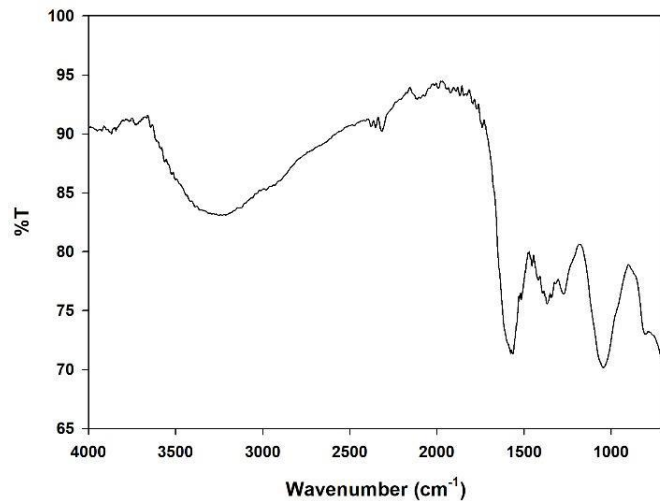


Figure 2: FTIR spectra of CuNps synthesized with *Peumus boldus* extract.

3.2. XRD analysis

CuNps have been identified with XRD, which is considered a very important key tool to evaluate the crystallinity and tertiary structures of particles at molecular levels (Sapsford et al., 2011). By X-ray diffraction, distinct crystalline phases associated with CuNps: metallic Cu, cuprite (Cu_2O) and tenorite (CuO) were observed. X-ray diffraction patterns of CuNp were obtained in the angle range of $2\theta = 20-80$. Diffraction peaks were observed at 36.49° (111), 39.90° (111), 49.5° (200), 62.49° (111) and 73.15° (200) (Figure 3).

3.3. Scanning Electron Microscopy (SEM) and Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDX) Study of CuONPs XRD Analysis

SEM images of CuNp obtained from black mulberry by green synthesis method are given in Figure 4. From the SEM images, it is seen that the particles have different diameters and sizes. It has been determined that the shapes of CuNp are spherical and their dimensions are < 50 nm.

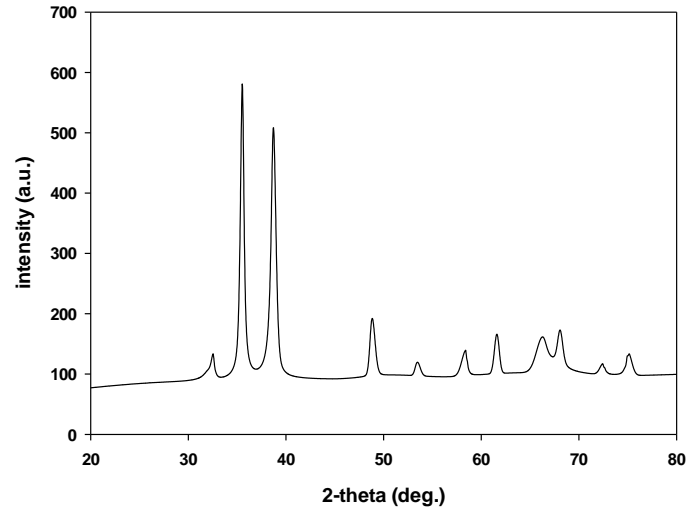


Figure 3. XRD diffraction pattern of CuNp biosynthesized by *Peumus boldus* extract.

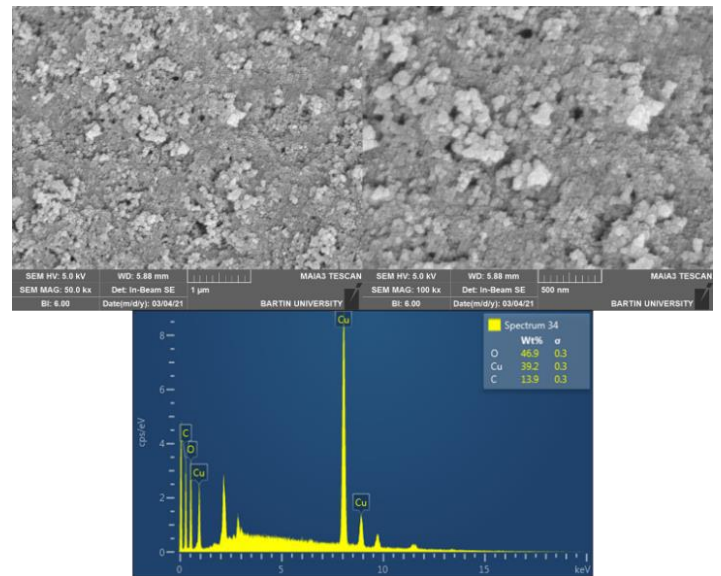


Figure 4. SEM and EDX images of Cu nanoparticles at different magnifications.

3.3. Antibacterial Activity of the Nanoparticles

Different concentrations ranging from 0-500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ were used to assess potential antibacterial effects of copper nanoparticles synthesized using *Peumus boldus*. The results showed that these nanoparticles had significant antibacterial effect against Gram negative bacteria *E. coli* (Figure 5) and Gram positive bacteria *S. aureus* (Figure 6). Viability scores of *E. coli* was dropped by approximately 60% when final concentration of 250 $\mu\text{g}/\text{ml}$ NP was used whereas around 60% drop in viability score was achieved with *S. aureus* when 250 $\mu\text{g}/\text{ml}$ NP concentration was used. It is evident from the results that at some elevated dosages the synthesised Green-CuNps show its' antibacterial effect irrespective of the type and strain of the bacterial species.

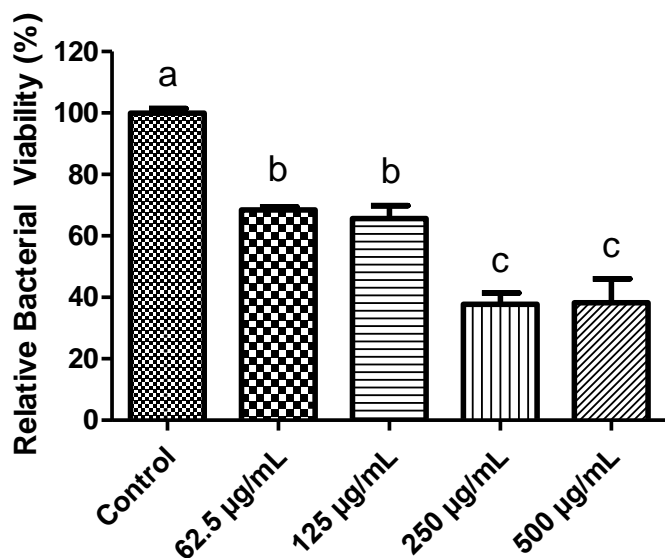


Figure 5. Antibacterial activity of copper nanoparticles synthesized using *Peumus boldus* on *E. coli*. Different lower letters indicate $p < 0.05$ according to Tukey's test.

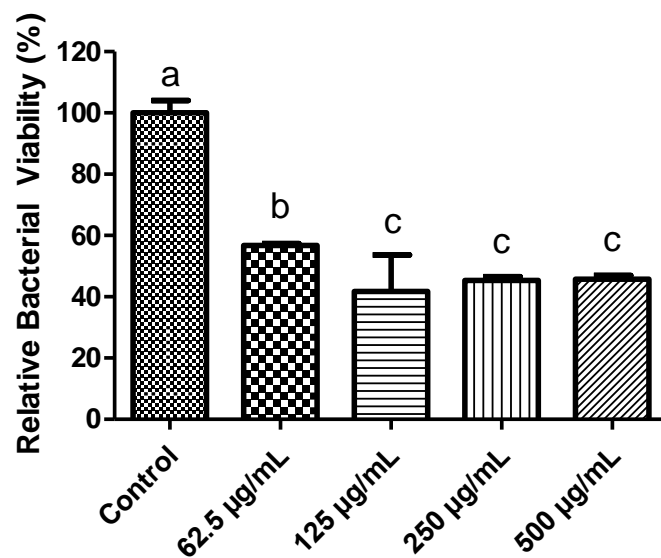


Figure 6. Antibacterial activity of copper nanoparticles synthesized using *Peumus boldus* on *S. aureus*. Different lower letters indicate $p < 0.05$ according to Tukey's test.

4. Conclusions and Recommendations

For the synthesis of Np, physical and chemical methods that pose potential environmental and biological risks, including external reducing agents and toxic organic solvents, have been replaced by the green synthesis method, which is a fast, clean, non-toxic, cost-effective and environmentally friendly approach in recent years. The use of plant extracts in the green synthesis method is a more preferred approach. Because plants, together with the flavonoids, terpenoids, tannins, alkaloids, proteins and other phytochemicals they contain, can reduce metal ions and act as stabilizers that prevent the size of Np from growing. The structural, morphological, optical properties of the nanoparticles synthesized in the research were characterized using SEM, FTIR and XRD. The size measurements and shape characterization of CuNp were investigated using SEM and the results showed that CuNp smaller than 50 nm with spherical morphology was formed. The results obtained in this study show that the antimicrobial efficacy of CuNp synthesized from black pepper against pathogenic bacteria is at a sufficient level. These results show that CuNps can be an alternative to existing antibiotics/antimicrobial products to overcome the antibiotic resistance crisis that has been a serious problem in recent years.

5. Acknowledge

This study was partly supported by Bartın University.

References

- Asha, A. (2016). Green Synthesis of Silver Nanoparticle from Different Plants– A Review. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 4(2), 118–124. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.2221>
- Buzaa, C., Pacheco, I. I., & Robbie, K. (2007). Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity. *Biointerphases*, 2(4), MR17–MR71. <https://doi.org/10.1116/1.2815690>

- Kathiravan, V., Ravi, S., & Ashokkumar, S. (2014). Synthesis of silver nanoparticles from *Melia dubia* leaf extract and their in vitro anticancer activity. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 130, 116–121. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.03.107>
- Kim, J. S., Kuk, E., Yu, K. N., Kim, J. H., Park, S. J., Lee, H. J., Kim, S. H., Park, Y. K., Park, Y. H., Hwang, C. Y., Kim, Y. K., Lee, Y. S., Jeong, D. H., & Cho, M. H. (2007). Antimicrobial effects of silver nanoparticles. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 3(1), 95–101. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2006.12.001>
- Lee, C., Kim, J. E. E. Y., Lee, W. O. N. I. L., & Nelson, K. L. (2008). *Bactericidal Effect of Zero-Valent.pdf*. 4927–4933.
- Saifuddin, N., Wong, C. W., & Yasumira, A. A. N. (2009). Rapid biosynthesis of silver nanoparticles using culture supernatant of bacteria with microwave irradiation. *E-Journal of Chemistry*, 6(1), 61–70. <https://doi.org/10.1155/2009/734264>
- Sapsford, K. E., Tyner, K. M., Dair, B. J., Deschamps, J. R., & Medintz, I. L. (2011). Analyzing nanomaterial bioconjugates: A review of current and emerging purification and characterization techniques. *Analytical Chemistry*, 83(12), 4453–4488. <https://doi.org/10.1021/ac200853a>
- Taleb, A., Petit, C., & Pileni, M. P. (1997). Synthesis of Highly Monodisperse Silver Nanoparticles from AOT Reverse Micelles: A Way to 2D and 3D Self-Organization. *Chemistry of Materials*, 9(4), 950–959. <https://doi.org/10.1021/cm960513y>
- Veisi, H., Rashtiani, A., & Barjasteh, V. (2016). Biosynthesis of palladium nanoparticles using *Rosa canina* fruit extract and their use as a heterogeneous and recyclable catalyst for Suzuki-Miyaura coupling reactions in water. *Applied Organometallic Chemistry*, 30(4), 231–235. <https://doi.org/10.1002/aoc.3421>



A Novel Coupled Line Directional Coupler Design for L-Band Wireless Applications

Gudrat Heydarli^{1*}

^{1*} Izmir Katip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, Izmir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-0510-5923), haydarli.gudrat@gmail.com

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1110375)

ATIF/REFERENCE: Gudrat, H. (2022). A Novel Coupled Line Directional Coupler Design for L-Band Wireless Application. *European Journal of Science and Technology*, (36), 143-146.

Abstract

Directional couplers are commonly used in microwave circuit design. Therefore, miniaturization of these components is very important. This paper presents the miniaturized microstrip coupled line directional coupler (CLDC) for L-band wireless applications. The coupled line directional coupler presented in the article was designed and simulated. In this paper coupler line directional coupler has been proposed with a low coupling factor. The proposed CLDC operates at the L-band and it is designed for use in mostly wireless applications. High and low impedance transmission lines are used to miniaturize the CLDC. The CLDC has been designed using a substrate material of FR-4 with a dielectric constant of 4.3 and substrate thickness of 1.57 mm. The size of the designed CLDC is $33.4 \times 15.05 \text{ mm}^2$. This is 58 % less than are of the conventional coupled line directional couplers. Also, The reflection coefficient and isolation level are in the permissible level in order for the proposed CLDC to be utilized in L-band wireless applications. The coupling factor of the designed coupled line directional coupler is between 28 dB and 21 dB at the L-band. The measured return loss value is better than 19 dB. Same time the isolation value is better than 23 dB at L-band.

Keywords: Coupled Line Directional Coupler (CLDC), Wireless Applications, L-Band, FR-4 Substrate, Miniaturization

L Bandı Kablosuz Haberleşme Uygulamaları İçin Yeni Kuplör Tasarımı

Özet

Yönlü kuplörler mikrodalga devre tasarımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, bu bileşenlerin minyatürleştirilmesi çok önemlidir. Bu makale, L-bant kablosuz uygulamalar için minyatürleştirilmiş bağlaşıklı hatlı yönlü kuplör tasarımı (CLDC) sunmaktadır. Makalede sunulan bağlaşıklı hatlı yönlü kuplör tasarlanmış ve simule edilmiştir. Makalede önerilen bağlaşıklı hatlı yönlü kuplörün kuplaj faktörü oldukça düşüktür. Önerilen CLDC L bandında çalışmaktadır ve çoğunlukla kablosuz haberleşme uygulamalarında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Aynı zamanda CLDC'nin boyutlarını küçültmek için yüksek ve düşük empedanslı iletim hatları kullanılmıştır. CLDC, dielektrik sabiti 4,3 ve kalınlığı 1,57 mm olan FR-4 malzemesi kullanılarak tasarlanmıştır. Tasarlanan CLDC'nin boyutu $33.4 \times 15.05 \text{ mm}^2$ 'dir. Bu, geleneksel bağlaşıklı hatlı yönlü kuplörün boyutundan %58 daha küçüktür. Ayrıca önerilen CLDC'nin L-bant kablosuz haberleşme uygulamalarda kullanılabilmesi için yansıma katsayısı ve izolasyon seviyesi izin verilen seviyededir. Tasarlanan bağlaşıklı hatlı yönlü kuplörün kuplaj faktörü L bandında 28 dB ile 21 dB arasındadır. Ölçülen geri dönüş kaybı değeri 19 dB'den , izolasyon değeri ise L bandında 23 dB'den daha iyidir.

Anahtar Kelimeler: Bağlaşıklı Hatlı Yönlü Kuplör (CLDC), Kablosuz Haberleşme Uygulamaları, L-Band, FR-4 Malzeme, Minyatürleştirme.

1. Introduction

In recent years with the rapid development in wireless component technology, novel microwave components with improved performance features have to be introduced instead of conventional microwave and millimeter-wave component designs to follow the technological developments of wireless communication systems [1-5].

The directional coupler is an important component in microwave devices, which is balanced power amplifiers, modulators balanced mixers and balanced several antennas feeding networks [6]. Especially, the 90° hybrid directional couplers are often used in circularly polarized antenna systems, which can be realized in four-port or three-port structures [7].

Directional couplers are four-port passive circuit elements used to divide or combine power. Power combiners take two or more signals and combine them at the output gate, while power dividers split the input signal into two less powerful output signals. Some quantities are used to describe a directional coupler. These are Coupling, Directivity, Isolation and Insertion Loss. Coupling Factor indicates the ratio of the input power that is coupled to the output port. Directivity is a measure of the coupler’s capability to insulate forward and backward waves. The isolation is a measure of the power transferred to the insulated port. The insertion loss accounts for the input power transferred the through the port, lowered by power transferred to the coupled and isolated ports [8,11].

Conventional CLDC is one of the structure directional couplers. CLDC has a four-port network and it consists of two unshielded transmission lines in close proximity to each other [10]. Because of this proximity electromagnetic fields interact with each other and power transfer occurs between the two lines. The conventional CLDC is shown Fig 1.

The development of wireless technology has also steered the exploration toward the miniaturization of these circuit elements [9]. Conventional CLDC occupies a larger circuit area under a certain frequency and has a narrow bandwidth. So its application is restricted. However, In this paper, a CLDC with a new configuration using the Meander loop and T-shape microstrip lines technique is proposed in order to reduce the size of its operating frequency. Using these techniques, the size of CLDC is reduced by %58. Also, It has broadband at L-band.

2. Material and Method

In this section, the design of the CLDC is introduced. The CLDC is designed to operate at the L-band and implemented on a FR-4 substrate with a 4.3 dielectric constant and 1.57 mm thickness. The overall size of CLDC is 33.34x15.05 mm². CLDC design consists of a few stages. Firstly, the CLDC has been structured then the shunt stub position has been shifted in the -x direction on port 1 and S-Parameters values have been numerically computed.

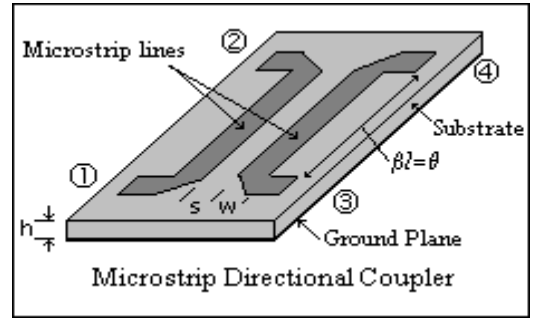


Fig. 1 Conventional CLDC

2.1. Design of CLDC

First of all, CLDC has been structured and S-Parameters values have been investigated. The designed CLDC is shown in Figure 2. The simulation results are given in Figure 3. According to the results, it has been observed that the S_{11} value is better than -13 dB, the S_{21} value is better than -0.64 dB, and the S_{41} value is better than -22 dB at the L-band. The measured S_{31} value is between -28 and -21 dB across the L-band. The S_{11} represents the return loss, the S_{41} value isolation and the S_{31} value represents the coupling factor in the S-Parameter.

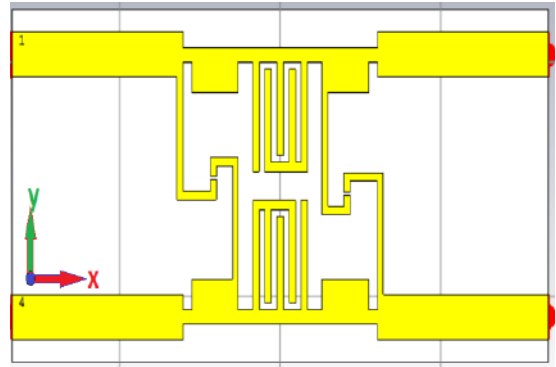


Fig. 2 Initial Designing of CLDC

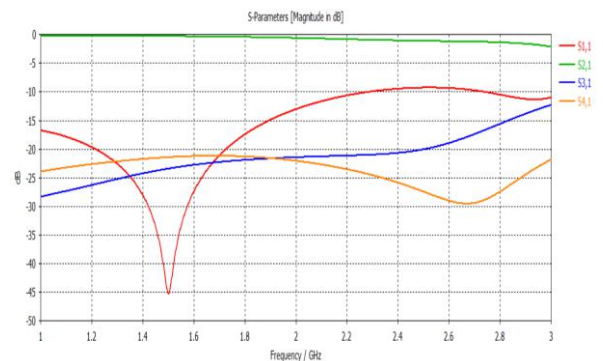


Fig. 3 S-Parameters of Initial Design

In the second step of the design, the shunt stub position has been shifted 2 mm in the -x direction on port 1 and S-Parameters values have been investigated. According to the results, it has been observed that the measured S_{11} value is better than -15 dB, the S_{21} value is -0.57 dB, the S_{41} value is better than -22.4 dB at the L-band. The Measured S_{31} value is between -28 and -21 dB across the L-band. The designed CLDC is shown in Figure 4. The simulation results are given in Figure 5.

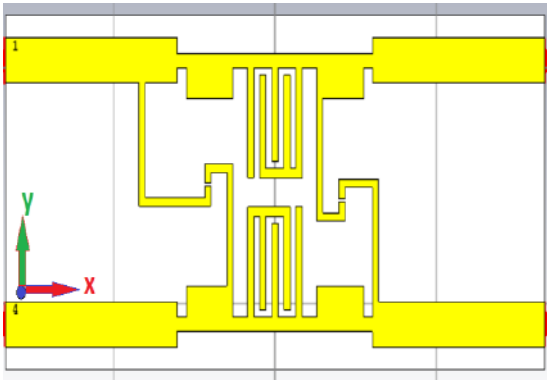


Fig. 4 Designing of CLDC (after has been shifted 2mm in -x direction)

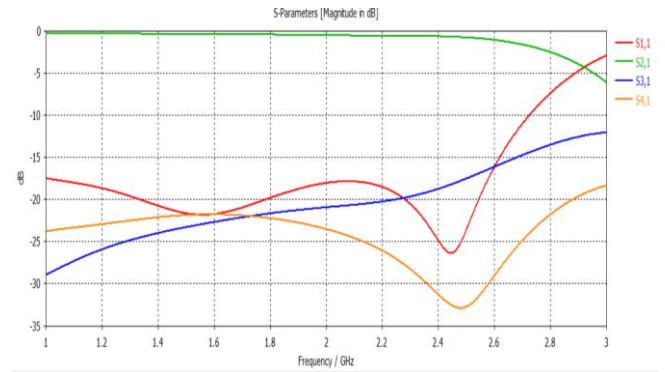


Fig. 7 S-Parameters of The Final Design

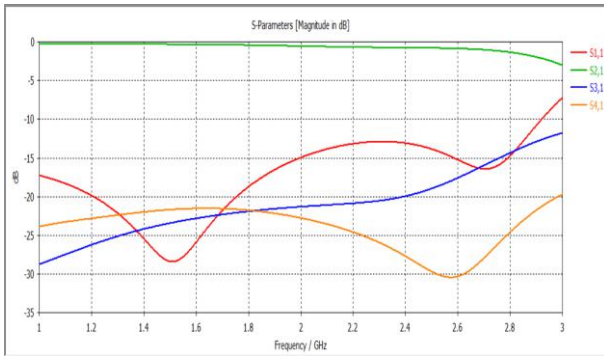


Fig. 5 S-Parameters of CLDC (after has been shifted 2mm in -x direction)

2.3. Dimensions of The Designed CLDC

The dimensions of the designed CLDC are shown in Figure 8 and Figure 9.

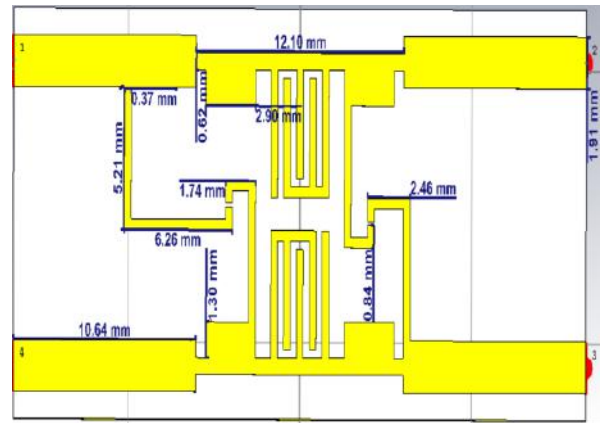


Fig. 8 Dimensions of The Designed CLDC

2.2. The Final Design of CLDC

At the final stage of design, the shunt stub position has been shifted in the -x direction between 0 and 5 mm using the parameter sweep tool in CST and the most optimal results have been found at 3.8 mm. According to the results, it has been observed that the measured S_{11} value is better than -19 dB, the S_{21} value is better than -0.51 dB, and the S_{41} value is better than -23 dB at L-band GHz. The designed CLDC is shown in Figure 6. The simulation results are given in Figure 7.

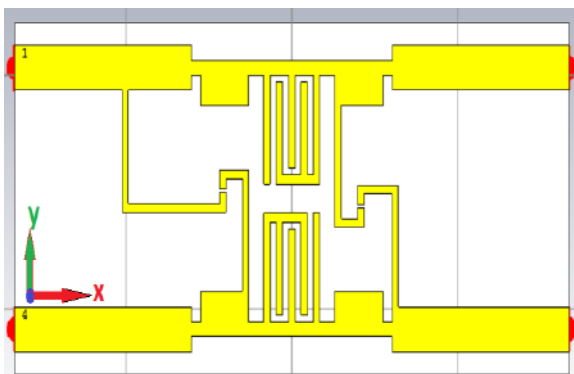


Fig. 6 The Final Designing of CLDC

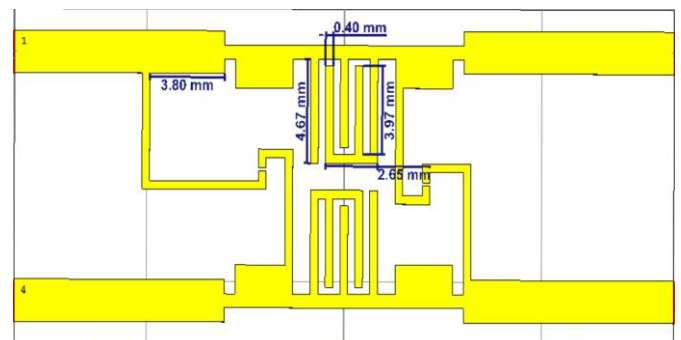


Fig. 9 Dimensions of The Designed CLDC

3. Results and Discussion

As a result in this paper, we design novel miniaturized broadband coupled line couplers with a low coupling factor at the L-band for wireless applications.

The reflection coefficient and isolation level are in the permissible level in order for the proposed novel coupled line directional coupler to be utilized at the L-band for wireless applications. CLDC is implemented on a FR-4 substrate with a 4.3 dielectric constant and 1.57 mm thickness. The overall size of CLDC is $33.34 \times 15.05 \text{ mm}^2$. The simulated results satisfy the requirements of wireless communication.

4. Conclusions and Recommendations

A compact CLDC is demonstrated using a meander loop line, a T-shape line and a series line in place of series lines of conventional CLDC. The size of the proposed CLDC is more compact than conventional CLDC. The measured return loss is better than 19 dB and the coupling factor is between 28 and 21 dB at the L-l-bandband. A novel CLDC design has been proposed for Wireless applications.

References

- [1] Montero-de-Paz, Javier, et al. "Compact modules for wireless communication systems in the E-band (71–76 GHz)." *Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves* 34.3 (2013): 251-266.
- [2] Ozkaya, U. and Seyfi, L. "Dimension optimization of microstrip patch antenna in X/Ku band via artificial neural network." *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 2520-2526, 2015.
- [3] Palandöken, Merih, et al. "Compact metamaterial-based bias tee design for 1.55 μm waveguide-photodiode based 71–76GHz wireless transmitter." *Progress in Electromagnetics Research Symposium, PIERS*. 2012.
- [4] Palandöken, Merih, and Adnan Sondas. "Compact Metamaterial Based Bandstop Filter." *Microwave Journal* 57.10 (2014).
- [5] Palandoken, M., and H. Henke. "Fractal negative-epsilon metamaterial." *2010 International Workshop on Antenna Technology (iWAT)*. IEEE, 2010.
- [6] Mohmoud Moubadir, Hicham Aziz et al. "A Miniaturized Branch-Line Hybrid Coupler Microstrip for Long Term Evolution Application." *11th International Conference Interdisciplinarity in Engineering 2017*.
- [7] Mukesh Kumar, Susanta Kumar Parui, et al. "Design of Compact Hybrid Branch Line Coupler (BLC) for GSM Application." *Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2019*.
- [8] Denis A. Letavin. "Planar Compact Directional Coupler on Artificial Transmission Lines" IEEE, 2019
- [9] Pramod K B Rangaiah, Javad Ebrahimzadeh, Jacob Velander, et al. "Design of constant width branch line directional coupler for the microwave sensing application." IEEE, 2020
- [10] Suleiman Babani, Jazuli Sunusi, et al. "Design and Simulation Coupled-Line Coupler With Different Values of Coupling Efficiency"
- [11] David M. Pozar, "Microwave Engineering", fourth edition, John Wiley & Sons. Inc, 1998.



The Effect of Admixture Percent of Sulfonate-Based Admixtures on Mechanical and Microstructural Properties of Cement Mortars

Deniz Tuğçe Algan^{1*}, Evren Ariöz², Ömer Mete Koçkar³

^{1,*} Necmettin Erbakan University, Institute of Science, Department of Chemistry, Konya, Turkey, (ORCID ID 0000-0002-0085-4327)
dtalga92@gmail.com

²Eskisehir Technical University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, Eskisehir, Turkey, (ORCID: 0000-0003-4862-5467),
evrenbayram@eskisehir.edu.tr

³Eskisehir Technical University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, Eskisehir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8860-9309),
mkoçkar@eskisehir.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1009307)

ATIF/REFERENCE: Algan, D. T., Ariöz, E., Koçkar, Ö. M., (2022). The Effect of Admixture Percent of Sulfonate-Based Admixtures on Mechanical and Microstructural Properties of Cement Mortars. *European Journal of Science and Technology*, (36), 147-150.

Abstract

Concrete is one of the most widely used building materials all over the world. The main purpose of the concrete industry is to produce more durable concrete. Concrete, which is the most basic need of people, especially in residences, consists of cement, aggregate, water, and chemical admixtures if necessary, according to the desired feature. Plasticizing admixtures are used to increase the workability of fresh concrete and reduce the water amount in the mixture. This study investigated the effects of sulfonatebased superplasticizers on flow rate, compressive strength, and crystalline structure. Cement, sand, water, and two different admixtures (naphthalene sulfonate, lignosulfonate+naphthalene sulfonate) were used to prepare cement mortars. The water/cement ratio was constant at 0.5 while the admixture percentages varied at different rates as 0.2, 0.5, and 1. The flow rates were determined using a flow table. The compressive strength tests were performed on each cement mortar aged 7 and 28 days. The crystalline structure of the 28-day aged samples was determined by X-ray Diffractometry (XRD) Spectrometer. The flow rates increased with the increasing admixture ratio. The highest compressive strength was obtained as 49.94 MPa and 51.33 MPa for naphthalene sulphonate and lignosulphonate+ naphthalene sulfonatebased admixtures, respectively. The intensity of the main crystalline structure increased with increasing admixture ratios up to 0.5% and decreased with increasing ratio to 1%. The highest compressive strengths were obtained with 0.5% naphthalene sulfonate and 0.2% lignosulfonate+naphthalene sulfonate admixtures for the 28 days aged cement mortars.

Keywords: – Naphthalene Sulfonate based admixture, Lignosulfonate+ naphthalene sulfonate based admixture, Compressive Strength, Crystalline Structure

Sülfonat Esaslı Katkı Yüzdesinin Çimento Harçlarının Mekanik ve Mikroyapısal Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi

Öz

Beton, tüm dünyada en yaygın kullanılan yapı malzemelerinden biridir. Beton sektörünün temel amacı daha dayanıklı beton üretmektir. Özellikle insanların en temel ihtiyacı olan konutlarda beton, istenilen özelliğe göre çimento, agrega, su ve gerekirse kimyasal katkılardan oluşmaktadır. Taze betonun işlenebilirliğini artırmak ve karışımdaki su miktarını azaltmak için akışkanlaştırıcı katkıları kullanılır. Bu çalışma, sülfonat bazlı süper akışkanlaştırıcıların yayılma çapı, basınç dayanımı ve kristal yapı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çimento harçlarının hazırlanmasında çimento, kum, su ve iki farklı katkı (naftalin sülfonat, lignosülfonat+naftalin sülfonat) kullanılmıştır. Su/çimento oranı 0,5'te sabit kalırken, katkı yüzdeleri 0,2, 0,5 ve 1 gibi farklı oranlarda değiştirilmiştir. Yayılma çapları bir yayılma tablası kullanılarak belirlenmiştir. 7 ve 28 günlük her bir çimento harcı üzerinde basınç dayanımı testleri yapılmıştır. 28 günlük numunelerin kristal yapısı, X-ışını Difraktometrisi (XRD) Spektrometresi ile belirlenmiştir. Artan katkı oranı ile akış hızları artmıştır. En yüksek basınç dayanımı naftalin sülfonat ve lignosülfonat+naftalin sülfonat esaslı katkıları için sırasıyla 49.94 MPa ve 51.33 MPa olarak elde edilmiştir. Ana kristal yapının yoğunluğu, katkı oranlarının %0.5'e kadar artmasıyla artmış, %1'e artmasıyla ise azalmıştır. 28 günlük çimento harçlarında en yüksek basınç dayanımları %0.5 naftalin sülfonat ve %0.2 lignosülfonat+naftalin sülfonat katkıları ile elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Naftalin Sülfonat esaslı katkı, Lignosülfonat+ naftalin sülfonat esaslı katkı, Basınç Dayanımı, Kristal Yapı

1. Introduction

Cement, which was discovered by mixing gypsum and crushed stones, was developed as a result of the efforts of scientists in the 1800s and started to be produced by mixing gypsum and clay at high temperatures. The cement used today is formed by melting or sintering aluminum oxide, calcium oxide, iron oxide, and silicon oxide [1].

The structure, which is a composite material containing cement, water, aggregate, and chemical or mineral admixtures designed according to the area is called concrete [2].

Superplasticizers (also called high-range water reducers) are a class of plasticizers that have less harmful effects and can be used to increase workability more than conventional plasticizers. Superplasticizers are also can be used to increase compressive strength. It increases the workability of concrete and reduces the need for water content by 15-30% [3].

The purpose of plasticizing admixtures is to reduce the water content in the concrete while maintaining its fluidity and workability. The strength and durability of concrete increase with decreasing water content. The disadvantages of superplasticizers when added to the concrete in large quantities are causing delay and bleeding in the hardening of the concrete and entering a high amount of air [4].

Lignosulfonates (LS) based admixtures are the first admixtures used in the group of water-reducing admixtures in concrete. Lignosulfonates are formed as a result of the delignification of lignin, which is the raw material of the paper industry, the degree of sulfonation is increased to control both the solubility and the plasticizing effect. They have a water reduction capacity of 8-10% [5].

Naphthalene sulfonates (NS) are produced by the sulfonation of naphthalene with sulfuric acid. It is widely used as a concrete admixture due to its resistance to freezing and the introduction of air into the concrete [5].

As the number of water increases, the workability of the concrete increases. Water enters between the cement particles and ensures that the cement paste is in a fluid state, but this leads to loss of strength and bleeding. For this reason, it is necessary to use appropriate chemical admixtures [6].

This study, it was aimed to determine the appropriate plasticizer amount used in cement mortars which obtain the highest fluidity and compressive strength.

2. Material and Method

2.1. Material

In this experimental study, cement, sand, water, and two different commercial sulfonate-based superplasticizers (lignosulphonate+ naphthalene sulfonate and naphthalene sulphonate) were used. The experiments were carried out with a constant water/cement ratio of 0.5 while the superplasticizer ratios varied from 0.2%, 0.5%, and 1%.

2.2. Method

Cement mortars were prepared according to TS EN 196-1. The superplasticizers were first mixed with water and then added to the cement and sand mixture. Flow values of each mortar were *e-ISSN: 2148-2683*

measured with a flow table. The mortars were poured into 4x4x16 cm steel molds. The molds were vibrated to prevent air bubbles. After 24 hours the mortars were removed from the mold and cured in a water bath for 7 and 28 days. Compressive strengths were performed on all samples. The crystal structures of the samples cured for 28 days were determined by X-ray Diffractometry (XRD). The composition of the cement used was examined with X-ray Fluorescence (XRF) Spectrometer and the result is given in Table 2.1.

Table 2.1. Chemical composition of cement

Composition	%
CaO	62.2583
SiO ₂	18.9675
Al ₂ O ₃	4.7248
Fe ₂ O ₃	2.9604
SO ₃	2.6057
MgO	1.8218
K ₂ O	0.6058
TiO ₂	0.4928
Na ₂ O	0.3893
P ₂ O ₅	0.0866
Cr ₂ O ₃	0.0613
MnO	0.0387

3. Results and Discussion

3.1. Flow Test & Compressive Strength Analysis

The flow rates of each cement mortar prepared by using two different plasticizers with constant water/cement ratio and varying admixture ratios changed as 0.2%, 0.5%, and 1% were given in Figure 1.

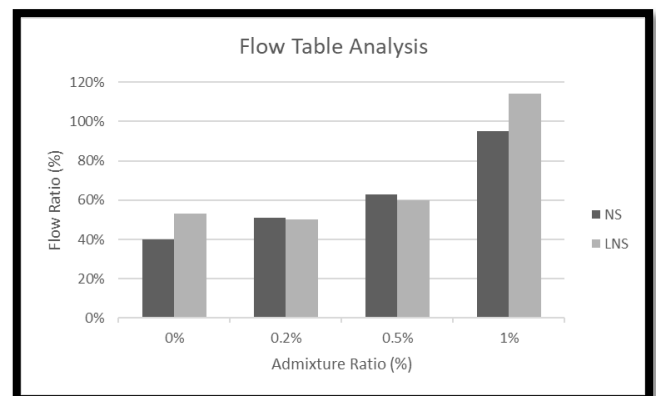


Figure 3.1. Flow rates of the cement mortars with/ without admixture

In Figure 3.1. it was observed that as the amount of admixture increased, the workability and flow diameters were increased. The increment was very significant when the admixture ratio was increased to 1%. The highest flow rate was obtained as 95% with

lignosulfonate+naphthalene sulfonate (LNS) admixture. The compressive strength values of cement mortars prepared with naphthalene sulphonate-based admixture and aged for 7 and 28 days are given in Figure 3.2.

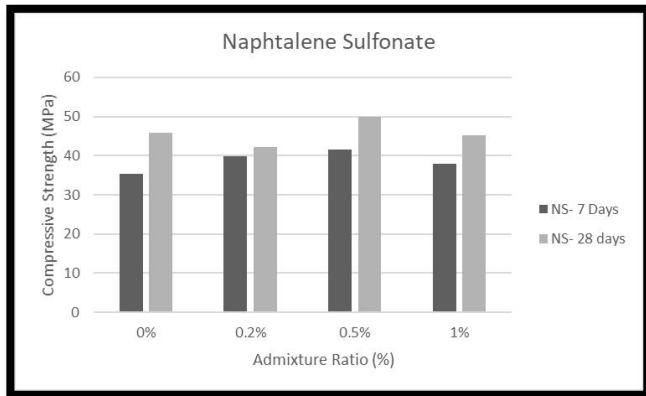


Figure 3.2. The compressive strength values of cement mortars prepared with naphthalene sulphonate based admixture and aged for 7 and 28 days

It was observed that the compressive strengths of the mortars increased by increasing the admixture ratio up to 0.5. The strengths of the mortars increased to 49.95 MPa from 45.9 MPa when the admixture ratio was increased to 0.5%. C_3S

The compressive strength values of cement mortars prepared with lignosulphonate + naphthalene sulfonate-based admixture and aged for 7 and 28 days are given in Figure 3.3.

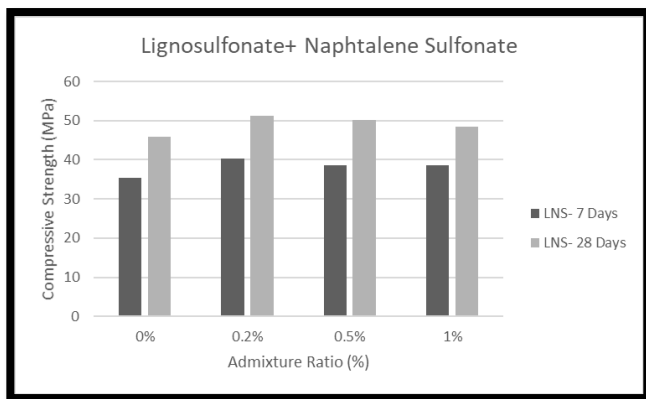


Figure 3.3. The compressive strength values of cement mortars prepared with lignosulphonate+ naphthalene sulfonate based admixture and aged for 7 and 28 days

The compressive strengths of the cement mortars prepared with lignosulphonate+ naphthalene sulfonate-based admixture and aged for 7 and 28 days were increased when compared to the reference sample. The strength values slightly decreased with the increasing admixture ratio. The highest compressive strength value was obtained as 51.33 MPa with a 0.2% admixture ratio when the strength of the reference sample was 45.9 MPa.

3.2. X-Ray Diffraction (XRD) Analysis

The crystalline structure of the cement mortars prepared with two different admixtures and aged for 28 days was determined by X-Ray diffraction (XRD) spectrometry. The XRD spectrum of the mortars prepared with naphthalene sulfonate-based admixtures is given in Figure 3.4. The peaks of $\sim 20^\circ$, 26° , 37° , 40° , 60° , 70° in *e-ISSN: 2148-2683*

XRay diffraction spectrometer of the 28 days aged samples prepared by using 0.2%, 0.5%, and 1% admixtures are called quartz (SiO_2). $\sim 35^\circ$, 45° , 50° , 55° , and 65° are called portlandite ($Ca(OH)_2$). These peaks are numbered at the top of the graph and are valid for all 4 spectrometers.

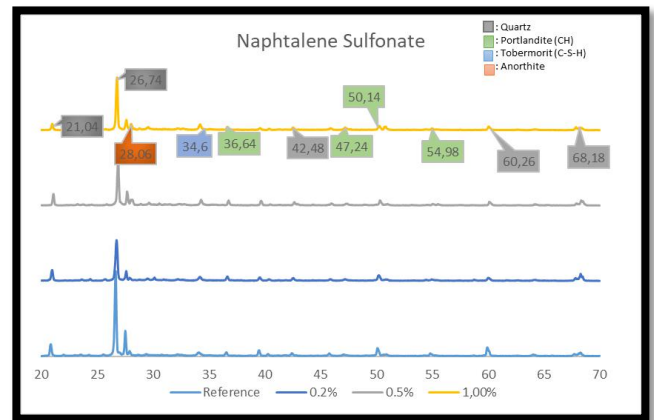


Figure 3.4. 28- day XRD spectrum of samples prepared by naphthalene sulfonate based admixtures

Tobermorit is one of the C- S- H minerals. The intensity of the portlandite peak is the highest in the reference sample, but the peak intensity decreased with an increasing admixture ratio. [7-8]. The XRD spectrum of the mortars prepared with lignosulphonate+ naphthalene sulfonate-based admixtures are given in Figure 3.5.

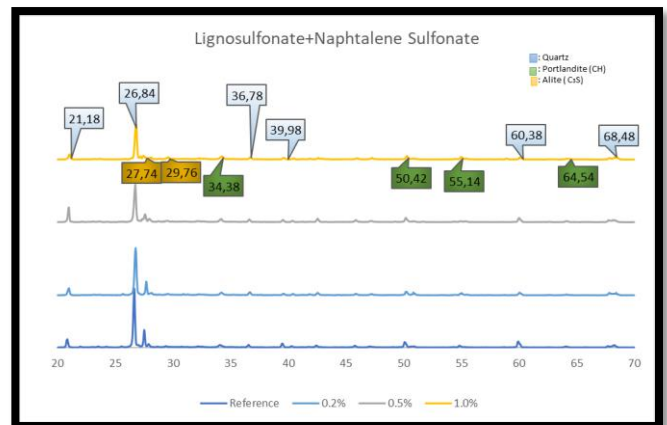


Figure 3.5. 28- day XRD spectrum of samples prepared by lignosulphonate+ naphthalene sulfonate based admixtures

The presence of the alite peak indicates that not all of the cement particles come into contact with water and react [14]. The intensity of the portlandite peak is the highest in the reference sample, but the peak intensity decreased with increasing admixture ratio as seen in Figure 3.4.

3.3. Discussion

The flow rates and compressive strengths of the samples aged for 28 days increased as the admixture ratio increased (regardless of the admixture type) compared to the reference admixture. When the admixture ratio increased to %1, the compressive strength decreased in LNS. In the study of Torres et al., as the fluidity increased, a decrease in compressive strength was observed. In the studies of Colleparidi et al. in 1998 and by Uyan et al. in 1996, it was observed that superplasticizer admixtures contribute to the processing of concrete and increase the

compressive strength [9-11]. The highest compressive strengths of the mortars were obtained with the 0.5% admixture ratio for both lignosulphonate+ naphthalene sulfonate and naphthalene sulphonate admixtures as in the studies by Kandemir and Ekinci. In Figure 3.2 and Figure 3.3, it was determined that the optimum value of naphthalene sulfonate-based admixture was 0.5%, and increasing the admixture dose did not affect the compressive strength. Samples containing LNS admixtures have high compressive strength even at low admixture ratios [12-13]. The presence of non-hydrated cement components in the hardened concrete indicates insufficient reaction with cement and water. Although there are non-hydrated cement particles in all hardened concrete, it is important to increase the amount of non-hydrated cement with increasing admixture dosage. This thesis was also supported by the amount of portlandite (CH). The amount of CH decreased as the dosage increased [14].

4. Conclusions and Recommendations

The flow diameter of the mortars increased as the admixture ratio increased in the samples aged when compared to the reference sample as expected. The flow ratio values of the mortars prepared LNS and NS admixtures were close to each other. The highest flow rate was obtained with a 1% admixture ratio for the lignosulphonate+ naphthalene sulfonate-based admixture as 51.33 MPa. The compressive strengths of the mortars prepared with two different admixtures increased when the admixture ratios were increased to 0.5%, however, the strengths decreased for the 1% admixture ratio. The highest compressive strength was obtained as 49.94 MPa for naphthalene sulphonate-based admixture with a 0.5 % ratio and 51.33 MPa for lignosulphonate+ naphthalene sulfonate based admixture with a 0.2 % ratio at the end of the 28- day aging period. In some spectrums, an alite peak that was expected to transform into C-S-H gel was observed as a result of hydration reactions within 28 days. This shows that some cement particles remained unreacted [15]. As can be seen from XRD graphics and literature reviews, the intensity of the CH peak decreased as the amount of admixture increased.

5. Acknowledge

This experimental study was supported by the Eskisehir Technical University Scientific research project No: 1708F482.

References

- [1] Knöfel, D., (1983). Cement Chemistry- Cement Quality. O., Labahn, B., Kohlhaas (Ed.), in Cement Engineers' Handbook 101-173). Berlin. Wiesbadener Graphische Betriebe GmbH
- [2] Yılmaz, K., Alemdar, M. Y., (2003). 'Yüksek dayanımlı betonların numune boyutundaki değişimin basınç dayanımına etkisi', SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7 (3), 241-247.
- [3] Gerry Bye, Paul Livesey, Leslie Struble (2011). "Admixtures and Special Cement". Portland Cement: Third edition. doi:10.1680/pc.36116.185
- [4] Li, Z., (2011). Advanced Concrete Technology, JOHN WILEY & SONS, INC., 70-72, New Jersey, Amerika.
- [5] Gelardi, G., Mantellato, S., Marchon, D., Palacios, M., Eberhardt, A. B., Flatt, R. J., (2016). Chemistry of Chemical Admixtures. P., Aitcin, R. J., Flatt (Ed.). in Science and Technology of Concrete Admixtures (149-281). Amsterdam: Woodhead Publishing.

- [6] Bhattarai, P. (2019). Effect of Water Content On Workability of Concrete, Department of Civil Engineering, Pulchowk Campus, Lalitpur, Nepal
- [7] Cömert, A. T., 2012. Uçucu Kül, Mermer Tozu Ve Endüstriyel Atık Kumu Yol Alt Yapısında Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği A. B. D., Sakarya Üniversitesi, Sakarya
- [8] Elmas, S., 2019. Using Fired Wall Tile's Scraps in Floor Tile Body, Journal of Scientific Perspectives, 3(2), 133-140
- [9] Torres, A., Aguayo, F., Allena, S., Ellis, M., 2020. The Effect of Various Polynaphthalene Sulfonate Based Superplasticizers on the Workability of Reactive Powder Concrete, Journal of Building Material Science, 2 (1), 24-30.
- [10] Colleparidi, M., (1998). 'Admixtures Used to Enhance Placing Characteristics of Concrete', Cement and Concrete Composites, 20 (1998), 103-112.
- [11] Uyan, M., Karagüler, M., Yücesoy, S., (1996). 'Süper akışkanlaştırıcı Katkıların Portland Çimento Harçlarının Rötresine Etkisi', Kongre, Sempozyum ve Bildiriler Kitabı, Ankara: Maya Basın Yayın, 73-80.
- [12] Ekinci, C. E., Ay, S., Baykuş, N., Ay, A., (2016). 'Lignin sülfonat esaslı yapı kimyasalların taze ve sertleşmiş betona olan etkilerinin incelenmesi', Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi, 22(6): 478-485.
- [13] Kandemir, G., Mutlu, M., Sağlam, A.R., Parlak, N., (2003). 'Aşırı Dozda Katkı Kullanımının Beton Özelliklerine Etkileri', Kongre, Sempozyum ve Bildiriler Kitabı, Ankara: Alaş Matbaası, 133-142.
- [14] Topçu, İ. B., Ateşin, Ö., 2016. Effect of high dosage lignosulphonate and naphthalene sulphonate-based plasticizer usage on micro concrete properties, Construction and Building Materials 120, 186-197.
- [15] Koçak, Y., 2016. Süper akışkanlaştırıcı ve trasin çimento hidratasyonuna etkileri, Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 23(3), 184-192



Effect of Boron Factory Components on Thermophysical Properties of Epoxy Composite

Mustafa Dağ¹, Cenk Yanen², Ercan Aydoğmuş^{3*}

¹Karatekin University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, Çankırı, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9540-3475), mudag@karatekin.edu.tr

²Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Elazığ, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5092-8734), cyanen@firat.edu.tr

³Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, Elazığ, Turkey, (ORCID: 0000-0002-1643-2487), ercanaydogmus@firat.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1008402)

ATIF/REFERENCE: Dağ, M., Yanen, C., & Aydoğmuş, E. (2022). Effect of Boron Factory Components on Thermophysical Properties of Epoxy Composite. *European Journal of Science and Technology*, (36), 151-154.

Abstract

In this study, density, Shore D hardness, activation energy, and thermal conductivity coefficients of colemanite, ulexite, and tincal reinforced epoxy composites have been investigated. The components taken in the boron factory were ground to -100/200 mesh particle size and dried in an oven at 105 °C for 2 hours and prepared as a filler. Composite materials have been obtained by adding fillers in different proportions by mass into the epoxy resin. Shore D hardness, activation energy, and thermal conductivity coefficient of the obtained composites increased with fillers. The thermophysical properties of the composite varied according to the unique structures of colemanite, ulexite, and tincal ore. For example, these fillers can be used by using economical methods to improve the properties of the produced composite according to the intended use. According to the results obtained, boron factory components increased the density, Shore D hardness, thermal conductivity coefficient, and thermal stability of the epoxy composite. It has been understood that colemanite, ulexite, and tincal ores are effective in increasing the thermophysical properties of the epoxy composite, respectively.

Keywords: Epoxy composite, Colemanite, Ulexite, Tincal, Thermophysical properties.

Bor Fabrikası Bileşenlerinin Epoksi Kompozitin Termofiziksel Özelliklerine Etkisi

Öz

Bu çalışmada, kolemanit, üleksit ve tincal takviyeli epoksi kompozitlerin yoğunluk, Shore D sertliği, aktivasyon enerjisi ve ısı iletkenlik katsayıları incelenmiştir. Bor fabrikasında alınan bileşenler -100/200 mesh partikül boyutuna öğütülmüş ve 105 °C'de 2 saat etüvde kurutulmuş ve dolgu olarak hazırlanmıştır. Epoksi reçinesine kütlece farklı oranlarda dolgu maddeleri eklenerek kompozit malzemeler elde edilmiştir. Elde edilen kompozitlerin Shore D sertliği, aktivasyon enerjisi ve ısı iletkenlik katsayıları dolgu maddeleri ile artmıştır. Kompozitin termofiziksel özellikleri kolemanit, üleksit ve tincal cevherinin benzersiz yapılarına göre değişiklik göstermiştir. Örneğin bu dolgu maddeleri, üretilen kompozitin özelliklerini kullanım amacına göre geliştirmek için ekonomik yöntemler kullanılarak kullanılabilir. Elde edilen sonuçlara göre, bor fabrikası bileşenleri epoksi kompozitin yoğunluğunu, Shore D sertliğini, ısı iletkenlik katsayısını ve ısı kararlılığını arttırmıştır. Epoksi kompozitin termofiziksel özelliklerini arttırmada sırasıyla kolemanit, üleksit ve tincal cevherlerinin etkili olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Epoksi kompozit, Kolemanit, Üleksit, Tincal, Termofiziksel özellikler.

1. Introduction

The endless combinations of composites formed by polymers with various materials have significant advantages over other materials. While conventional materials have stable properties, composites can gain important properties according to the added additives and fillers. These combinations can give the polymer material properties suitable for all seasons. In addition, their longevity and not being affected by microorganisms further increase the variety of usage areas. Although pure polymers have important properties, new properties are still needed due to advancing technology and increasing needs. In this case, new composite materials formed by adding additives and fillers to polymer materials are helpful. In particular, both the shapes and sizes of additives and fillers also give new features. The size of additives and fillers, from nanostructures to microstructures, becomes important depending on the area used. The areas used have a wide range from the clinic to the pharmaceutical industry, from air technologies to the informatics industry [1].

Matrix, filler, and additive materials play an important role in the formation of composites. The selection of the matrix according to the area to be used and the strengthening or improvement of its properties in the desired direction with contributions is realized with knowledge and experience. The materials commonly used as the matrix in polymer composites are thermoset (epoxies, phenolics) or thermoplastic (polycarbonate, polyvinylchloride, nylon, acrylics) and kevlar, etc [2-3]. This is caused by the superior properties that epoxy resins have in having a wide range of uses. These superior properties can be said to be excellent temperature resistance, mechanical and chemical stability, curing ability, and low cost [4].

In general, different types of synthetic fibers such as glass, carbon, and aramid fiber were previously used as reinforcing elements in the production of polymer materials. However, today, due to the development of technology and meeting increasing needs, a wide range of reinforcement materials are used, ranging from inorganic additives to various wastes. In the literature, it is seen that the physical properties of composites are affected by the change in the shape and amount of inorganic additives. It has been found that as the proportions of inorganic additives in the composite increase, the matrix ratio decreases, and accordingly, properties such as thermal expansion coefficient, polymerization shrinkage, durability, and water absorption are affected in different ways [5-17]. In addition, it is a matter of curiosity how the density and porosity change according to the area to be used. Ulexite, colemanite, and tincal which are the most abundant ores in our country and are rich sources of boron in the world are among the strategic minerals. The boron, sodium, and calcium elements they contain have given these minerals different properties. Various studies are underway to take advantage of these features. In addition to increasing the usage areas of these minerals, it is important to discover their superior properties. When these minerals are examined in the literature, it is seen that they have neutron-absorbing properties, extend the life of the material, and improve the flaming point properties. In addition, some studies have shown that thermo-mechanical properties are improved [18-21]. In this context, the properties of the composite formed by the addition of these minerals in different sizes to epoxy polymer matrices are curious.

In this study, boron factory components have been used to improve the properties of composites obtained with epoxy resin.
e-ISSN: 2148-2683

Industrially important inorganic reinforcements such as colemanite, ulexite, and tincal can improve some thermophysical properties of composites. The improvement of some mechanical and thermal properties of epoxy composites makes their usage areas widespread. The physical properties of the polymer composite obtained by adding ulexite, colemanite, and tincal to epoxy resin in different grain sizes have been investigated.

2. Material and Method

Epoxy A and Epoxy B components were purchased from ADS Kimya Company (Turkey). Boron plant components used in this study were supplied from Eti Maden (Eskişehir Kırka Boron) factory. Colemanite with a density of 2.4 g/cm³, 2.0 g/cm³ ulexite, and 1.7 g/cm³ tincal were used as filler. These fillers were ground in the particle size range of 74 to 149 microns and dried in an oven at 105 °C for 2 hours. Composite materials were produced by reinforcing epoxy resin at the rates of 1.96 wt.%, 4.76 wt.%, 6.54 wt.%, 9.09 wt.%, and 13.04 wt.%. In the prepared mixture, epoxy A and the filler were mixed until homogenized (approximately 5 minutes at a mixing speed of 750 rpm). Then, epoxy B was added to the mixture in a certain amount and mixed at 1000 rpm for 2 minutes, and poured into standard molds. After waiting for 24 hours in suitable conditions for curing, necessary tests and analyses were carried out [22-26].

In Table 1, the composition of each filler separately in the mixture is expressed to produce an epoxy composite

Table 1. Experimental working plan

Epoxy A (g)	Epoxy B (g)	Fillers (g)
6.7	3.3	0.0
6.7	3.3	0.2
6.7	3.3	0.5
6.7	3.3	0.7
6.7	3.3	1.0
6.7	3.3	1.5

Figure 1 shows the method followed to produce epoxy composite in experimental studies. Here, it is very important to mix the filler homogeneously and add the additives and fillers to the mixture respectively.

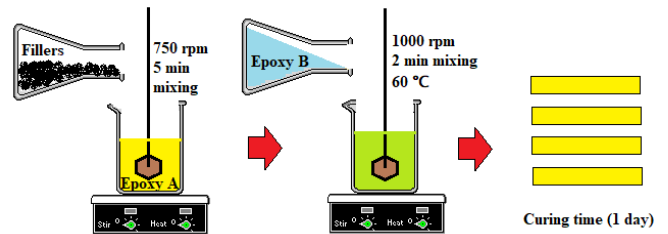


Figure 1. Experiment system for epoxy composite preparation

3. Results and Discussion

According to the results obtained in the experimental studies, the effect of colemanite on the density of the epoxy composite is given in Figure 2. As the mass ratio of the filler increased, the density of the epoxy composite also raised. It is seen that ulexite in Figure 3 and tincal ore in Figure 4 increase the density of the

epoxy composite. Colemanite, ulexite, and tincal reinforcements from large to small are effective in the density of the composite.

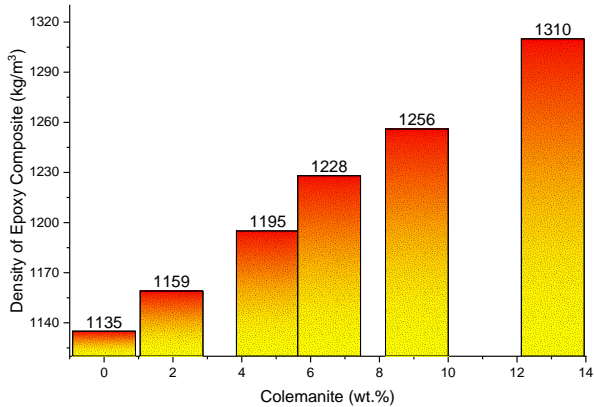


Figure 2. The effect of percent colemanite on the density of the composite

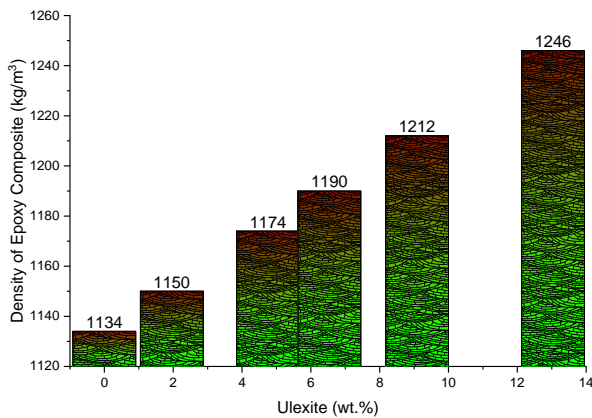


Figure 3. Variation of the density of composite with ulexite ratio by mass

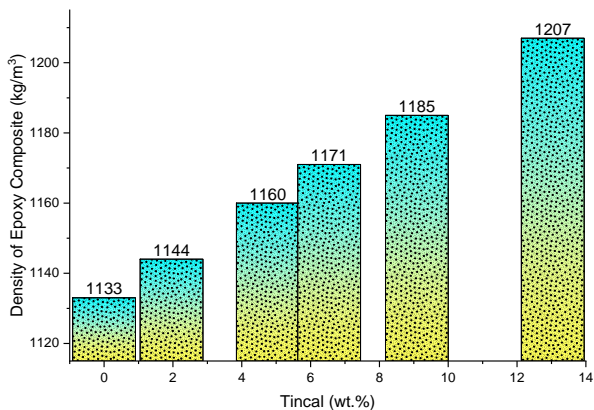


Figure 4. Variation of the density of composite with tincal ratio by mass

Shore D hardness of epoxy composites is compared in Figure 5. Colemanite increased the hardness of the composite the most and tincal ore the least. Curing time is also an important parameter when determining thermophysical properties. Especially before the Shore D hardness test, the obtained composite matrix must be cured sufficiently.

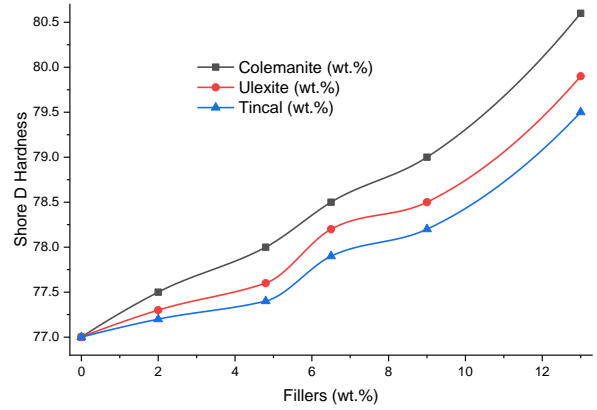


Figure 5. Variation of the hardness of composites with ratios (wt.%) of fillers

The thermal conductivity coefficients of the composites produced are shown in Figure 6. Boron factory components increased the thermal conductivity of epoxy composites. In particular, as expressed in the graph, the thermal conductivity effect of colemanite, ulexite, and tincal ores from large to small is understood.

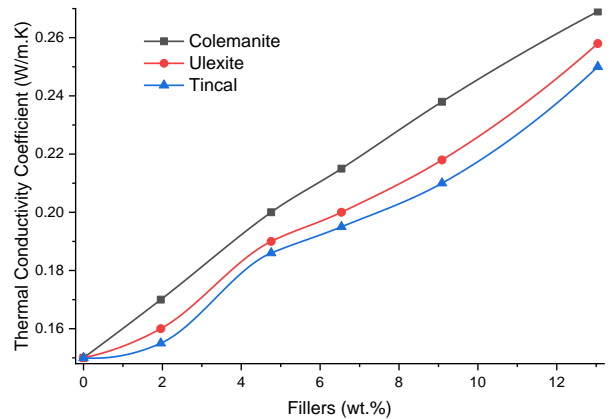


Figure 6. Variation of thermal conductivity of composites with ratios (wt.%) of fillers

4. Conclusions and Recommendations

In this study, it can be said that boron factory components can form a structure compatible with epoxy composite. However, at high rates (9 wt.%), deterioration can be seen on the composite surfaces. It can be said that the composite matrix creates a more regular structure, especially when used below this ratio. Production of epoxy composite with desired density, hardness, and thermal conductivity according to its intended use can be achieved with fillers. In addition, the activation energies of the epoxy composites obtained at the rate of 9 % by mass were compared according to the Coats-Redfern method. The highest correlation coefficient ($R^2 > 0.985$) was obtained with the diffusion control (Crank) function. The activation energies of the

composites were found to be colemanite (129.5 kJ/mol), ulexite (126.7 kJ/mol), and tincal (125.3 kJ/mol). The activation energy of the pure epoxy resin was calculated as (115.8 kJ/mol). According to the results obtained, colemanite increased the thermal stability of the composite the most and tincal ore the least [27-30].

References

- [1] N. F. Zaaba, and H. Ismail, "Polym. Plastics," *Tech. Mater.* 58, 349-365, 2019.
- [2] S. J. Park, and M. K. Seo, "Types of Composites," in *Interface Sci. Technol.*, Chapter 7, 501-629, 2011.
- [3] Q. Qin, "Introduction to the composite and its toughening mechanisms," *Toughening Mechanisms in Composite Materials.* 1-32, 2015.
- [4] M. Sogancioglu, A. Yucel, E. Yel, and G. Ahmetli, "Production of Epoxy Composite from the Pyrolysis Char of Washed PET Wastes," *Energy Procedia.* 118, 216-220, 2017.
- [5] O. I. Rufai, G. I. Lawal, B. O. Bolasodun, S. I. Durowaye, and J. O. Etoh, *Int. J. Chem. Molecular, Nucl. Mater. Metall. Eng.* 9, 2015.
- [6] I. L. Ngo, and V. A. Truong, "An investigation on effective thermal conductivity of hybrid-filler polymer composites under effects of random particle distribution, particle size and thermal contact resistance," *Int. J. Heat Mass Transf.* 144, 2019.
- [7] R. Kochetov, A. V. Korobko, and T. Andritsch, "Modelling of the thermal conductivity in polymer nanocomposites and the impact of the interface between filler and matrix," *J. Phys. D Appl. Phys.* 44(39), 395-401, 2011.
- [8] T. F. Luo, and J. R. Lloyd, "Enhancement of thermal energy transport across graphene/graphite and polymer interfaces: a molecular dynamics study," *Adv. Funct. Mater.* 22(12), 2495-2502, 2012.
- [9] L. Du, T. Shi, P. Chen, L. Su, J. Shen, J. Shao, and G. Liao "Optimization of through silicon via for three-dimensional integration," *Microelectron. Eng.* 139, 31-38, 2015.
- [10] Z. Liu, T. Shi, Z. Tang, B. Sun, and G. Liao, "Using a low-temperature carbon electrode for preparing hole-conductor-free perovskite heterojunction solar cells under high relative humidity," *Nanoscale.* 8(13), 7017-7023, 2016.
- [11] Y. Wang, C. Yang, Q.X. Pei, and Y. Zhang, "Some aspects of thermal transport across the interface between graphene and epoxy in nanocomposites," *ACS Appl. Mater. Interfaces.* 8(12), 8272-8279, 2016.
- [12] Y. Wang, C. Yang, Y. W. Mai, and Y. Zhang, "Effect of non-covalent functionalisation on thermal and mechanical properties of graphene-polymer nanocomposites," *Carbon.* 102, 311-318, 2016.
- [13] T. Y. Wang, and J. L. Tsai, "Investigating thermal conductivities of functionalized graphene and graphene/epoxy nanocomposites," *Comput. Mater. Sci.* 122, 272-280, 2016.
- [14] M. Derradji, X. M. Song, and A. Q. Dayo, "Highly filled boron nitride-phthalonitrile nanocomposites for exigent thermally conductive applications," *Appl. Therm. Eng.* 115, 630-636, 2017.
- [15] I. Jang, K.H. Shin, and I. Yang, "Enhancement of thermal conductivity of BN/epoxy composite through surface modification with silane coupling agents," *Colloids Surf. A-Physicochem. Eng. Aspects.* 518, 64-72, 2017.
- [16] M. Uluakay, H. İnan, K. Yamanel, and N. Arhun, "Kompozit Rezinler ve Polimerizasyon Büzülmesi," *ADO Klinik Bilimler Dergisi.* 5(2), 895-902, 2011.
- [17] I. L. Ngo, C. Byon, and B. J. Lee, "Numerical analysis for the effects of particle distribution and particle size on effective thermal conductivity of hybrid-filler polymer composites," *Int. J. Therm. Sci.* 142, 42-53, 2019.
- [18] İ. Bilici, B. Aygün, C. U. Deniz, B. Öz, M. I. Sayyed, and A. Karabulut, "Fabrication of novel neutron shielding materials: Polypropylene composites containing colemanite, tincal and ulexite," *Progress in Nuclear Energy.* 141, 2021.
- [19] G. Guzel, O. Sivrikaya, H. Devenci, "The use of colemanite and ulexite as novel fillers in epoxy composites: Influences on thermal and physico-mechanical properties," *Compos. Part B Eng.* 100, 1-9, 2016.
- [20] R. Orhan, E. Aydoğmuş, S. Topuz, and H. Arslanoğlu, "Investigation of thermo-mechanical characteristics of borax reinforced polyester composites," *J. Build Eng.* 42, 103051, 2021.
- [21] M. Dogan, S. Dogan, L. Savas, G. Ozcelik, and U. Tayfun, "Flame retardant effect of boron compounds in polymeric materials," *Compos. B. Eng.* 221(1), 109088, 2021.
- [22] E. Aydoğmuş, H. Arslanoğlu, and M. Dağ, "Production of waste polyethylene terephthalate reinforced biocomposite with RSM design and evaluation of thermophysical properties by ANN," *J. Build. Eng.* 44, 103337, 2021.
- [23] E. Aydoğmuş, and H. Arslanoğlu, "Kinetics of thermal decomposition of the polyester nanocomposites," *Petroleum Science and Technology.* 39(13-14), 484-500, 2021.
- [24] E. Aydoğmuş, M. Dağ, Z. G. Yalçın, and H. Arslanoğlu, "Synthesis and characterization of EPS reinforced modified castor oil-based epoxy biocomposite," *J. Build. Eng.* 47, 103897, 2022.
- [25] E. Aydoğmuş, "Biohybrid nanocomposite production and characterization by RSM investigation of thermal decomposition kinetics with ANN," *Biomass Conversion and Biorefinery.* 2022.
- [26] H. Şahal, and E. Aydoğmuş, "Production and Characterization of Palm Oil Based Epoxy Biocomposite by RSM Design," *Hittite Journal of Science and Engineering.* 8(4), 287-297, 2021.
- [27] H. Şahal, H. and E. Aydoğmuş, "Investigation of Thermophysical Properties of Polyester Composites Produced with Synthesized MSG and Nano-Alumina," *European Journal of Science and Technology.* 34, 95-99, 2022.
- [28] M. H. Demirel, and E. Aydoğmuş, "Production and Characterization of Waste Mask Reinforced Polyester Composite," *Journal of Inonu University Health Services Vocational School.* 10(1), 41-49, 2022.
- [29] M. H. Demirel, and E. Aydoğmuş, "Waste Polyurethane Reinforced Polyester Composite, Production and Characterization," *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry.* 9(1), 443-452, 2022.
- [30] C. Yanen, and E. Aydoğmuş, "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.



Investigation of Thermophysical Properties of Colemanite, Ulexite, and Tincal Reinforced Polyester Composites

Cenk Yanen¹, Mustafa Dağ^{2*}, Ercan Aydoğmuş³

¹Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Elazığ, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5092-8734), cyanen@firat.edu.tr

^{2*}Karatekin University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, Çankır, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9540-3475), mudag@karatekin.edu.tr

³Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, Elazığ, Turkey, (ORCID: 0000-0002-1643-2487), ercanaydogmus@firat.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1008386)

ATIF/REFERENCE: Yanen, C., Dağ, M., & Aydoğmuş, E. (2022). Investigation of Thermophysical Properties of Colemanite, Ulexite, and Tincal Reinforced Polyester Composites. *European Journal of Science and Technology*, (36), 155-159.

Abstract

In this research, composite material has been obtained by reinforcing colemanite, ulexite, and tincal ore from the boron factory to unsaturated polyester. The effects of these fillers, which are used in different ratios by mass, on the density, Shore D hardness, thermal conductivity coefficient, and thermal stability of the polyester composite have been investigated. According to the results obtained, as the mass ratio of the boron factory components in the mixture raised, the density, hardness, activation energy, and thermal conductivity coefficient of the polyester composite increased. Colemanite increased the density and Shore D hardness of the polyester composite more than other fillers. Besides, tincal ore raised the thermal conductivity coefficient of the polyester composite the least compared to the others. Also, the activation energy values of the polyester composite were ordered from largest to smallest as colemanite, ulexite, and tincal ore according to Coats-Redfern method. The increase in the activation energies of polyester composites is an indication of the raise in thermal stability.

Keywords: Polyester Composite, Density, Shore D hardness, Thermal Conductivity, Activation Energy.

Kolemanit, Üleksit ve Tinkal Takviyeli Polyester Kompozitlerin Termofiziksel Özelliklerinin İncelenmesi

Öz

Bu araştırmada bor fabrikasından çıkan kolemanit, üleksit ve tinkal cevheri doymamış polyestere takviye edilerek kompozit malzeme elde edilmiştir. Kütlece farklı oranlarda kullanılan bu dolguların polyester kompozitin yoğunluğuna, Shore D sertliğine, ısı iletkenlik katsayısına ve ısı kararlılığına etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre karışımdaki bor fabrikası bileşenlerinin kütle oranı yükseldikçe polyester kompozitin yoğunluğu, sertliği, aktivasyon enerjisi ve ısı iletkenlik katsayısı artmıştır. Kolemanit, polyester kompozitin yoğunluğunu ve Shore D sertliğini diğer dolgu maddelerine göre daha fazla arttırmıştır. Ayrıca tinkal cevheri polyester kompozitin ısı iletkenlik katsayısını diğerlerine göre en az yükseltmiştir. Ayrıca polyester kompozitin aktivasyon enerjisi değerleri Coats-Redfern yöntemine göre kolemanit, üleksit ve tinkal cevheri olarak büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Polyester kompozitlerin aktivasyon enerjilerindeki artış, termal kararlılıktaki yükselişin bir göstergesidir.

Anahtar Kelimeler: Polyester Kompozit, Yoğunluk, Shore D sertliği, Termal İletkenlik, Aktivasyon Enerjisi.

1. Introduction

Composite materials are designed to combine mechanical, thermal, and electrical properties not found in conventional materials. Due to their unique properties, composite materials are used in many fields, especially in aerospace, automotive, medical, and defense industries [1–8]. Composite materials consist of two main components: fiber materials that provide mechanical properties such as strength and stiffness, and matrix materials that provide load transfer to fibers [9, 10]. Composite materials are divided into three main groups polymer, metal, and ceramic matrix composites [11]. The most widely used composite material today is polymer matrix composites. Thermoset, thermoplastic, and elastomers are used as materials in polymer matrix composites.

One of the most used thermoset resins as matrix material in the production of polymer matrix composites is polyester resins. Polyester resins stand out as matrix materials that can be used in different applications thanks to their high mechanical and electrical strength, excellent adhesion properties, rheological structure, and thermal and chemical stability [12]. The use of man-made synthetic fibers such as carbon, glass, and aramid as fiber materials in composite production has increased various environmental problems because these materials are not biodegradable, expensive, and cannot be recycled [4, 13, 14]. It has been reported that around 7-10 billion tons of urban waste is produced globally every year, and 21 % of this waste consists of industrial wastes [15]. It is thought that the possible usage areas of these wastes will be found and environmental pollution will be prevented [16]. For this reason, the use of waste products and biomaterials in the production of composite materials is being studied intensively by researchers. In the study conducted by Awad and Abdellatif, marble dust wastes were used in the production of composite materials. Mechanical properties of low-density polyethylene composites were determined using 3-point bending, tension, and hardness tests. It has been reported that the mechanical properties of composite materials such as Flexural strength, compression strength, hardness and wear resistance increase with the increase of the marble dust weight percentage [17]. In the study by Vigneswaran et al., the polyester composite was produced by using red mud produced as a waste by-product of Bayer process in alumina production industries, and its mechanical properties were investigated. It has been reported that the hardness, tensile, and impact strength values increase in samples where the red mud content is reinforced up to 20 % [18].

Although there are 230 different boron compounds in nature, some of them (tincal, ulexite, and colemanite) are commercially important compounds. It has been reported that these commercially important boron mineral reserves are mainly found in a few regions of Turkey, USA, Russia, and China [19]. It is used in different fields such as glass, detergent and ceramic industry, energy, agriculture, and medicine. Many by-products that are produced in the production facilities of these minerals are considered waste and create environmental pollution. To minimize the environmental pollution caused by these wastes and to evaluate these products in different production processes, studies have been carried out where they are used in cement and concrete production [20, 21]. It has been determined that boron factory wastes are used in the production of composite materials and that they improve the thermal and mechanical properties of

composite materials and have neutron-absorbing properties [22–24].

A study involving polyester composites manufactured using tincal, colemanite, and ulexite reinforcement materials was not found in the literature. For this reason, polyester composite materials were produced by using three different reinforcement materials with different particle sizes. It is aimed to investigate the thermal, physical, and mechanical properties and compare them with pure polyester composite by changing the reinforcement material ratios in the polyester composite material.

2. Material and Method

In this study, unsaturated polyester (UP), cobalt octoate (Co Oc), and methyl ethyl ketone peroxide (MEKP) were purchased from Turkuaz Polyester. Colemanite, ulexite, and tincal ore were procured from Etimaden company in Eskişehir. These fillers taken from the boron factory were ground to -100/200 mesh particle size. In addition, after drying in an oven at 105 °C for 2 hours, it was mixed into unsaturated polyester and homogenized. Then, MEKP and Co Oc catalysts were added to the mixture and the mixture was poured into the molds. After waiting for 24 hours, some thermophysical properties of the polyester composite have been determined [25-30].

In Table 1, the experimental work plan for colemanite, ulexite, and tincal ores is given separately.

Table 1. Polyester composite preparation plan

UP (g)	MEKP (g)	Co Oc (g)	Fillers (g)
9.8	0.15	0.05	0.0
9.8	0.15	0.05	0.3
9.8	0.15	0.05	0.6
9.8	0.15	0.05	0.9
9.8	0.15	0.05	1.2
9.8	0.15	0.05	1.5

In Figure 1, the production scheme of the polyester composite is expressed. Here, the homogeneity of the filler in the mixture and the addition of catalysts under appropriate conditions are very important.

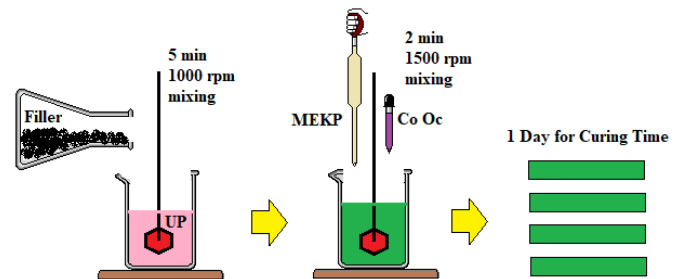


Figure 1. Experimental scheme for the production of composites

3. Results and Discussion

Figure 2 shows the effect of colemanite reinforcement on the density of the polyester composite. It is seen that the density of the polyester composite increases as the composite ratio in the mixture raises. A similar effect of ulexite in Figure 3 and tincal

ore in Figure 4 is seen on polyester composite. However, the density increase was determined the lowest in tincal ore and the highest in colemanite.

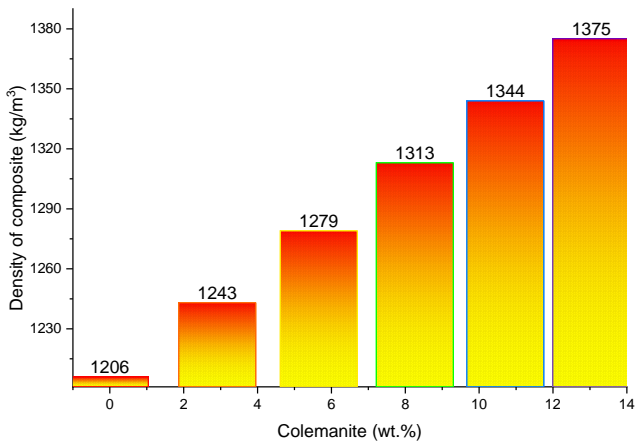


Figure 2. Effect of colemanite reinforcement on the density of polyester composite

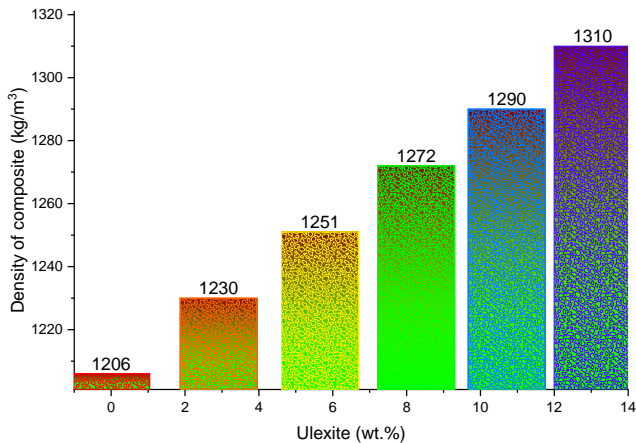


Figure 3. Effect of ulexite reinforcement on the density of the composite

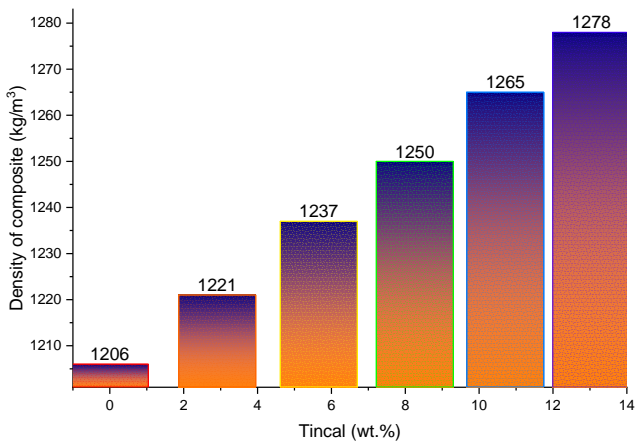


Figure 4. Effect of tincal reinforcement on the density of the composite

In Figure 5, the effect of boron factory components on Shore D hardness of the polyester composite is shown. According to the comparison in the graphic, it has been determined that there was a slight increase in the hardness of the composite. Large to small colemanite, ulexite, and tincal ore increased Shore D hardness of the polyester composite.

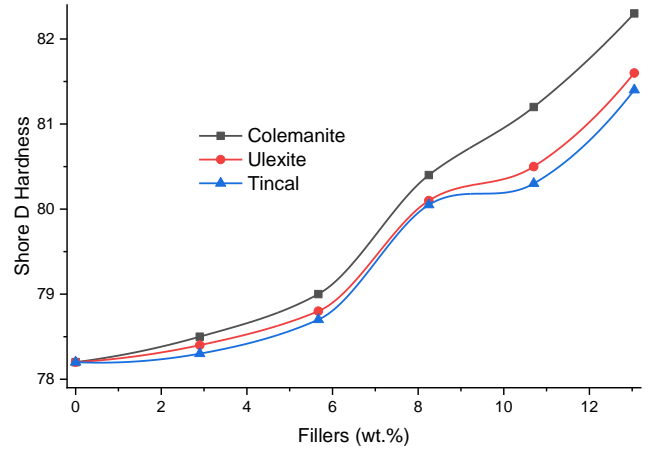


Figure 5. Effect of colemanite, ulexite, and tincal reinforcement on the hardness of the polyester composite

In Figure 6, the thermal conductivity of the composites obtained with the reinforcement of the boron factory components is compared. Colemanite increased the thermal conductivity coefficient of the polyester composite the most and tincal ore the least.

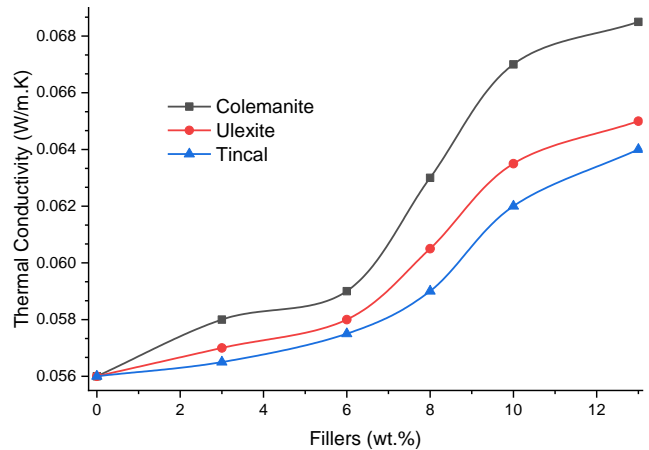


Figure 6. Effect of colemanite, ulexite, and tincal reinforcement on the thermal conductivity of the composite

4. Conclusions and Recommendations

In this study, colemanite, ulexite, and tincal ore were reinforced with unsaturated polyester resin as fillers. These fillers increased the density, Shore D hardness, and thermal conductivity coefficient of the polyester composite. While the effect of colemanite on these increases was maximum, tincal ore had a minimum effect. Besides, the thermal decomposition behavior of polyester composites was examined and activation energies were calculated. Compared to pure polyester, about 8.3 wt.% filler reinforcement increased the activation energy by 12.6 % on average. According to this result, the thermal stability of the

polyester composite was increased by the boron factory components [31-33].

References

- [1] S. Chocron, A. J. Carpenter, N. L. Scott, R. P. Bigger, and K. Warren, "Impact on carbon fiber composite: Ballistic tests, material tests, and computer simulations," *Int. J. Impact Eng.* 131, 39–56, 2019.
- [2] M. A. Abtew, F. Boussu, P. Bruniaux, C. Loghin, and I. Cristian, "Ballistic impact mechanisms – A review on textiles and fibre-reinforced composites impact responses," *Compos. Struct.* 223, 110966, 2019.
- [3] H. Ameer, S. Ahmad, Y. Nawab, Z. Ali, and T. Ullah, "9 - Natural fiber-reinforced composites for ballistic protection," in *Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering*, Y. Nawab, S. M. Sapuan, and K. B. T.-C. S. for B. Shaker, Eds. Woodhead Publishing. 229–248, 2021.
- [4] S. Dinesh et al., "Influence of wood dust fillers on the mechanical, thermal, water absorption and biodegradation characteristics of jute fiber epoxy composites," *J. Polym. Res.* 27(1), 1–13, 2020.
- [5] C. Yanen and M. Y. Solmaz, "Ballistic tests of lightweight hybrid composites for body armor," *Mater. Test.* 61(5), 425–433, 2019.
- [6] J. Jeremy Jeba Samuel, R. Ramadoss, K. N. Gunasekaran, K. Logesh, S. J. P. Gnanaraj, and A. A. Munaf, "Studies on mechanical properties and characterization of carbon fiber reinforced hybrid composite for aerospace application," *Mater. Today Proc.*, 2021.
- [7] J. Pruez, S. Shoukry, G. Williams, and M. Shoukry, "Lightweight Composite Materials for Heavy Duty Vehicles," United States, 2013.
- [8] D. K. Jesthi and R. K. Nayak, "Improvement of mechanical properties of hybrid composites through interply rearrangement of glass and carbon woven fabrics for marine application," *Compos. Part B Eng.* 168, 467–475, 2019.
- [9] M. P. Westman, L. S. Fifield, K. L. Simmons, S. Laddha, and T. A. Kafentzis, "Natural fiber composites: a review," 2010.
- [10] S. D. S. Koppaarthi and A. N. Netravali, "Review: Green composites for structural applications," *Compos. Part C.* 6, 100169, 2021.
- [11] S. Das and S. Das, "Properties for Polymer, Metal and Ceramic Based Composite Materials," M. C. Brabazon, Ed. Oxford: Elsevier. 815–821, 2021.
- [12] Q. Zhang, M. Song, Y. Xu, W. Wang, Z. Wang, and L. Zhang, "Bio-based polyesters: Recent progress and future prospects," *Prog. Polym. Sci.* 120, 101430, 2021.
- [13] P. Madhu, M. R. Sanjay, P. Senthamaraiannan, and S. Pradeep, "Sar avanakumar SS, Yogesha B," *A Rev. Synth. characterization Commer. available Nat. fibers Part-I. J Nat Fibers.* 16(8), 1132–1144, 2019.
- [14] S. Jothibas, S. Mohanamurugan, R. Vijay, D. Lenin Singaravelu, A. Vinod, and M. R. Sanjay, "Investigation on the mechanical behavior of areca sheath fibers/jute fibers/glass fabrics reinforced hybrid composite for light weight applications," *J. Ind. Text.* 49(8), 1036–1060, 2020.
- [15] K. Babu N B and T. Ramesh, "Enhancement of thermal and mechanical properties of novel micro-wear debris reinforced epoxy composites," *Mater. Res. Express.* 6(10), 105358, 2019.
- [16] R. Millati, R. B. Cahyono, T. Ariyanto, I. N. Azzahrani, R. U. Putri, and M. J. Taherzadeh, "Chapter 1 - Agricultural, Industrial, Municipal, and Forest Wastes: An Overview," M. J. Taherzadeh, K. Bolton, J. Wong, and Z. W. A. Pandey, Eds. Elsevier. 1–22, 2019.
- [17] A. H. Awad and M. H. Abdellatif, "Assessment of mechanical and physical properties of LDPE reinforced with marble dust," *Compos. Part B Eng.* 173, 106948, 2019.
- [18] S. Vigneshwaran, M. Uthayakumar, and V. Arumugaprabu, "Development and sustainability of industrial waste-based red mud hybrid composites," *J. Clean. Prod.* 230, 862–868, 2019.
- [19] K. Yünlü, "Bor bileşikleri, sentez yöntemleri, özellikleri, uygulamaları." Ankara: BOREN, 2016.
- [20] O. Gencil, W. Brostow, and C. Ozel, "An investigation on the concrete properties containing colemanite," *Int. J. Phys. Sci.* 5(3), 216–225, 2010.
- [21] U. K. Sevim, "Colemanite ore waste concrete with low shrinkage and high split tensile strength," *Mater. Struct.* 44(1), 187–193, 2011.
- [22] G. Guzel, O. Sivrikaya, and H. Deveci, "The use of colemanite and ulexite as novel fillers in epoxy composites: Influences on thermal and physico-mechanical properties," *Compos. Part B Eng.* 100, 1–9, 2016.
- [23] İ. Bilici, B. Aygün, C. U. Deniz, B. Öz, M. I. Sayyed, and A. Karabulut, "Fabrication of novel neutron shielding materials: Polypropylene composites containing colemanite, tincal and ulexite," *Prog. Nucl. Energy.* 141, 103954, 2021.
- [24] R. Orhan, E. Aydoğmuş, S. Topuz, and H. Arslanoğlu, "Investigation of thermo-mechanical characteristics of borax reinforced polyester composites," *J. Build. Eng.* 42, 103051, 2021.
- [25] E. Aydoğmuş, H. Arslanoğlu, and M. Dağ, "Production of waste polyethylene terephthalate reinforced biocomposite with RSM design and evaluation of thermophysical properties by ANN," *J. Build. Eng.* 44, 103337, 2021.
- [26] E. Aydoğmuş, and H. Arslanoğlu, "Kinetics of thermal decomposition of the polyester nanocomposites," *Petroleum Science and Technology.* 39(13–14), 484–500, 2021.
- [27] E. Aydoğmuş, M. Dağ, Z. G. Yalçın, and H. Arslanoğlu, "Synthesis and characterization of EPS reinforced modified castor oil-based epoxy biocomposite," *J. Build. Eng.* 47, 103897, 2022.
- [28] E. Aydoğmuş, "Biohybrid nanocomposite production and characterization by RSM investigation of thermal decomposition kinetics with ANN," *Biomass Conversion and Biorefinery*, 2022.
- [29] H. Şahal, and E. Aydoğmuş, "Production and Characterization of Palm Oil Based Epoxy Biocomposite by RSM Design," *Hittite Journal of Science and Engineering.* 8(4), 287-297, 2021.
- [30] H. Şahal, H. and E. Aydoğmuş, "Investigation of Thermophysical Properties of Polyester Composites Produced with Synthesized MSG and Nano-Alumina," *European Journal of Science and Technology.* 34, 95-99, 2022.
- [31] M. H. Demirel, and E. Aydoğmuş, "Production and Characterization of Waste Mask Reinforced Polyester Composite," *Journal of Inonu University Health Services Vocational School.* 10(1), 41-49, 2022.

- [32] M. H. Demirel, and E. Aydoğmuş, “Waste Polyurethane Reinforced Polyester Composite, Production and Characterization,” *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*. 9(1), 443–452, 2022.
- [33] C. Yanen, and E. Aydoğmuş, “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



Determination of Gamma-Ray Abundance in Photopeaks with Analytic and Numeric Approaches via CERN's ROOT Analysis Framework

Ilker Can Celik^{1*}

^{1*} Harran University, Faculty of Art and Science, Department of Physics, Sanlıurfa, Turkey, (ORCID: 0000-0002-2320-6584), ilkeran0066@harran.edu.tr

(1st International Conference on Applied Engineering and Applied Natural Sciences ICAENS 2021, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1107756)

ATIF/REFERENCE: Celik, I. C. (2022). Determination of Gamma-Ray Abundance in Photopeaks with Analytic and Numeric Approaches via CERN's ROOT Analysis Framework. *European Journal of Science and Technology*, (36), 160-167.

Abstract

For years in gamma-ray spectrometry, there have been numerous numeric methods implemented and dedicated to integrate the photopeak areas. With the advance of new technology and software, determination of peak areas has been digitized. In addition, new statistical approaches have given diverse perspectives in analysing the experimental data. In this case study, Maestro software was used to extract the experimental gamma-ray data from radioactive ⁶⁰Co source. In general, analysts have been challenged by the calculation of background area under certain gamma-ray peaks when there are especially low counts. For instance, this problem leads them to find different net area values in various accuracies for the same peak. Therefore the precision of determination based on different statistics might affect the results. The systematic error, which is caused by the shapes and models of the background estimation, has been investigated by CERN's ROOT software. This detailed analysis of digital data from NaI(Tl) scintillation detector has been tabulated with its comparisons in various modern analytic methods and numeric approaches dated back to 1960s and 1970s.

Keywords: Gamma-ray spectrometry, photopeak, Maestro, ROOT, background estimation, net area.

Farklı Analitik ve Nümerik Yöntemlerle Fotopiklerdeki Gama Işını Miktarının CERN'ün ROOT Analiz Programıyla Hesaplanması

Öz

Yıllardır gama ışını spektroskopisinde, fotopik alanlarının integrasyonu için birçok nümerik yöntem geliştirilmiştir. Yeni gelişen teknoloji ve yazılımlarla, fotopik alanlarının hesaplanması dijital ortama aktarılmıştır. Ek olarak, yeni istatistiksel yöntemlerde deneysel verinin analiz edilmesinde farklı bakış açıları sağlanmıştır. Bu örnek çalışmada, Maestro yazılımı radyoaktif ⁶⁰Co kaynağından deneysel verinin alınması için kullanılmıştır. Genel olarak, düşük sayım sayısı olan durumlar belirli piklere ait taban sayımı hesaplamalarında analiz yapanların işini zorlaştırmaktadır. Örneğin, bu sorun onların aynı pik için farklı duyarlılıklarda net alan hesaplamalarına yol açmıştır. Bu yüzden, farklı istatistiksel yaklaşımlara bağlı bulunan doğruluk paylarının sonuçlara etkileri olacaktır. Taban sayımının hesabında kullanılan şekiller ve modellerden kaynaklanan sistematik hatalar, CERN tarafından geliştirilen ROOT yazılımı ile araştırılmıştır. NaI(Tl) sintilasyon detektörü ile yapılan bu dijital verinin detaylı analizi, 1960 ve 1970'lere uzanan nümerik metotlar ve modern analitik metotlarla karşılaştırılmalı olarak tablo halinde verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gama ışını spektroskopisi, fotopik, Maestro, ROOT, tabansayımı tahmini, net alan.

* Corresponding Author: ilkeran0066@harran.edu.tr

1. Introduction

Statistics in counting gamma-rays in specific are unavoidable mathematical concept which nuclear physicists will encounter naturally. In most laboratories, nuclear physicists investigate randomly decaying radioactive substances. In addition to the counting process, this randomness also requires a statistical approach by nature. Therefore, all measurements become indeed just an estimate of a decay rate. In gamma-ray spectroscopy, counts versus channel number plots in a raw data are the first to analyse. Then, this raw data can be calibrated in terms of energies. For this study, analysis will be processed on channel numbers for the simplicity. Every measured rate in each event can be related directly and proportionally to the number of atoms in the radioactive source to define the activity. The integration of peak area measurements, namely the total counts under full gamma-ray peaks, is the main input to reach the activity of any radioactive substance. Some of the theoretical tools for this investigation have been different versions of Covell methods [1,2,4,5,8] and Total Peak Area (TPA) methods [2,3, 4, 6,7,8]. For this study, the ROOT coding via fittings by using Gaussian functions for the peak and polynomial functions for the background will be used to modernize the old procedures. For this perspective, standard deviation, coverage factor and confidence limit concepts will be introduced to make the future analyses more efficient and user friendly.

2. Methods

In general, main issue of integrating a peak area in gamma-ray spectroscopy was the background estimations for the peaks under overlapping circumstances. It is because statistics takes place in error calculations and every method has pros and cons in this perspective. However, gross area calculation is quite straightforward as it suggests taking all the counts under certain peak limits. For the rest of the article, the letter A will stand for either net count or net area under a photopeak. To show the count number, the letter a with subscript to denote the corresponding bin number will be used. The lower and upper limits of the peak region are shown as L and U.

Covell Method

In early years of statistical analysis digital gamma-ray spectrometry, Covell introduces us a pretty straight forward method to estimate the net counts under a photopeak. Then, this simple but elegant formula transformed itself to new forms. Let's start with Covell's original idea. According to Gilmore [6], Covell suggested to locate the highest counts in channel at first and then marking the lower and upper limits of the peak region as equal number of channels away from the centremost channel. However, this method had its own obstacles when there are overlapping peaks nearby in the usage of detectors with low resolutions. The spectrum in this article was also taken from NaI(Tl) detector. In the original Covell's method, the formulation was summarized as follows [1]:

$$a) \quad A = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i + \sum_{i=1}^n b_i - [(2n + 1) \times \frac{(a_n + b_n)}{2}]$$

where a_0 is the highest number of accumulated counts in the centermost channel, a_i is the count in channel i in the low amplitude side of the peak whereas b_i corresponds to the count in channel i in the high amplitude side of the peak. Covell estimated the peak in approximately Gaussian shape with the total of $2n+1$ independent bins. Then, the variance of the A term can be calculated as follows:

$$Var(A) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i + \sum_{i=1}^n b_i + [(\frac{2n+1}{2})^2 \times (a_n + b_n)]$$

However, Gilmore's interpretation of the Covell method was slightly different than the original approach as follows [6]:

$$b) \quad A = \sum_{i=L}^U a_i - [(U - L + 1) \times \frac{(a_{L-1} + a_{U+1})}{2}]$$

Thus, the variance of the net area can be stated as below.

$$Var(A) = \sum_{i=L}^U a_i - [(\frac{U-L+1}{4})^2 \times (a_{L-1} + a_{U+1})].$$

Here, the gross area was the sum of all counts under the bin interval between L and U on the uncalibrated spectrum as shown in Figure 1 for the guidance. On the other hand, the background area was calculated by taking the mean count of one adjacent bin outside the peak region instead of the last bins on both end of the peak. Since the different interpretation and the perspective of the formula matters in statistics, other forms of the Covell's equation should be emphasized here. One of them was as follows [5]:

$$a) \quad A = \sum_{i=-n}^n a_i - [(2n + 1) \times \frac{(a_n + a_{-n})}{2}]$$

where n is the number of channels on each side of the channel zero with maximum number of counts (a_0). Thus, this equation suggests that the variance can be written as below:

$$Var(A) = \sum_{i=-n}^n a_i + [(\frac{2n+1}{2})^2 \times (a_n + a_{-n})]$$

Then, the second interpretation was shown as below [5]:

$$b) \quad A = [a_0 + \sum_{i=1}^{n-1} (a_{-i} + a_i)] - [(2n - 1) \times \frac{(a_n + a_{-n})}{2}]$$

Then, the variance may be written as:

$$Var(A) = N + [(n - \frac{1}{2}) \times (n + \frac{1}{2}) \times (a_n + a_{-n})] \text{ or}$$

$$Var(A) = [a_0 + \sum_{i=1}^{n-1} (a_{-i} + a_i)] + [(\frac{2n-1}{2})^2 \times (a_n + a_{-n})]$$

Lastly, the third variation of the Covell's formula was [5]:

$$c) \quad A = [\sum_{i=-(n-1)}^{n-1} a_i] - [(2n - 1) \times \frac{(a_n + a_{-n})}{2}].$$

which leads to the variance in a new form as shown below:

$$Var(A) = \left[\sum_{i=-(n-1)}^{n-1} a_i \right] + \left[\left(\frac{2n-1}{2} \right)^2 \times (a_n + a_{-n}) \right]$$

In all these forms of the same Covell method tries to gives diverse forms of the intensity of the radiation detected by the detection system. It's clear that all agrees on the total number of the counts under the peak, namely the gross area. In terms of background counts, all the calculations are following the same procedure except method b.

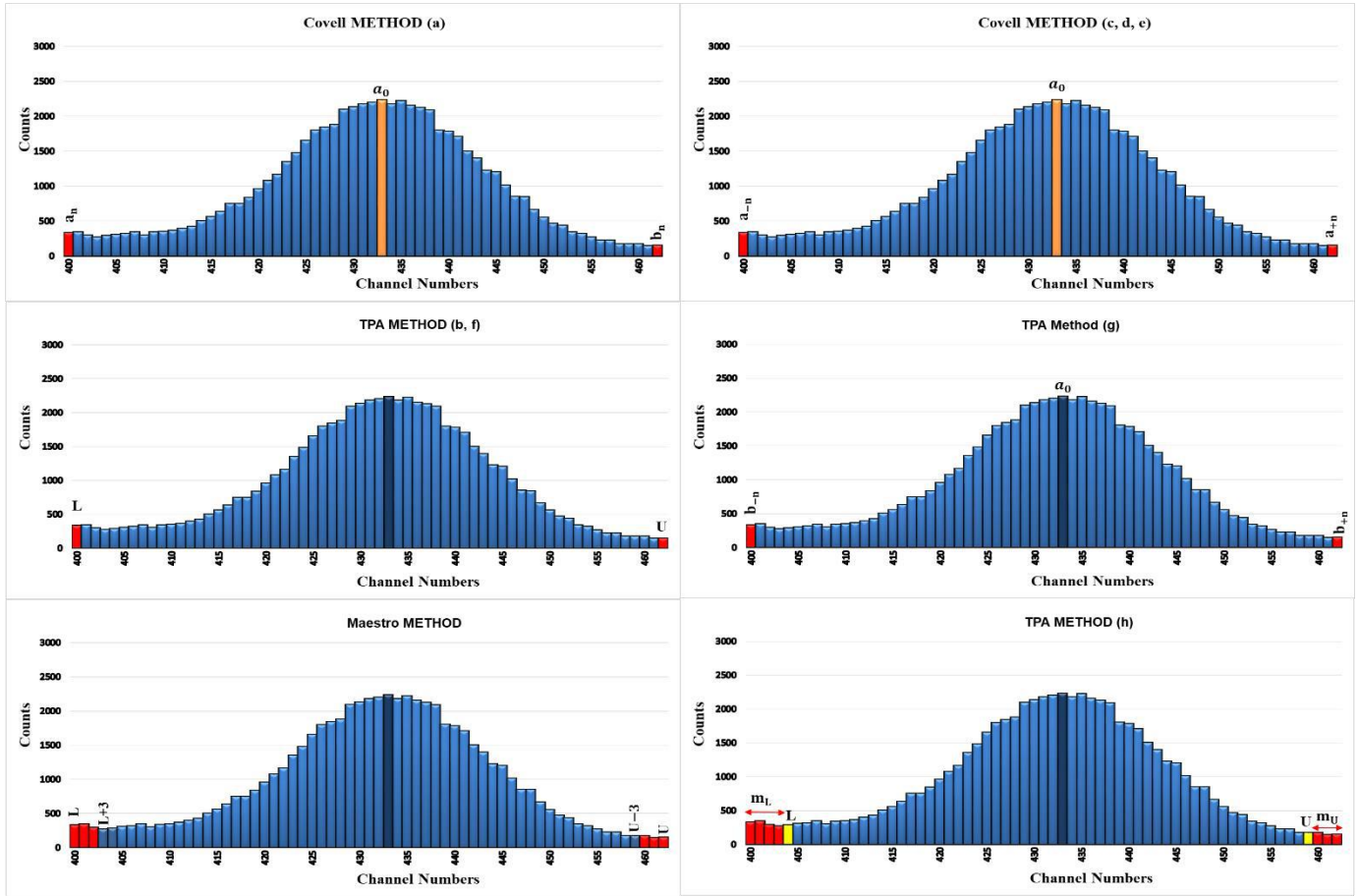


Figure 1: Visualization of different digital methods on an uncalibrated spectrum in various perspectives.

At this step, Gilmore proposes taking the first bin immediately beyond the peak limits. Ultimately, they all use the trapezium area beneath the peak. The interesting fact is the way how the variances are constructed differently as a formula. They all left the last bins on both ends of the peak separately, so the weight of the term $(a_n + a_{(-n)})$ manifests itself among the other equally weighted bin contents in evaluating the relative precision of the magnitude of the net area, i.e. $(\frac{\sqrt{Var(A)}}{A})$. For instance, the ratio of $(\frac{2n-1}{2})^2$ shows the disproportion in statistical weight. If the statistics and the ratio of the signal to background in the experiment are low, it's proven that the relative precision is better with more channel number covered by the peak. However, it's also known that the precision of the net area will not be badly affected by the accidental fluctuations of the weights in these extreme channels if the statistics are good enough [5]. In addition to Covell's original method stated here in equation 1, he also suggested the stripping method and the fraction method in his article [1], but these details will not be mentioned here. More advance calculations for finding the net area done by Sterlinski in 1968 [5] suggested to represent the radiation intensity in different size of discrete blocks of n where it represents the total channel number on both sides of the peak. The details can be found in its article. In conclusion, all these efforts are to decrease the coefficient of variation, namely the precision, in calculations.

TPA Method

Similarly to the Covell, the TPA method may give similar results and equations when the peak shape is assumed to have symmetrical Gaussian distribution. Here is the first suggested TPA formula [3,4,7,8]:

$$d) A = \sum_{i=L}^U a_i - [(U - L + 1) \times \frac{(a_L + a_U)}{2}]$$

The variance of this equation is as stated below:

$$Var(A) = \sum_{i=L}^U a_i + [(\frac{U - L + 1}{2})^2 \times (a_L + a_U)]$$

At first sight, it looks the same as the equation c for the Covell's method. The upper (U) and the lower (L) channel number at both hand of the photopeak were used to determine the total counts under the photopeak. However, it doesn't clearly state that the channel (bin) numbers have to be equal on both side of the centroid of the peak as symmetric Gaussian shape suggests. Since testing the shape of a peak is not the aim of this article, there will be no comment on a symmetry or asymmetry of a peak shape at this time. Later on, TPA method was modified by Wasson [4, 7] in private discussions as written below.

$$e) A = \sum_{i=-n}^n a_i - [(2n + 1) \times \frac{(b_n + b_{-n})}{2}]$$

where $(b_n + b_{(-n)})$ notation was used to differentiate the background counts in the last channels, denoted by $\pm n$ as subscript, on both side of the peak as determined from a straight line fit between the left and the right end channels. This was the detailed part of Wasson's modification because previous calculations took directly the content of the last bins as an example of $(a_n + a_{(-n)})$. That's one comparison aspect of it. The variance of the Wasson's modification can be stated as below:

$$Var(A) = \sum_{i=-n}^n a_i + [(\frac{2n + 1}{2})^2 \times (b_n + b_{-n})]$$

Another detail was that this method clearly indicated the symmetrical shape of a Gaussian function due to equal number (n) of channels on both side of the centremost channel of the peak. On the other hand, Gilmore came up with more flexible approach in the case of peak overlapping for low energy resolution detectors. In this method, the background count approximation was done by the user dependent channel number on both side of the peak region

beyond its limits. Therefore, it might resemble the extended version of the equation b as the following [6]:

$$f) \quad A = \sum_{i=L}^U a_i - [(U - L + 1) \times \frac{(\sum_{i=L-m_L}^{L-1} a_i + \sum_{i=U+1}^{U+m_U} a_i)}{(m_L + m_U)}]$$

The variance of this equation is shown as indicated below:

$$Var(A) = \sum_{i=L}^U a_i + [(\frac{U-L+1}{m_L+m_U})^2 \times (\sum_{i=L-m_L}^{L-1} a_i + \sum_{i=U+1}^{U+m_U} a_i)]$$

Here, Gilmore's TPA method introduces two new parameters as m_L and m_U to describe the extended bin numbers outside the peak area depending on the user's choice. This choice should be made by an investigation of neighbouring peaks. Thus, the analyst could be somehow flexible in terms of choosing different bin numbers on each side of the peak of interest. Another difference from the original Covell method was that Covell's background bins were the last bins within the peak region instead of outside the peak limits. While Figure 1 indicates how to perform the Gilmore's TPA method shown in equation h, it also emphasizes the effect of different bin numbers, namely m_L and m_U , for the estimation of the background region for a peak. It's known that the uncertainty after 3 bins starts to be stable [6, 10]. Therefore, the percentage in relative standard deviation when selecting more than 3 bins for the background calculations will not alter the results so much. For that reason, software like MAESTRO uses 3 channels symmetrically on both sides of the peak by default for its background calculation. Maestro gives also the option to set this number differently, but it's not variable as in the m_L and m_U values. They are always equal.

The Calculation behind the Maestro Software

The details of the working principle and the usage of Maestro software can be checked from its manual [9]. Here, only the calculations written by the Maestro manual will be mentioned. Note that the Maestro software results from its region of interest (ROI) report given by the program itself does not match with its manual calculations as stated below! This has to be checked by their authorities. For the net counts under the selected ROI was calculated as follow [9]:

$$g) \quad A = \sum_{L+3}^{U-3} a_i - [(U - L - 5) \times \frac{(\sum_{i=L}^{L+2} a_i + \sum_{i=U-2}^U a_i)}{6}]$$

Thus, the variance of the net counts was written as below:

$$Var(A) = \sum_{L+3}^{U-3} a_i - \left[\left(\frac{(U - L - 5)}{6} \right)^2 \times \left(\sum_{i=L}^{L+2} a_i + \sum_{i=U-2}^U a_i \right) \right]$$

As said earlier, the Maestro software set the total number of channels as 3 on both sides of the peak region. For this reason, the software calculated the net area within the channel range of $U-L+1-6$. In that way, it removes the 6 channels in total from the user's peak limit selection in the case of overestimation while there is a neighbouring peak. Note that the Maestro software starts its channel number from zero. Thus, make sure the channel numbers in all other analysis match with each other.

Background Knowledge in Data Counting in Gamma-ray Spectroscopy

In the contemporary methods, the first assumption was about the shape of the curves in gamma-ray spectroscopy. Statistically in worldwide, the Gaussian shape for the signal was regarded as the most common function to implement. However, the Binomial and the Poisson distributions can be tested if needed. There are possibilities these distributions may also apply sometimes [6]: By nature, the radioactive decay possesses binomial character due to its duality about decaying or not decaying in a given time. Also, the frequency of the observation does not affect the probability of a radioactive source throughout counting. Each atom is independent from each other's decaying. As a contribution to this statement, Sterlinski [5] stated that one of the approximations was the events were independent in each channel of the detection

system. At this diversity, Gilmore also stated if the total decay number is unknown, then the Poisson distribution may statistically apply to these events. However, there is mathematically surprising fact which suggests the expected count will be non-zero in the case of no detection [6].

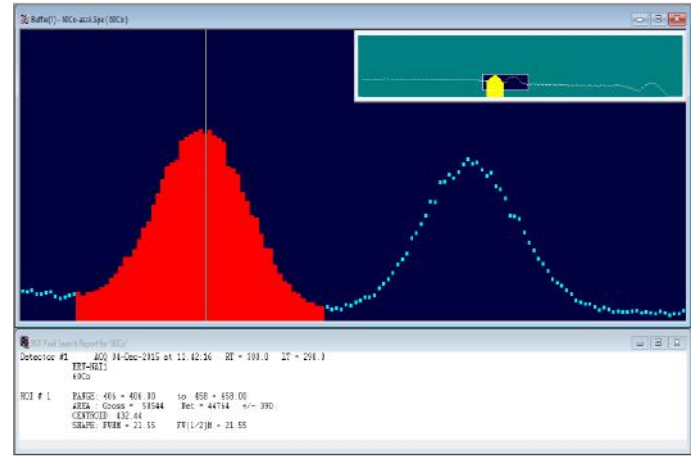


Figure 2. Visualization of a peak selection and its report in Maestro software on an uncalibrated spectrum.

Finally after some approximations and the details in counting time, total counts, signal to background ratio and detection efficiency, the agreement in representing the signal function can be settled down mostly on the Gaussian form. According to some papers mentioned in Kokta's article [7], the analyst should trust more on the real measurements by the analysis device and the detectors in the spectrum. It's because there might be undistinguishable theoretical impracticability due to time instability of the measuring device, Compton scatterings structure in counts contributed from higher energetic areas on to the low energy region, possible energy calibration errors and many others. Therefore, some modifications on Gaussian function were even suggested and experimented on the data in that article.

Suggested Contemporary Method in This Study

One important thing was that the peaks under investigation should normally be tested for their statistics in count numbers, so that the desired functions can be fitted. For instance, if the background to signal ratio is high, then we may have no sufficient statistics to fit the data as Maestro software is designed to give warning at this kind of occasions. Here in Table 1, the data does not have problem about this issue. For the analysis, some scientists do the analytical analysis through the data via the histogram, and others model the data distribution for a given channel limits via functions. All the methods explained above are regarded as the analytical bin to bin analysis. In gamma-ray spectroscopy, many methods and perspectives were devoted to find either the integration of the net peak area or the approximation of the accurate and precise background area. While the real data calculations in discrete values as counts of each individual bins at certain channels in a histogram of a spectrum stay on the more trustworthy side, the approximations in numerical calculations by fitting some well modelled functions give much broader flexibility and predictability to some very complex calculations. In this sense, both methods have their own advantages. Particularly, suggested method in this article is based on to model the signal shape as a normalized Gaussian function (gausn) and background shape as a polynomial function (polN) at different degrees depending on the user's preference. This is because different shapes of background other than the straight line can significantly alter the accuracy of the integrated net area values [5]. In conclusion, a computer program in C++ is written to run by the ROOT as a data visualization tool created by CERN. In this open-source data

analysis framework, everything can be coded as a user friendly and interchangeable way by the coder. The ROOT has predefined and user defined functions already given out for the convenience. For fitting, it has also various techniques and classes to test different results for the best of the analyst's interest. Before explaining the procedure, I'd like to emphasize that there might be two common cases to encounter in the gamma-ray spectrum. In the first scenario, there might be one solely standing peak. For the rest of the situation, there will be more peaks in a close range with overlaps. In this later case, it's hard to eliminate the extra contributions from each other while there are already other technical details, but only the digital integration issues and ideas will be dealt with here. One single peak case will be skipped here due to its simplicity. Firstly, the mathematical model which the code was implemented on has one total function constituted by two normalized Gaussian functions and one polynomial function at adjustable degree. This code is tested on two well-known peaks of ⁶⁰Co around 1173keV and 1332keV gamma-ray energies. All the analysis is processed on uncalibrated data, so the abscissa throughout the analysis represents the channel number, namely the bin number of the histogram in the spectrum. For the background estimation, the broken line method with the first order polynomials was used. Thus, there will be two separate straight lines individually, which will be seen in Figure 3, for each peak's background. In this method, three coordinates were recorded as x and y data points. First x₁ and y₁ coordinates represent where the left limit of the first peak started. Then, the second x₂ and y₂ coordinates are where the two peaks intersect together. The last x₃ and y₃ coordinates show the point where the second peak in higher energy fades out before stabilizing with the background level. This is namely the right edge of the second peak. This coordinates can be captured even by eye after zooming the corresponding area in the spectrum. This is also called an initialization step for the parameters, so the fit will go smoothly.

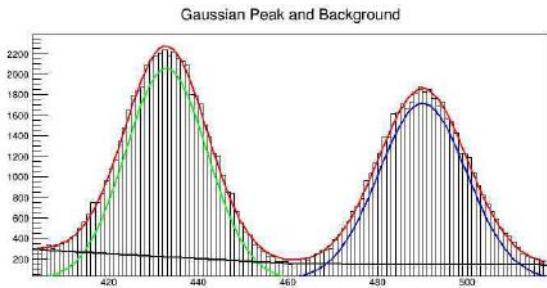


Figure 3. Broken line method with first order polynomials in the ROOT.

As a second step, the initialization values of the parameters for the two normalized Gaussian functions (gausn) should be set. The values in brackets [] in the equations below indicate certain parameters. The gausn function can be written as:

$$gausn(x) = [area] \times \frac{e^{-0.5 \times \left(\frac{x-[mean]}{[sigma]}\right)^2}}{[sigma] \times \sqrt{2\pi}}$$

It's known that the integration of a Gaussian function can be given as follows:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} [height] \times e^{-0.5 \times \left(\frac{x-[mean]}{[sigma]}\right)^2} dx = [height] \times [sigma] \times \sqrt{2\pi}$$

When this integration is normalized to the value of 1, then the [area] in gausn function can be regarded as a new parameter to extract from the fit. What fitting gausn instead of gaus on a real data gives is the convenient way of retrieving the area and its error directly from the new parameter in hand. In addition to that, it will correspond to the integration from +∞ to -∞. In the case of defining Gaussian functions instead, an integral function has to be called in the ROOT for the numerical analysis where we can

retrieve both the area and its error in a more complicated way. This is because the covariance and correlation matrices will be in place to get the errors in the calculations. In the programming perspective, this only means more lines in the code more than a problem. The integral function in the ROOT can be used in the case of both Gaussian and gausn function while representing the signal. However, the detail of the difference in the usage might matter for the efficiency and practicability for the user. In the usage of Gaussian, the integral within certain peak limits gives the fraction of the area. This part has similarities with the reduction method by getting the fraction of the peak mentioned by Covell [1] and another method called partial peak area method by Kennedy [10]. However, they both used the summation values of discrete values in terms of counts in a specific channel range. In the usage of gausn, the net area does not need a correction for the full coverage. Since the usage of integral symbolise the continuity, any x axis range at any two random points can be calculated easily. This x values do not need to be integer values unlike channel numbers. To correct the fraction of the area while using integral with Gaussian function, z score transformation in statistics can be used. The z score when finding the proportion of the selected area is equal to $\frac{x-mean}{sigma}$ [11]. Instead of looking up this value from z score tables, some predefined statistical functions in the ROOT can be benefited as follows:

- Cumulative distribution function of the normal distribution for the lower tail:

$$normal_cdf(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

- Complement of the cumulative distribution function of the normal distribution for the upper tail:

$$normal_cdf_c(x) = \int_x^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

- Error function: $erf(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \times \int_0^x e^{-t^2} dt$

- Complementary of error function: $erfc(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \times \int_x^{+\infty} e^{-t^2} dt$.

The combination of z scores for the x coordinates of the peak limit and the special statistical functions stated above provides the correction ratio for the retrieval of the whole area. Usually, this alters the outcome a little if there is no adjacent peak nearby in the range of interest. However, it matters in the case where the user restricts the limits in the integral due to overlaps. This correction factor is also mentioned in probability intervals and confidence limits section as a table by Gilmore [6].

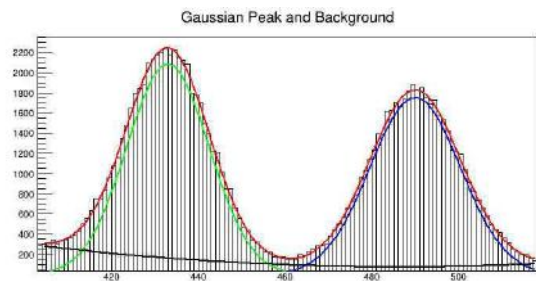


Figure 4. Second order polynomial fits for the background in the ROOT.

In the second part of the analysis, second order polynomial function was used to represent the background as shown in Figure 4. Note that the background line in gamma-ray spectra follows the declining trend giving the impression of trapezoid area along the x axis. This is due to the different contributions from higher energetic peaks to the lower part of the spectrum. To estimate the

proportion of all these contributions may not be feasible because of unequally distributed case in each peak along the way. With regard to the broken line method, the usage of a straight line as a background might be sometimes either an underestimation or an overestimation depending on the shape of a higher degree polynomial background. At that point, Sterlinski suggests that when the peak limit range is short, the background tends to be the straight line [5]. However, it deviates from this structure for the increased interval. That also means the curvature from the secant between the limits of a photopeak becomes apparent in higher energies due to the broadening. Thus, it will be wise to compare different polynomial degrees for presenting the background. In this article, only first and second degrees (pol1 and pol2) will be mentioned. For the ROOT fits, the Migrad algorithm was used by default in Minuit2 library. For details, the ROOT website can be visited. The total function consisting of 2 gauss and polN function was modelled to fit on a real data to extract all information about the peaks. For the broken line method, some parameters, such as breaking point coordinates between the two peaks and the slopes of the background lines under each peak were set as fixed parameters for ROOT to handle the fitting procedure correctly. Thus, errors of the background parameters were zero, so the background integral error was as seen in Table 1.

3. Conclusions and Comments

Overall result gives the impression that there might be more additional implementations in the future in this field. Especially, the combination of C++ and the ROOT has list of other possible predefined algorithms for least-square and likelihood fits. They also gives the flexibility to a pro-user to build its own algorithms if needed. If remembered, the main goal is to reach the estimated net area under a desired peak. Despite that, the core issue was unpredictable nature of the backgrounds and all the other unavoidable contributions to them. In terms of gross counts calculated directly from a histogram in methods from a to i, the results gave similar values apart from method d and e in the Table 1. That's because the coverage range for those was set from bin number $-(n-1)$ to $+(n-1)$. Therefore, they rejected the counts in the very last bins on each side of the peak by resulting in lower values. When these analytical results were compared with the numerical results of the ROOT fittings with pol1 and pol2 backgrounds, gross area values gave almost equal outcomes. Maestro software, on the other hand, deducted 3 bins on both sides of the peak limit. This was indeed the adjusted gross area value in its manual rather than the same gross area value found in method from a to c and from f to h. In terms of errors in gross counts or gross areas, all results were consistent on giving the same variances. The same pattern was seen on the outcomes of the second peak for the gross area. The ROOT fits gave still the similar answers no matter the pol1 or pol2 was used in the total function for the fitting procedure. On the background side, Gilmore's method in equation b gave lower counts because of the two bins it selected to average the background count per bin. Then, it was multiplied by the same total bin number as the other methods. However, it gave just 4% less result for the background. Method d and e represents the same background values. In comparison to method a and c, they consist extra counts coming from the last bin numbers on each side of the peak. This makes the difference in their background equations. While the background coefficient is $\frac{(2n+1)}{2}$ in method a and c, this factor is $\frac{(2n-1)}{2}$ in method d and e. However, these will not affect the result for the net counts in method a, c, d and e. This is

because they are just different forms of the same equation overall. For the TPA methods in f, g and two different cases in method h, the methods f and g had different interpretations in a way how they were constructed. In method f, the symmetric Gaussian shape of the data does not appear clearly in the equation. Only the lower and upper limits were known. However, the method g gave the impression of a symmetrical nature by noting the equal number of channels as n on both sides of the mean value. As to background counts, method a, f and g have the same values due to the usage of the same procedures for the background. One drastic change comes about in the calculation of Gilmore's background equation. According to Gilmore's method, analyst can decide the total number of bins on both side of the peak to find the average count per channel. They were stated as m_L and m_U . This decision was based on how close other peaks were to the range of interest. If there was no adjacent peak nearby, more bins could be averaged on both sides. Otherwise, the limitation on the bin number depends on the right or left side with overlapping peak. Thus, the left and the right side might not always have the same number of bins in total for the background calculation. That's why these two different variable as m_L and m_U were introduced in the equation h. Notice that this average value for the background was still multiplied by the same total number $(U-L+1)$ similar to the method f and g. In Table 1, method h had two options for the m_L and m_U as an example. Even this little change affected the answer in background counts. Therefore, it's safe to say that it will be crucial to test some different values until the results give closely related comparison with the previous methods from a to g. While comparing the results of peak 1 and peak 2, peak 2 gives interestingly much closer values to the other methods. Thus, this feature might not be generalized to all peaks. It can give better approximations in different occasions from peak to peak. For the ROOT fit values, background results were pretty good with broken line method, namely in the usage of the pol1 function. However, the pol2 function in the model gave underestimated values due to the downward direction slope instead of declining trapezoid line. That means the deviation was too much. Gilmore's approach in the background calculation in method h was closer as the bin number for m_L and m_U increases in total. When that happened, results indicated similarity with Maestro method in equation i. This is because Maestro method uses 6 bins to estimate the average counts per bin for the background. After interpreting gross and background counts and their estimations, the net area results were reached easily. Except the method h, they all agreed on pretty much the same values for the net total. Despite this, method h gave around 6% lower estimations in the example. Thus, the best solution for this method can only be found by comparing with other methods with different m_L and m_U values. Otherwise, it might easily lead to a wrong approximation. In the ROOT fit side, the net area results were the same between the one taken from gauss parameter and the one calculated directly from corrected integral values in a certain range. These results in fitting proved that the corrections as stated in the Table 1 were crucial when integrating the area with Gaussian function instead of gauss. The net area results when pol2 background function was selected approved the overestimation in comparison to other methods. It was clear to see the fact that pol2 shape lowered the total counts under the peaks. Thus, the net area came up as a higher value in the estimations.

Last but not least, last column in the Table 1 shows the proportion of background counts to the signal.

Table 1. The Results of all the Methods

	Methods	Gross Counts or Area	$\sqrt{\text{Variance}}$	Background Counts or Area	$\sqrt{\text{Variance}}$	Net Area or Counts	$\sqrt{\text{Variance}}$	Correction Factor %	Background to Signal Ratio %
Peak 1	Covell (a)	59985	245	12934	618	47051	665	0.99900	27.5
	Covell (b)	59985	245	12402	605	47583	653	0.99900	26.1
	Covell (c)	59985	245	12934	618	47051	665	0.99900	27.5
	Covell (d)	59547	244	12496	597	47051	645	0.99900	26.6
	Covell (e)	59547	244	12496	597	47051	645	0.99853	26.6
Peak 1	TPA (f)	59985	245	12934	618	47051	665	0.99900	27.5
	TPA (g)	59985	245	12934	618	47051	665	0.99900	27.5
	TPA (h) $m_L=4, m_U=1$	59985	245	16478	441	43508	505	0.99900	37.9
	TPA (h) $m_L=4, m_U=2$	59985	245	15690	393	44295	463	0.99900	35.4
	Maestro (i)	58603	242	12211	329	46392	408	0.99900	26.3
Peak 1	ROOT Pol1 Fit from Parameter					46977	242	0.998742	
	ROOT Pol1 Fit from integral	59968	241	12868	0	46977	241	0.998742	27.4
	ROOT Pol2 Fit from Parameter					49618	372	0.998085	
	ROOT Pol2 Fit from integral	59867	243	10033	314	49618	368	0.998085	20.2
Peak 2	Covell (a)	50502	225	8291	487	42211	536	0.99689	19.6
	Covell (b)	50502	225	8863	503	41640	551	0.99689	21.3
	Covell (c)	50502	225	8291	487	42211	536	0.99689	19.6
	Covell (d)	50211	224	8000	470	42211	521	0.99689	19.0
	Covell (e)	50211	224	8000	470	42211	521	0.99689	19.0
Peak 2	TPA (f)	50502	225	8291	487	42211	536	0.99689	19.6
	TPA (g)	50502	225	8291	487	42211	536	0.99689	19.6
	TPA (h) $m_L=4, m_U=1$	50502	225	7719	297	42783	373	0.99689	18.0
	TPA (h) $m_L=4, m_U=2$	50502	225	8100	278	42402	358	0.99689	19.1
	Maestro (i)	49488	223	8620	271	40868	351	0.99689	21.1
Peak 2	ROOT Pol1 Fit from Parameter					42210	225	0.996285	
	ROOT Pol1 Fit from integral	50533	224	8291	0	42210	224	0.996285	19.6
	ROOT Pol2 Fit from Parameter					45712	400	0.993846	
	ROOT Pol2 Fit from integral	50574	224	4807	332	45712	387	0.993846	10.5

This ratio is around 27% which gives enough statistics to fit any function to a peak. All in all, the Table 1 indicates straight forward outcomes, self-explanatory, well modelled and trustworthy perspective to the issues explained above.

For the future work and development, the detail background estimations with different bin sizes will be tested and presented.

4. Acknowledgement

Thanks to the ROOT team in the CERN and other academia in their forum who actively involved responding the questions in a very polite and encouraging way.

References

1. LOSKA, L., 1988. A modification of the "total peak area" (TPA) method for gamma ray spectra. *Appl. Radiat. Isot.*, 39(6):475-477.
2. BAEDECKER, P.A., 1971. Digital Methods of Photopeak Integration in Activation Analysis. *Analytical Chemistry*, 43(3):405-410.
3. STERLINSKI, S., 1968. Analysis of digital data from a multichannel pulse height analyzer on gamma ray total absorption peaks. *Analytical Chemistry*, 40(13):1995-1998.
4. GILMORE, G.R., 2008. *Practical Gamma Ray Spectrometry*. John Wiley & Sons, Ltd, England, 387s.
5. KOKTA, L. 1973. Determination of peak area. *Nuclear Instruments and Methods*, 112:245-251.
6. BAEDECKER, P.A., GROSSMAN, J.N. 1989. The Computer Analysis of High Resolution Gamma-Ray Spectra from Instrumental Activation Analysis Experiments. Open-File Report:89-454. U.S. Geological Survey. DOI:10.3133/ofr89454.
7. A65-B32 Software's User's Manual. Ortec Part No. 777800. Available: <https://www.ortec-online.com/-/media/ametektotec/manuals/a65-mnl.pdf> [Access on: 1th September 2020].
8. KENNEDY, G., 1990. Comparison of photopeak integration methods. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 299: 349-353.
9. Spiegel, Murray R.; Stephens, Larry J (2008), *Schaum's Outlines Statistics* (Fourth ed.), McGraw Hill, ISBN 978-0-07-148584-5



Case Study of ^{137}Cs : Optimizing Counting Conditions with Different Background Region Width Selection

Ilker Can Celik^{1*}, Kadir Dagli²

^{1*} Harran University, Faculty of Art and Science, Department of Physics, Sanlıurfa, Turkey, (ORCID: 0000-0002-2320-6584), ilkercan0066@harran.edu.tr
² Harran University, Faculty of Art and Science, Department of Physics, Sanlıurfa, Turkey, (ORCID: 0000-0001-5871-3159), 195105005@ogrenci.harran.edu.tr

(1st International Conference on Applied Engineering and Applied Natural Sciences ICAENS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1007743)

ATIF/REFERENCE: Celik, I. C. & Dagli, K. (2022). Case Study of ^{137}Cs : Optimizing Counting Conditions with Different Background Region Width Selection. *European Journal of Science and Technology*, (36), 168-174.

Abstract

Throughout the years, an optimizing counting conditions and optimum background region width determination has been carried out by several methods in gamma-ray spectroscopy. The effect of various background region widths has been the focus on digital integration methods in photopeak analysis. As an application tool of this in nuclear physics, radioactive sources has been mostly used by the lower or the higher resolution detectors; such as NaI(Tl) or HPGe gamma-ray detectors. This resolution factor influences the distinguishability of the peaks in close proximity in spectra. Therefore, a new computational and statistical approach should be implemented to decrease the error factors contributed by one of each bin content, namely the counts, in gamma-ray spectra. At this point, greater precision might be needed and reached in testing different bin region widths on each side of the range of interest for an individual peak. In specific, Gilmore's Total Peak Area (TPA) method will be used here to measure and analyze the background region width comparisons and their effects in the precision of counting gamma-rays by a NaI(Tl) scintillation detector.

Keywords: Gamma-ray spectroscopy, photopeak, digital integration methods, TPA method, background counting

Farklı Taban Sayımı Genişliği Seçimleriyle Sayım Sayısı Optimizasyonunun ^{137}Cs Örneği

Öz

Yıllar boyunca, sayım koşullarının ve taban sayımı bölgesi genişliğinin optimizasyonunun belirlenmesi gama spektroskopisinde birçok yöntem vasıtasıyla araştırılmıştır. Fotopik analizindeki dijital entegrasyon yöntemleri içinde, taban sayımı bölgesinin genişliğinin çeşitli etkileri halen odak noktası olmayı sürdürmektedir. Bu araştırmanın nükleer fizikteki uygulama aracı, çoğunlukla gama ışını algılamada kullanılan NaI(Tl) ve HPGe detektörleri gibi düşük veya yüksek çözünürlüklü detektörlerle algılanan radyoaktif kaynaklar olmuştur. Çözünürlükten kaynaklanan bu faktör, spektrumlarda çok iç içe bulunan piklerin ayırt edilmesine etki etmektedir. Bu yüzden, gama spektroskopisinde, her bir kanaldaki sayım sayısından gelebilecek hata paylarını azaltmak için bilgisayar ve istatistiksel tabanlı yeni yöntemler uygulanmalıdır. Bu noktada, her bir pik için farklı bin (kanal) bölgesi genişlikleri kullanılıp test edilerek daha iyi netlikte sonuçlar elde edilebilir. Bu çalışmada spesifik olarak NaI(Tl) sintilasyon detektörü kullanılarak, Gilmore'un Toplam Pik Alanı (TPA) metoduyla farklı taban sayımı bölgesi genişliklerinin sayım sayısı ölçüm duyarlılığı ölçülüp analiz edilecektir.

Anahtar Kelimeler: Gama ışını spektroskopisi, fotopik, dijital entegrasyon yöntemleri, TPA metodu, taban sayımı.

* Corresponding Author: ilkercan0066@harran.edu.tr

1. Introduction

In this work, optimum background region width identification will be investigated as one of the gamma-ray counting optimizing conditions. Gilmore’s version of TPA method [2] has been chosen for the best suited tool for the analysis. Other numeric analysis approaches stated in the articles [3-11] has pros and cons in terms of analysing the digital data from a multichannel analyser (MCA) on gamma-ray absorption peaks in gamma-ray spectroscopy. The reason why the method in the article will be implemented is that it gives flexibility on where and how many of the channels (bins) can be selected in the peak region of interest. It will be explained in detail in following parts. When it comes to a data, radioactive ¹³⁷Cs point source provides the one clean individual photopeak at 661.7 keV energy and nothing else in the neighbouring region. Total channel number of 1024 has been used to collect the data. The corresponding peak falls around the channel number between 222 and 272. In a spectrum with bin width 1, the data indicates almost flat background on the left in the channel number range of 185-222 and on the right starting from channel number 272 onwards. The rest of the regions are out of interest for this work. Uncalibrated data showing the channel versus counts in Fig. 1 can be seen for the record. Most of the characteristics of a gamma-ray spectroscopy is also visible which makes the analysis much convenient than other complicated ones.

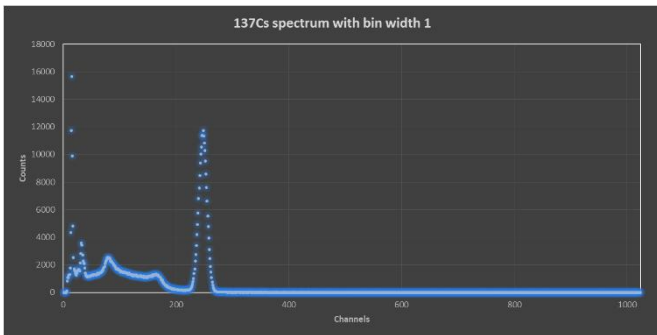


Figure 1: Spectrum of a radioactive ¹³⁷Cs point source.

For the purpose of the work, there should not be any other adjacent peaks with overlapping regions. As Figure 2 indicates, ¹³⁷Cs goes 100% Beta minus decay process to different levels

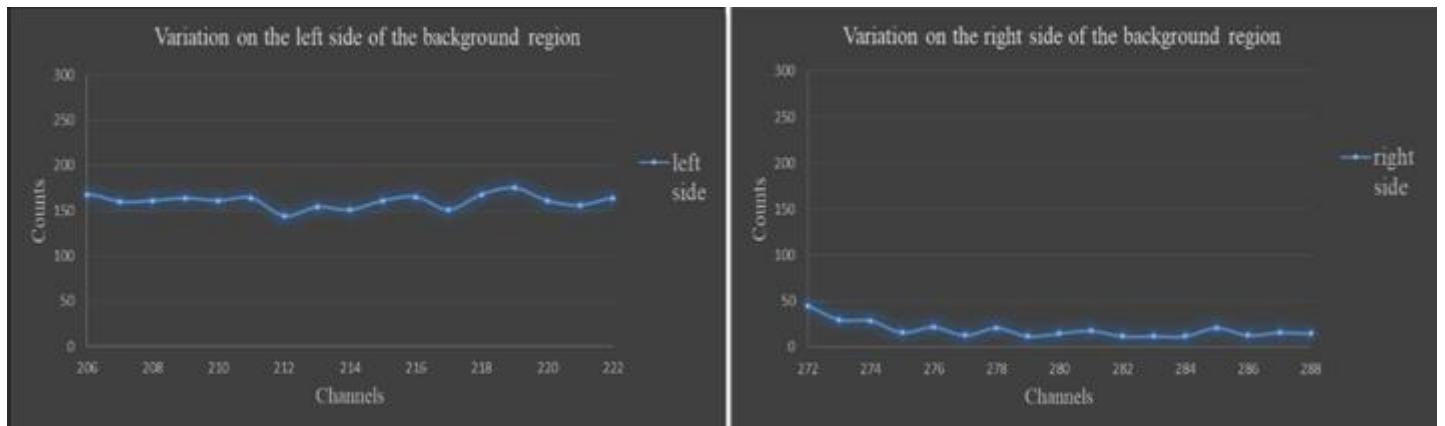


Figure 3: Statistical count variations in background region of 661.7 keV peak in ¹³⁷Cs on both side of the photpeak.

of ¹³⁷Ba nucleus. What’s seen in the Fig. 1 is the strongest photopeak going directly to the ground state of

¹³⁷Ba. To adjust and identify the optimum background region width, analyst should look on both side of the region of interest where the peak is located.

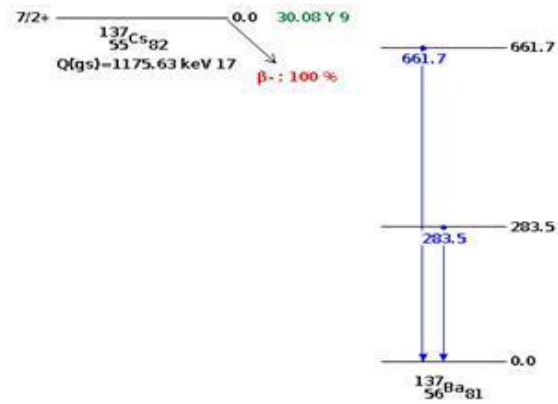


Figure 2: Decay scheme of radioactive ¹³⁷Cs source [1].

Figure 3 clearly states that the pattern in count change on both side of the peak region is almost stable. Fluctuations are ignorable. Also, the declining shape of the background is obvious by showing the count drop from 160s to 20s in average. One of the most challenging modellings in gamma-spectroscopy to estimate the background area under a peak is to choose the right representation of this falling pattern. For the rest of the section, the numerical approach and the optimization details will take place.

2. Methods and Conclusions

What Gilmore [2] suggested in his equations, written down below, was that the channel selection for the estimation of background counts cannot be fixed by the software and the analysts. They should have adjustable amounts in terms of specific layout position of the photopeak within the spectrum

$$A = \sum_{i=L}^U a_i - [(U - L + 1) \times \frac{(\sum_{i=L-m_L}^{L-1} a_i + \sum_{i=U+1}^{U+m_U} a_i)}{(m_L+m_U)}] \quad (1)$$

The variance can be indicated as below:

$$Var(A) = \sum_{i=L}^U a_i + [(\frac{U-L+1}{m_L+m_U})^2 \times (\sum_{i=L-m_L}^{L-1} a_i + \sum_{i=U+1}^{U+m_U} a_i)] \quad (2)$$

While the first equation emphasizes the effect of the background count on a net count denoted as A, the second equation indicates the weight of the background region width in the sum to calculate the variance. Every addition channel put in to this sum will contribute to the precision of the net area in turn. However, as more channels are added, there will be decreasing returns. The possibility of adjacent peaks must not be missed out because the wider the peaks and the background regions are, the more the deviation from linearity is in the background estimation models for analytic solutions. Here, the right question to ask is what the optimum number of channel must be. This clearly depends upon the circumstances as said earlier.

Figure 3 zooms into the region of interest on both side of the peak mentioned in the Fig. 1. While the fluctuation on the left side tanges between the counts of 144 and 175, it lays between 12 and 45 on right side of the photopeak. Note that these limits has been started right on the edge of the limits of the selected peak area. Figures 3-6 represents the real ¹³⁷Cs data and its peak region around 661.7 keV taken from an actual gamma-ray spectrum as a function of the width of the background region. The uncertainty on the peak area estimate is expressed as percentage relative standard deviation (RSD) in Figures 4-7. It is apparent that RSD decreases as the number of channels used to estimate the background increases. When two channels indicates obviously considerable improvement on one, the selection of three channels is rather better than two are. However, the reduction in uncertainty with each extra channel used shows smaller and smaller pattern throughout the analysis. This concludes that there will be a little extra value in using more than three or four channels.

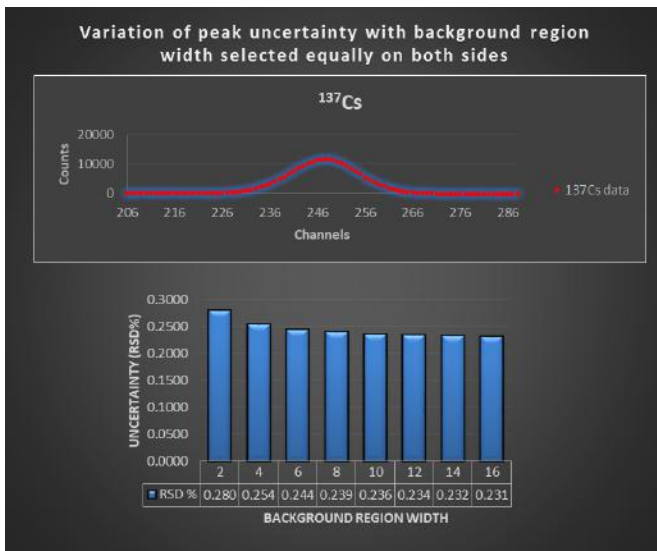


Figure 4: Variation of peak area uncertainty in RSD on each sides of the selected peak at 661.7 keV in actual ¹³⁷Cs source.

Even in practice, the presence of neighbouring peaks may automatically limit the width of the background region into very strict area. It's again the most important thing in the analysis that analyst should investigate every situation individually.

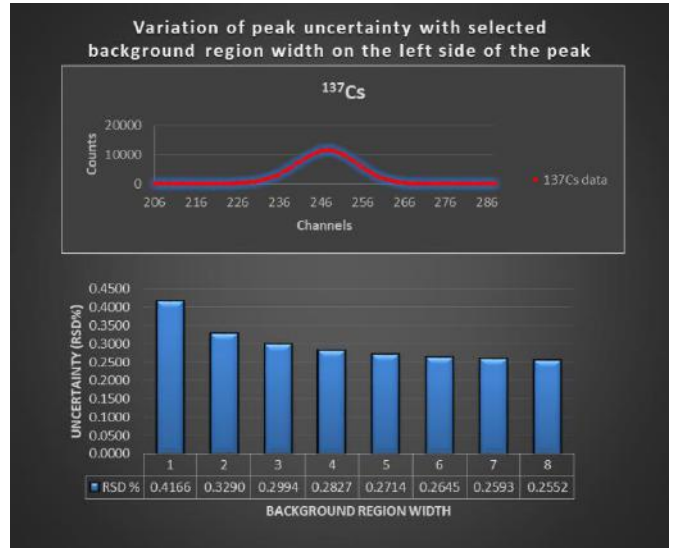


Figure 5: Variation of peak area uncertainty in RSD on the left side of the selected peak at 661.7 keV in actual ¹³⁷Cs source.

If the peak is well defined as in the case of ¹³⁷Cs in comparison to ill-defined, then there may be little to be gained by using more than three or four channels. In such cases, the background uncertainty will have a much smaller effect on the uncertainty of the net peak area estimate as they will be shown in Table 1-3. Note that the number of channels used for background estimate does not show any statistically substantial effect on the net area. Despite that, it gives drastically varying values in the background errors.

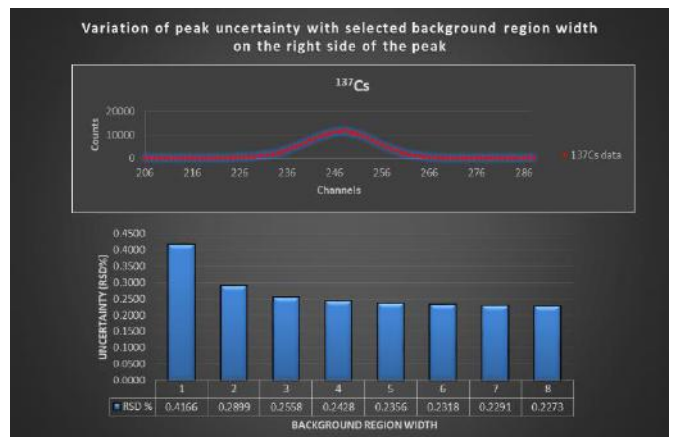


Figure 6: Variation of peak area uncertainty in RSD on the right side of the selected peak at 661.7 keV in actual ¹³⁷Cs source.

Another point in terms of digital softwares; such as Maestro and Scintivision, they have automatic spectrum analysis system where a compromise is usually made. In these commercial MCA and spectrum analysis programs, 3, 4 or 5 channels are usually used for the background calculations depending upon the manufacturer and the user. The fact here is that there is no fundamental reason why the width of the background region should be the same on both side of the peak region. If there were a potentially interfering neighbour above the peak, it would be sensible to use, say, even one or two channels above and, perhaps, more in the below side. In such a case, the term $m_L + m_U$ is used, where m_L and m_U are the lower and upper background region widths.

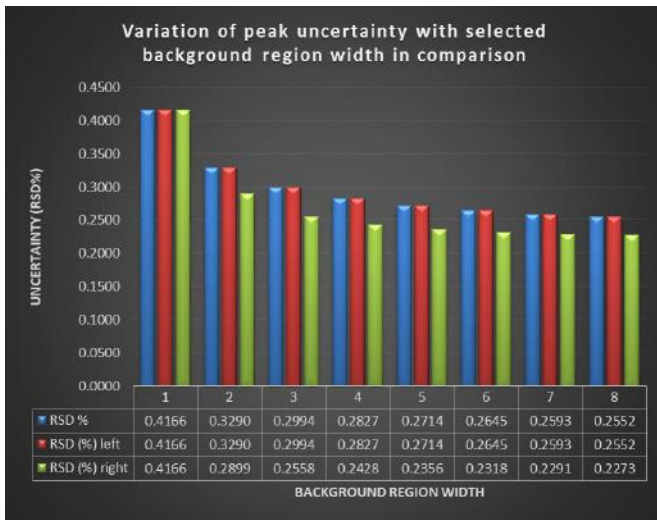


Figure 7: Comparisons in variations of the peak area uncertainty as RSD with a comparison table among the three conditions mentioned in the Figures 4-6.

The selection of these widths is up to the analyst. This choice can be easily made independently, depending upon whether the background has a flat pattern for the background continuum. In the first equation, first sum ($\sum_{i=L}^U a_i$) gives the total count under the peak in a selected lower and upper range. Therefore, this

value will remain the same in all tables as long as lower limit (L) and upper limit (U) are fixed. However, the second part in the first equation gives the deduction of the background part. It calculates the background count by multiplying the total channel number with the average value of the counts within the channels of m_L and m_U . Everytime m_L and m_U parameters change, the results for the total background counts and its variance will change. These results can be compared also when the background region side changes in the Tables 1-3.

In the Table 2, the RSD values for one and two channels seem giving higher outcomes in comparison to the more channel selections. As the channel number gets higher, the net count errors tend to be stabilized. The same situation happens just after the first channel in the background region width in the Table 3. As a summary, the decreasing trend on RSD values in all tables has consistency among each other regardless of the background region selection.

3. Acknowledgement

I'd like to thank to my master student Kadir Dağlı for his encouraging comments for the last three years. Also, I'd like to give my gratitude to the CERN's ROOT forum team for enlightening discussions.

Table 1: The results indicate the variations in background counts and its effect on the net counts under a selected photopeak at 661.7 keV energy in the case of ^{137}Cs spectrum. The background range is chosen on both side of the peak as shown in m_L and m_U values as explained in the text below.

When background width selection region made on both side of the peak equally								
m_L	1	2	3	4	5	6	7	8
m_U	1	2	3	4	5	6	7	8
Background region width	2	4	6	8	10	12	14	16
L- m_L	221	220	219	218	217	216	215	214
L-1	221	221	221	221	221	221	221	221
L	222	222	222	222	222	222	222	222
U	272	272	272	272	272	272	272	272
U+1	273	273	273	273	273	273	273	273
U+ m_U	273	274	275	276	277	278	279	280
$n=U-L+1$	51	51	51	51	51	51	51	51
a_0	247	247	247	247	247	247	247	247
Gross area	209336	209336	209336	209336	209336	209336	209336	209336
variance	209336	209336	209336	209336	209336	209336	209336	209336

error	458	458	458	458	458	458	458	458
Background area	4743	4794	4820	4826	4697	4705	4663	4609
variance	120947	61124	40966	30765	23955	19995	16986	14692
error	348	247	202	175	155	141	130	121
Net area	204593	204542	204517	204510	204639	204631	204673	204727
variance	330283	270460	250302	240101	233291	229331	226322	224028
error	575	520	500	490	483	479	476	473
uncertainty (RSD%)	0.2809	0.2543	0.2446	0.2396	0.2360	0.2340	0.2324	0.2312

Table 2: The results indicate the variations in background counts and its effect on the net counts under a selected photopeak at 661.7 keV energy in the case of ^{137}Cs spectrum. The background range is chosen on the left side of the peak as shown in m_L and m_U values as explained in the text below.

When background width selection region made on the left side of the peak								
m_L	1	2	3	4	5	6	7	8
m_U	0	0	0	0	0	0	0	0
Background region width	1	2	3	4	5	6	7	8
L- m_L	221	220	219	218	217	216	215	214
L-1	221	221	221	221	221	221	221	221
L	222	222	222	222	222	222	222	222
U	272	272	272	272	272	272	272	272
U+1	273	273	273	273	273	273	273	273
U+ m_U	273	273	273	273	273	273	273	273
$n=U-L+1$	51	51	51	51	51	51	51	51
a_0	247	247	247	247	247	247	247	247
Gross area	209336	209336	209336	209336	209336	209336	209336	209336
variance	209336	209336	209336	209336	209336	209336	209336	209336
error	458	458	458	458	458	458	458	458
Background area	9486	8849	8874	8798	8578	8551	8502	8402

variance	483786	225637	150858	112168	87498	72684	61946	53564
error	696	475	388	335	296	270	249	231
Net area	199850	200488	200462	200539	200758	200785	200834	200934
variance	693122	434973	360194	321504	296834	282020	271282	262900
error	833	660	600	567	545	531	521	513
uncertainty (RSD%)	0.4166	0.3290	0.2994	0.2827	0.2714	0.2645	0.2593	0.2552

Table 3: The results indicate the variations in background counts and its effect on the net counts under a selected photopeak at 661.7 keV energy in the case of ¹³⁷Cs spectrum. The background range is chosen on the right side of the peak as shown in m_L and m_U values as explained in the text below.

When background region width selection region made on the right side of the peak								
m _L	0	0	0	0	0	0	0	0
m _U	1	2	3	4	5	6	7	8
Background region width	1	2	3	4	5	6	7	8
L-m _L	221	221	221	221	221	221	221	221
L-1	221	221	221	221	221	221	221	221
L	222	222	222	222	222	222	222	222
U	272	272	272	272	272	272	272	272
U+1	273	273	273	273	273	273	273	273
U+m _U	273	274	275	276	277	278	279	280
n=U-L+1	51	51	51	51	51	51	51	51
a ₀	247	247	247	247	247	247	247	247
Gross area	209336	209336	209336	209336	209336	209336	209336	209336
variance	209336	209336	209336	209336	209336	209336	209336	209336
error	458	458	458	458	458	458	458	458
Background area	9486	5483	3927	3226	2713	2440	2178	2002
variance	483786	139804	66759	41128	27675	20736	15871	12761

error	696	374	258	203	166	144	126	113
Net area	199850	203854	205409	206110	206623	206897	207158	207334
variance	693122	349140	276095	250464	237011	230072	225207	222097
error	833	591	525	500	487	480	475	471
uncertainty (RSD%)	0.4166	0.2899	0.2558	0.2428	0.2356	0.2318	0.2291	0.2273

References

1. Pritychenko, B. (17.04.2022). NNDC, Brookhaven National Laboratory. <https://www.nndc.bnl.gov/nudat3/NuDatBandPlotServlet?nucleus=137Ba&unc=nds>.
2. GILMORE, G.R.,2008.Practical Gamma Ray Spectrometry. John Wiley & Sons, Ltd,England,387s.
3. COVELL,D.F.,_1959_Determination of Gamma-Ray Abundance Directly from the Total Absorption Peak. Analytical Chemistry,31(11):1785-1790.
4. HEYDORN,K., LADA,W.,1972. Peak Boundary Selection in Photopeak Integration by the Method of Covell. Analytical Chemistry,44(14):2313-2317.
5. LOSKA,L.,1988. A modification of the “total peak area” (TPA) method for gamma ray spectra. Appl.Radiat.Isot.,39(6):475-477.
6. BAEDECKER,P.A..1971.Digital Methods of Photopeak Integration in Activation Analysis. Analytical Chemistry,43(3):405-410.
7. STERLINSKI, S.,1968. Analysis of digital data from a multichannel pulse height analyzer on gamma ray total absorption peaks. Analytical Chemistry,40(13):1995-1998.
8. KOKTA, L. 1973. Determination of peak area. Nuclear Instruments and Methods, 112:245-251.
9. BAEDECKER, P.A., GROSSMAN, J.N. 1989. The Computer Analysis of High Resolution Gamma-Ray Spectra from Instrumental Activation Analysis Experiments. Open-File Report:89-454. U.S. Geological Survey. DOI:10.3133/ofr89454.
10. A65-B32 Software’s User’s Manual. Ortec Part No. 777800. Available: <https://www.ortec-online.com/-/media/ametektortec/manuals/a65-mnl.pdf> [Access on: 1th September 2020].
11. KENNEDY,G.,1990. Comparison of photopeak integration methods. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 299: 349-353.



Türkiye'nin Tarım Politikalarında Neo-Liberalleşen Yasal-Yönetmelik Çerçevesindeki Değişimin İzleri (1961-2021)

Aziz Cumhur Kocalar^{1*}

^{1*} Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Mimarlık Fakültesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0580-9530), azizcumhorkocalar@gmail.com

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1108127)

ATIF/REFERENCE: Kocalar, A. C. (2022). Türkiye'nin Tarım Politikalarında Neo-Liberalleşen Yasal-Yönetmelik Çerçevesindeki Değişimin İzleri (1961-2021). *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 175-184.

Öz

Çalışma Türkiye tarım politikalarında yasal-yönetmelik çerçevesindeki değişimin izlerinden yola çıkmakta ve önemli kırılım noktalarını ön plana taşımaktadır. Bu değişimin izlerinden hareketle öncelikle kurumsal yapıların köy toplumuyla geçmişte kurduğu bağlar ana hatlarıyla incelenmiştir. Günümüze doğru geldikçe özellikle kırılımın yaşandığı fay hatlarına dönüşen yeni düzenlemelerin olumsuz etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırmanın kapsamı hukuk alanından tarım ekonomisine ve siyasetten kır sosyolojisine genel bir bakış şeklindedir. Çalışmanın öne çıkan yanı ise yasal-yönetmelik değişimin yarattığı olumsuz etkileri de birlikte özetleyerek okuyucuya bir izlek şeklinde sunması ve 1961-2021 yılları arasında alınan pek çok kararın kronolojik ve ilişkisel dökümünü de görselleştirerek konuya yaklaşmasıdır. Çalışmanın yöntemi ise kamu yönetimi ve siyaset alanından göndermelerle tarım ekonomisinden sayısal verilere ve dönemsel saptamalara yoğunlaşmasıdır. Ayrıca basitleştirilmiş bazı görsel modeller de sunulmaktadır. Çalışmanın sentezi olan sonuç kısmında günümüzdeki son gelişmelerle de bütünsel açıdan anlamsal bir ilişki kurması literatüre katkısıdır. Araştırmanın disiplinler arası bir araştırma olarak gelecek çalışmalara yasal-yönetmelik bir altlık olması amaçlanmıştır. Köylünün kente göç etmek zorunda kaldığı 60 yılın kısa bir özeti ancak hazin bir hikayesidir.

Anahtar Kelimeler: Tarım Politikaları, Tarım Ekonomisi, Kanun ve Yönetmelikler, Kırsal Kalkınma, Kamu Yönetimi ve Siyaset, Şehir ve Bölge Planlama, Kır Sosyolojisi.

Traces of the Change in the Neo-Liberalizing Legal-Administrative Framework in Turkey's Agricultural Policies (1961-2021)

Abstract

The study sets out from the traces of change in the legal-administrative framework in agricultural policies in Turkey and brings important breaking points to the fore. Based on the traces of this change, first, the bonds established by the institutional structures with the village society in the past were examined in outline. It has been tried to determine the negative effects of the new regulations, which have turned into fault lines where the breakdown is experienced, as it comes to the present day. The scope of the research is in the form of an overview from politics to rural sociology and from the field of law to agricultural economics. The prominent aspect of the study is that it summarizes the negative effects of legal-administrative change together and presents it to the reader as a theme and approaches the subject by visualizing the chronological and relational breakdown of many decisions taken between 1961-2021. The method of the study is to focus on the numerical data and the periodic determinations from agricultural economy with the references from the field of public administration and politics. It also offers some simplified visual models. In the conclusion part, which is the synthesis of the study, it is a contribution to the literature that it establishes a holistic semantic relationship with the latest developments. As interdisciplinary research, the research is intended to be a legal-administrative base for future studies. It is a short summary of the 60 years that the villager had to migrate to the city, but it is a sad story.

Keywords: Agricultural Policies, Agricultural Economics, Laws and Regulations, Rural Development, Public Administration and Politics, City and Regional Planning, Rural Sociology.

1. Giriş

Çalışma Türkiye tarım politikalarında yasal-yönetmelik çerçevedeki değişimin izlerinden yola çıkmakta ve önemli kurumsal kırılım noktalarını ön plana taşımaktadır. Bu kurumsal değişimin izlerinden hareketle öncelikle kurumsal yapıların köy toplumuyla geçmişte kurduğu bağlar ana hatlarıyla incelenmiştir. Günümüze doğru geldikçe özellikle kırılımın yaşandığı fay hatlarına dönüşen sürekli değişim gösteren hukuki düzenlemelerin özellikle ulusal açıdan olumsuz etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırmanın disiplinler arası bir araştırma olarak gelecek çalışmalara yasal-yönetmelik bir altlık olması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Araştırmanın kapsamı hukuk alanından tarım ekonomisine ve kır sosyolojisine genel bir bakış şeklindedir. Çalışmanın öne çıkan yanı ise yasal-yönetmelik değişimin yarattığı olumsuz etkileri de birlikte özetleyerek okuyucuya bir izlek şeklinde sunması ve 1923-2021 yılları arasında alınan pek çok kararın kronolojik ve

Tablo 1. Türkiye tarım politikalarında kurumsal yapıda değişim ve kalkınma planları (1961-1980-2000)

Dönem	Gelişmeler (Kurumsal Değişim, Belgeler)
1961	Demokrasiye açılım (İşçi sınıfı ve Cumhuriyetçiler)
1962	AB'nin Ortak Tarım Politikası (OTP)
1963-1967	1. Beş yıllık kalkınma planı (BYKP): Fiyatlara müdahale azalmış, üretim girdilerinin desteklenmesi artmıştır.
1968-1972	2. BYKP: Tarımın desteklenmesi, tarımsal fiyat politikaları önemi azaltılmıştır.
1973-1977	3. BYKP: Tarımsal destekleme kapsamındaki ürünlerde yüksek fiyat politikası uygulanmıştır.
1979-1983	4. BYKP: Tarımsal üretim hedeflerine ulaşmak üzere dar ve orta gelirli üreticiler desteklenirken, destekleme fiyatlarının ürünün özelliğine göre ekimden ve hasattan önce açıklanacağı bildirilmiştir. Fiyat ve müdahale alımları yanısıra tarımsal eğitim, örgütlenme ve ucuz girdi temini önem kazanmıştır.
1980'ler	Tarım serbest piyasa kapsamına alınmaya uygulamada başlar.
Özal dönemi	Tarımdaki koruyucu kurumların kapatılması: Zirai İşleri Gn. Md. / Zirai Mücadele ve Karantina Gn. Md. / Su Ürünleri Gn. Md. / Gıda İşleri Gn. Md. / Veteriner İşleri Gn. Md. Kapatılması. Toprak ve Su Gn. Md. Kapatılması "Tarım arazilerinin korunmasını sağlayan altlık haritalar varken, kurumsal sahiplenme ortadan kalkınca toprak ve suyun tahribatı başladı." (Aysu, 2021).
1983/2983	Özelleştirmeler için ilk girişimlerin başlaması.
1984/3092	Çaykur'un tekelliğinin kaldırılması.
1984-1989	5. BYKP: Tarımsal fiyat ve gelirlerde istikrar, pazarlama kolaylığı, mevcut arazinin özelliklerine, iç ve dış talebe uygun bir üretim yapısıyla verimliliği artırmak üzere bunlara yardımcı olmak esas olarak kabul edilmiştir.
1990-1994	6. BYKP: Önceki planda olduğu gibi istikrarı sağlayacak, pazarlamayı kolaylaştıracak ve ekilen araziye, iç ve dış talebe uygun bir üretim yapısıyla, verimliliğin artırılması esastır denilmiştir.
1991	Neoliberal politikaları uygulayan hükümetler-(49. Türkiye Hükümeti-DYP/SHP dönemi) (164 red / 280 kabul oyu) Et ve Balık Kurumu Gn. Md., Süt Endüstri Kurumu, Çiftçilere hacizler, (1983 yılında ülkede hayvan sayısı 93 milyon iken, nüfus 45 milyonu, kişi başına ~2 hayvan düşüyordu. 2021 yılında 85 milyon nüfusa karşılık 55 milyon hayvan var) (Aysu, 2021).
1996-2000	7. BYKP: "Tarımsal Politikalar ile İlgili Yapısal Değişim Projesi".

Kaynak. Farklı kaynaklardan doğrulanarak yazar tarafından türetilmiştir (Aysu, 2021).

BYKP: Beş Yıllık Kalkınma Planları, (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı – SBB, 2022).

Tablo 1 ve sonrasındaki tablolar (Tablo 2) (Tablo 3) (Tablo 4) ulusal tarım politikasının mekânsal-politik açıdan 60 yıllık

ilişkisel dökümünü de görselleştirerek izlenebilirlik sağlayacak şekilde konuya yaklaşmasıdır. Bu amaçla hem kurumsal hem de yasal-yönetmelik izler tablolaştırılarak gösterilmiştir. Kırsal kalkınma planları da sürecin önemli bir parçası olarak tablolara eklenmiştir. Çalışmanın yöntemi süreci özetle değerlendirecek şekilde kamu yönetimi ve siyaset alanından tarihsel olgulara ilişkisel göndermeler içermesidir. Çalışmanın önemli bir kısmında kaynak olan göndermeler sözel video kayıtları olan toplantılardır. Tablolarda olgular vurgulanmaktadır. Son dönemlere ait tarım ekonomisinden sayısal verilere yönelik saptamalar ise ayrıca grafiklerle verilmektedir. Tüm bu bulgular kurumsal istatistikler, yazılı metinler ve çeşitli etkinliklerin video kaynaklarıyla da ayrıca ilişkilendirilmiştir.

2.1. Kurumsal değişim ve kalkınma planları (1961-2000)

Türkiye tarım politikalarında kurumsal ve planlı dönem izleri (1961-1980-2000) alttaki gibi tek bir tabloda bütünsel bir şekilde sunulmuştur (Tablo 1).

değişiminin belirgin dinamiklerini kaynaklardan da doğrulanarak eleştirel bir açıdan vurgulamaktadır. 1961 sonrası farklı siyasi

dönemlerin ortak noktası tarım politikalarında yasal-yönetimsel ve kurumsal yapılarıdaki bozulmanın yavaşta olsa kademe kademe ilerlemesidir.

1962 yılında Ortak Tarım Politikası (OTP) uygulanmaya başlamıştır. Üreticiler için yeterli bir gelir düzeyini sağlaması planlanan OTP ile fiyat düzeylerine yönelik politikalarla da tüketiciler açısından farklı alternatifleri uygun bir fiyatla bulabilecekleri bir tarım sistemini hedeflenmektedir. Bu hedeflere ulaşılarak dünya tarım ürünleri ticaretinde de oldukça önemli bir konuma erişilmiştir.

1980 sonrası özelleştirmelerin bu süreci oldukça hızlandırmaya başladığı açıktır. Piyasaya terk edilen tarımsal değerler korunamamıştır. DPT ile başlayan Kalkınma Planları beş yıllık dönemler halinde yapılarak tablolarda günümüze kadar gelmektedir. Ancak kırsal da kalkınma sağlanamayacak kadar sadece metinsel bir yeri olmuştur. Neoliberal politikaları uygulayan hükümetlerin birbirinden pek farkı olmadığı görülmektedir. 1980 öncesi dönemlerde kısmen korunabilmiş tarım arazilerinin 1980 sonrası kayba uğradığı bir süreç

ilerlemektedir. Verimli tarım topraklarını işleyen ve işleten kültürel değerlerin kurumsal yapılarla desteklenen örgütsel yapıları da zayıflamıştır. Piyasa rekabet anlayışı içinde bireyselleşme arttıkça kolektif yapılar zamanla kayba uğramıştır.

Kanunlarda bazı yıllar birden fazla değişiklik gündeme gelmiştir. Özellikle 1960-2002 arası için bu yasal-yönetimsel çerçevedeki değişimi anlamak için alttaki Tablo 2 ayrıca düzenlenmiştir. Kanunlar Resmî Gazete (R.G.) (ve/veya kabul tarihi (kronolojik) sırasında kanun numarası ve açık adı ile verilmiş, kanunun etkisi ile oluşan gelişmeler ise kısaca belirtilmiştir.

2.2. Hukuksal değişim (1960-2002)

Türkiye'nin tarım politikalarındaki hukuki değişimin belgeleri (1960-2002) altta sırasıyla verilmiştir (Tablo 2).

1960-2002 yılları arasında yasal-yönetimsel çerçevedeki değişim üstteki Tablo 2 ile benzer bir şekilde alttaki Tablo 3'te bu kez 2004-2014 yılları arasındaki dönemi de görünür kılmaktadır.

Tablo 2. Türkiye'nin tarım politikalarındaki hukuki değişimin belgeleri (1960-2002)

R.G. /Kanun No	Tarih	Ek-Değişiklik-İptallerin Yürürlüğe Girişi	Kanunun etkisi ile oluşan gelişmeler (Kurumsal ve Hukuki Değişim, Belgeler)
06.05.1960 / 7472	18.12.1991 / 91-2526	BKK	Ziraat Yük. Müh. Hk.da Kanun / Ziraat Mühendislerinin Görev ve Yetkilerine İlişkin Tüzük, Ziraat Müh. Odaları Tarım Bakanlığı'nın yan kuruluşu haline getirildi, çiftçiler hak aramadan alıkonuldu.
24.04.1969 / 1163	1971-1981-1987-1988-1989-1997-1998-2002-2004-2008-2010-2011-2014-2017-2018-2021		Kooperatifler Kanunu (En çok değ. kanunlardan biridir.)
18.04.1972 / 1581	1981-1984-1985-1988-1995-2005-2021 değ.		Tarım Kredi Kooperatifleri ve Birlikleri Kanunu
26.07.1972 / 1757			Toprak ve Tarım Reformu Öntedbirler Kanunu (R.G. 14257) (Kabul: 19.07.1972)
19.07.1973 / 1757			Toprak ve Tarım Reformu Kanunu (R.G. 14599) (Kabul Tarihi: 25.06.1973)
1980 / 2983			Hak arayışlarına karşı çağdaş dokunun sindirilemediği 41 yıllık sağ pratik dönemin başı, IMF politikaları, Tarım ile kamunun bağının kopması.
1983			Özelleştirmeler için ilk girişimlerin başlaması, KİT-Kamu tekellerinin kaldırılmaya başlanması.
1984 / 3092			Çaykur'un tekelliğinin kaldırılması.
1991			Neoliberal politikaları uygulayan hükümetler-(49.Türkiye Hükümeti-DYP/SHP dönemi) (164 red / 280 kabul oyu).
07.11.1996 / 4207	2008-2009-2011-2012-2013-2014-2018 değ.		Tütün Ürünlerinin Zararlarının Önlenmesi ve Kontrolü Hakkında Kanun
01.01.2001 / 4634	2008-2009-2011-2012-2017-2018-2020 değ.		Şeker Kanunu "1 dekar şeker pancarı tarlasının ürettiği oksijen 3 dekar çam ormanından fazla olup ekolojik denge sağlar" (TBMM, 2021).
2002			Avrupa Birliği Katılım Öncesi Yardım Aracı-Kırsal Kalkınma Planı (IPARD) Neoliberal politikaları uygulayan hükümetler-(57. Türkiye Hükümeti-DSP, MHP-%8,35 ANAP-%5,12 DSP-%1,22 oy) Küçük aile çiftçiliğini olumsuz etkileyen değ.: Tütün Yasası, Şeker Yasası, Tarım Su Kooperatifleri Birlikleri Yasası.

Kaynak. Farklı kaynaklardan doğrulanarak yazar tarafından türetilmiştir (Aysu, 2021).

Her iki dönemde de peşi sıra gelen hukuki düzenlemelerin birbirleriyle olan neoliberal politik açıdan benzerlikler taşıyan ilişkiyel yapısının ve bu son dönemdeki hızlanmış aralıklarının görülerek anlaşılması açısından tablolama yöntemi daha algılanabilir olmuştur.

Kurumların sırayla kapanıyor olması piyasanın gücünü arttırmaya başladığı için yıkımın boyutları gün geçtikçe daha da büyümektedir. Üretici örgütlerin de zayıfladığı bu süreç günümüze kadar sürdürülen rekabetçi politikalara yerini bırakmıştır.

Tarımsal sürdürülebilirliği yıkıma uğraticı derecede yeni düzenlemelerle getirilen uygulamalar sürecin en önemli unsurlarıdır. Tarımın ciddi hasarlar almasına yol açan zincirleme etkiler tartışma bölümünde ilişkiyel yapılar içinde çözümlenerek özetlenmektedir.

2010 tarihli ve 5957 sayılı kanunun amacı; “sebze ve meyveler ile arz ve talep derinliğine göre belirlenecek diğer malların ticaretinin kaliteli, standartlara ve gıda güvenilirliğine uygun olarak serbest rekabet şartları içinde yapılmasını, malların etkin şekilde tedarikini, dağıtımını ve satışını, üretici ve tüketicilerin hak ve menfaatlerinin korunmasını, meslek

mensuplarının faaliyetlerinin düzenlenmesini, toptancı halleri ile pazar yerlerinin çağdaş bir sisteme kavuşturulmasını ve işletilmesini sağlamak” olarak belirlenmiştir.

2010 yılında ayrıca bazı havza bazlı destekler de verilmiştir. Bu desteklerde bazı ürünleri üreten çiftçiler kapsanmıştır (arpa, aspir, ayçiçeği, buğday, çavdar, çay, çeltik, kuru fasulye, kanola, mercimek, mısır, nohut, pamuk, soya, yulaf ve yağlık zeytin).

Türkiye’de tüm kooperatiflerin ortak sayısı 6 milyona ulaşmaktadır. Ziraat Odaları Birliği üye sayısı da benzer sayılarda olup, ülkemizin en kalabalık oda birliklerinin de başında gelmektedir. Ancak bu örgütlerin de belirlenen neoliberal politikalar ve güçlü grupların güdümünde yürüyen piyasa ekonomisi karşısında etkisizleşmiştir. Özetle üretici örgütlerinin politik yaptırım gücü tüm bu ortak ve üye sayılarına rağmen oldukça zayıf kalmaktadır.

Günümüzdeki örgütsel yapılarda artan oluşumların ve farklılaşan amaçlar doğrultusundaki rekabette de ciddi bir kargaşa yaşanmaktadır. Ortak hedeflerin olması gereken kamusal koruyucu reflekslere ait durumlar göz ardı edildiğinden yönetsel bir kaos yaşanmaktadır.

Tablo 3. Türkiye’nin tarım politikalarındaki hukuki değişimin belgeleri (2004-2014)

R.G. Tarih /Kanun No	Ek-Değişiklik-İptalin Yürürlüğe Girişi	Kanunun etkisi ile oluşan gelişmeler (Kurumsal ve Hukuki Değişim, Belgeler)
29.06.2004 / 5200	2008-2011-2015	Tarımsal Üretici Birlikleri Kanunu
2001-2005 / 8. BYKP		“Genel Tarım Politikaları” bölümünde tarım sektörüne yönelik ilkeler ve politikalar ile benzer bir şekilde değerlendirilmiştir.
10.07.2004 / 5216	2004-2005-2006-2007-2008-2010-2011-2012-2013-2018-2020-2021	Büyükşehir Kanunu (RG-16/10/2020-7254/10 md.: Köylerden kırsal mahalleyle geçiş dönemi başlatıldı. “Kırsal alanların rantısal gelir kaynağı haline getirilmesinin önü açıldı.” (Uysal, 2021)
03.07.2005 / 5403	2007-2008-2014-2017-2018-2019-2020	Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu değ. “Cargil firmasına ayrıcalık sağlandı” (15.05.2014 ve 6537 s. kanunla değ.) (CARGIL firmasının kurtarılması söz konusu oldu).
10.02.2005 / 5300		Tarım Ürünleri Lisanslı Depoculuk Kanunu. (ABD’den kopya edildiği halde işleyişi farklıdır.)
21.06.2005 / 5363		Tarım Sigortası (%50 devlet karşıladı ancak sigorta şirketleri primi arttı ve mekanizma kaynak transferine bir köprü oldu.)
31.10.2006 / 5553	2018	Tohumculuk Kanunu
18.04.2006 / 5488	2013-2018-2020	Tarım Kanunu, Destekler belirlendi ancak md. gereği yapılmadı, GSMH’nın %1’i değil ancak yarısı tarıma ayrılabilir, çiftçiler borçlandı.
11.03.2010 / 5957	2011-2013-2018-2020	Sebze ve Meyveler ile Yeterli Arz ve Talep Derinliği Bulunan Diğer Malların Ticaretinin Düzenlenmesi Hakkında Kanun (Hal Yasası ile araçlar güç kazandı.)
18.03.2010 / 5977	2013-2018	Biyogüvenlik Kanunu (GDO’lu ürünlerin ülkeye girişi ve bunlardan gıda imalatının önü açıldı.)
2014 / 5262		Organik Tarım Kanunu. Organik ürün ve girdi üretiminin geliştirilmesi için tedbirler (81# İl Md. Organik Tarım Sertifikası verme yetkisi kaldırıldı.)

Kaynak. Farklı kaynaklardan doğrulanarak yazar tarafından türetilmiştir (Aysu, 2021), (Uysal, 2021).

2.3. Kurumsal değişim ve son dönemin kalkınma planları (2001-2015)

Türkiye'nin tarım politikalarındaki belgelerle değişim ve son dönemlerin kalkınma planları alttaki tabloda (Tablo 4) verilmiştir.

Tablo 4. Türkiye'nin tarım politikalarındaki belgelerle değişim ve kalkınma planları (2001-2015)

Dönem / Plan veya Kanun sayısı	Gelişmeler (Kurumsal ve Hukuki Değişim, Belgeler)
IPARD 1163 2001-2005 / 8. BYKP	Avrupa Birliği Katılım Öncesi Yardım Aracı-Kırsal Kalkınma Planı (IPARD) Kooperatifler Kanunu değ. "Genel Tarım Politikaları" bölümünde tarım sektörüne yönelik ilkeler ve politikalar değerlendirilmiştir. 2001 yılından sonra tarımsal destekleme kapsamında girdi ve destekleme alımları yoluyla verilen fiyat desteklerinden vazgeçilmiştir. Üreticilere doğrudan gelir desteği aracılığıyla destekleme başlamıştır.
2002	Neoliberal politikaları uygulayan hükümetler-(57. Türkiye Hükümeti-DSP, MHP-%8,35 ANAP-%5,12 DSP-%1,22 oy) Küçük aile çiftçiliğine darbeler: Tütün Yasası, Şeker Yasası, Tarım Su Kooperatifleri Birlikleri Yasası.
03.07.2005 / 5403	Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu
25.04.2006 / 5488	Tarım Kanunu, Destekler belirlendi ancak md. Gereği yapılmadı, GSMH'nın %1'i değil ancak yarısı tarıma ayrılabilirdi, çiftçiler borçlandı. (R.G. 26149) Ziraat Müh. Odaları Tarım Bakanlığı'nın yan kuruluşu haline getirildi, çiftçiler hak aramadan alıkonuldu.
2007-2013 / 9. KP	179. VIII. Plan dönemi başında GSYİH içerisinde yüzde 14,1 olan tarımın payı, 2005 yılında yüzde 10,3'e gerilemiştir. Tarımsal istihdamın toplam istihdam içerisindeki payı 2000 yılındaki yüzde 36 seviyesinden 2005 yılında yüzde 29,5 seviyesine düşmüştür. "Çiftçi kayıt sistemi oluşturularak bütçeden tarıma giden kaynaklar azaltılmıştır" (Uysal, 2021).
2009 / AB İR	Avrupa Komisyonunun Türkiye ile ilgili 2009 İlerleme Raporunda (İR); Tarım ve Köy İşleri Bakanlığının yeniden yapılandırılması konusunda ilerleme kaydedilmediği belirtilmektedir.
2014-2018 / 10. KP	2007-2012 döneminde tarım, sanayi ve hizmetler sektörlerinde katma değer sırasıyla yıllık ortalama yüzde 2,1, yüzde 3,7 ve yüzde 4 oranında artmıştır. Bu dönemde tarım sektörünün GSYH içindeki payının yüzde 7,9'a gerilemesi beklenmektedir. Sanayi sektörünün GSYH içindeki payı yüzde 19,3'e düşmüş, hizmetler sektörünün (vergiler dâhil) GSYH içindeki payı ise artarak yüzde 72,7'ye yükselmiştir.
30.04.2014 / ile 5403 değ.	5403 s. Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu değişimi (CARGIL firmasının kurtarılması söz konusu oldu).
2019-2023 / 11. KP	2018 yılı itibarıyla tarım, sanayi ve hizmetler sektörlerinin cari GSYH içerisindeki payları sırasıyla yüzde 5,8, yüzde 22,2 ve yüzde 61,5 olarak gerçekleşmiştir.
18.03.2020 / 5977	Biyogüvenlik Yasası (GDO'lu ürünlerin ülkeye girişi ve gıda imalatının önü açıldı).

Kaynak. Farklı kaynaklardan doğrulanarak yazar tarafından türetilmiştir (Aysu, 2021), (Uysal, 2021).

BYKP veya KP: Beş Yıllık Kalkınma Planları, (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı – SBB, 2022).

Avrupa Komisyonunun Türkiye ile ilgili 2009 İlerleme Raporunda; üretici desteklerinin AB Ortak Tarım Politikası mevzuatına göre saptanması konusundaki çalışmalar sınırlı bulunmuştur. Gerekli mevzuat değişikliklerin yapılması halinde ülkemiz tarım kooperatiflerinin gelişimi ve AB ye uyum süreci hızlanabilir. (İnan, vd. 2020).

Günümüzde ise AB Yeşil Mutabakatına uyum kararı ile tarım politikalarındaki süreçte artık oldukça hızlanmış durumdadır. Bu konudaki gelişmeleri inceleyen diğer güncel çalışmalara bakılabilir (Kocalar, 2022a). Ayrıca büyük veri planlaması da bu güncel çalışmaların en önemli ayrıntılarını içeren bir parçasını oluşturmaktadır (Kocalar, 2022b).

2.4. Yasal değişime son bir örnek (6360/2012)

6360 sayılı yasa ile 2012 yılında Aydın, Balıkesir, Denizli, Hatay, Malatya, Manisa, Kahramanmaraş, Mardin, Muğla, Ordu, Tekirdağ, Trabzon, Şanlıurfa ve Van illerinde, sınırları il mülki sınırları olmak üzere aynı adla büyükşehir belediyesi kurulmuş ve bu illerin il belediyeleri büyükşehir belediyesine dönüştürülmüştür (Çavuşoğlu, 2019). Ayrıca 5216 sayılı ve 2004 tarihli Büyükşehir Kanunu'nu da değiştirmiş, 30 şehirde kentsel yayılmanın önünü açmıştır. Bu yasadaki sonraki dönem, köyleri mahalle halinde görererek kır ve kent arasında bozulan dengenin doğaya karşı bir yıkıma dönüşmeye başladığı bir dönemdir. Bu yasal-yönetimsel değişiklik kır ve doğayı yok edecek nitelikler taşımaktadır. Erken Cumhuriyet döneminde atılan temellerle

gerçek kalkınmanın da izlerini taşıdığı ve kültürel birer miras olduğu halde seri özelleştirme politikalarıyla yok edilen tarımsal kurumlar kır kültürünü unutturmuştur.

Bölgesel gelişmeyi dengeli kılacak politikalar artık geçmişte bırakılmış gibi gözükmemelidir. Kentsel gelişme alanları günümüzde eşitsizliğin ve adaletsizliğin birer göstergesi haline gelmiştir. Toprak sahipleri aşırı zenginleşmelerini geçmişte Toprak Reformunun yapılamayışına borçludurlar. Bu rantiyeleri hazırlayan güçlü ellerini temsil ederken, bu tür gelişmeleri hazırlayan politik ortamı da desteklemektedirler. Bu yüzden eşitsizliğin de sürekli arttığı dönemlerden geçilmektedir. Dengenin bozulduğu her kararda arka planda bir kayırma ve yolsuzluklar vardır.

Yazarlara göre; “kırsal alanlarda temelde benimsenmesi gereken ilkelere ve yere özgü kararlara ihtiyaç duyulmaktadır”. Kararlarda sürekli değişiklikler mevzuat üzerinde ilgili tablolarda gösterilmiştir (Tablo 1) (Tablo 2) (Tablo 3) (Tablo 4). Bu kararlardan kırsalın “olumsuz etkilenmesinin önüne geçilmelidir”. Halkın katılımının sağlanmasının önemi ortadadır. Burada köy halkının yerinde kalan ve üreten bir emekçi sınıfı olduğu düşünülebilir. “Planlama ve yönetim sisteminde yer edinen, yerel halkın görüşleri alınarak kararların geliştirildiği kır, geleneksel dokunun ve yaşamın korunduğu bir ihtiyaç programına yanıt veren gelişmeleri yaşar olmalıdır.” Kırsalda sürdürülebilirlik mutlaka sağlanmalıdır. Demografik yapıya

uygun “çalışma ve yaşam alanlarına dair iyileştirmeler yapılmalı, kırsal alanlar doğal ve halen devam eden sosyo-kültürel özellikleri ile korunmalı ve yaşatılmalıdır” (Görgün ve Yörür, 2017).

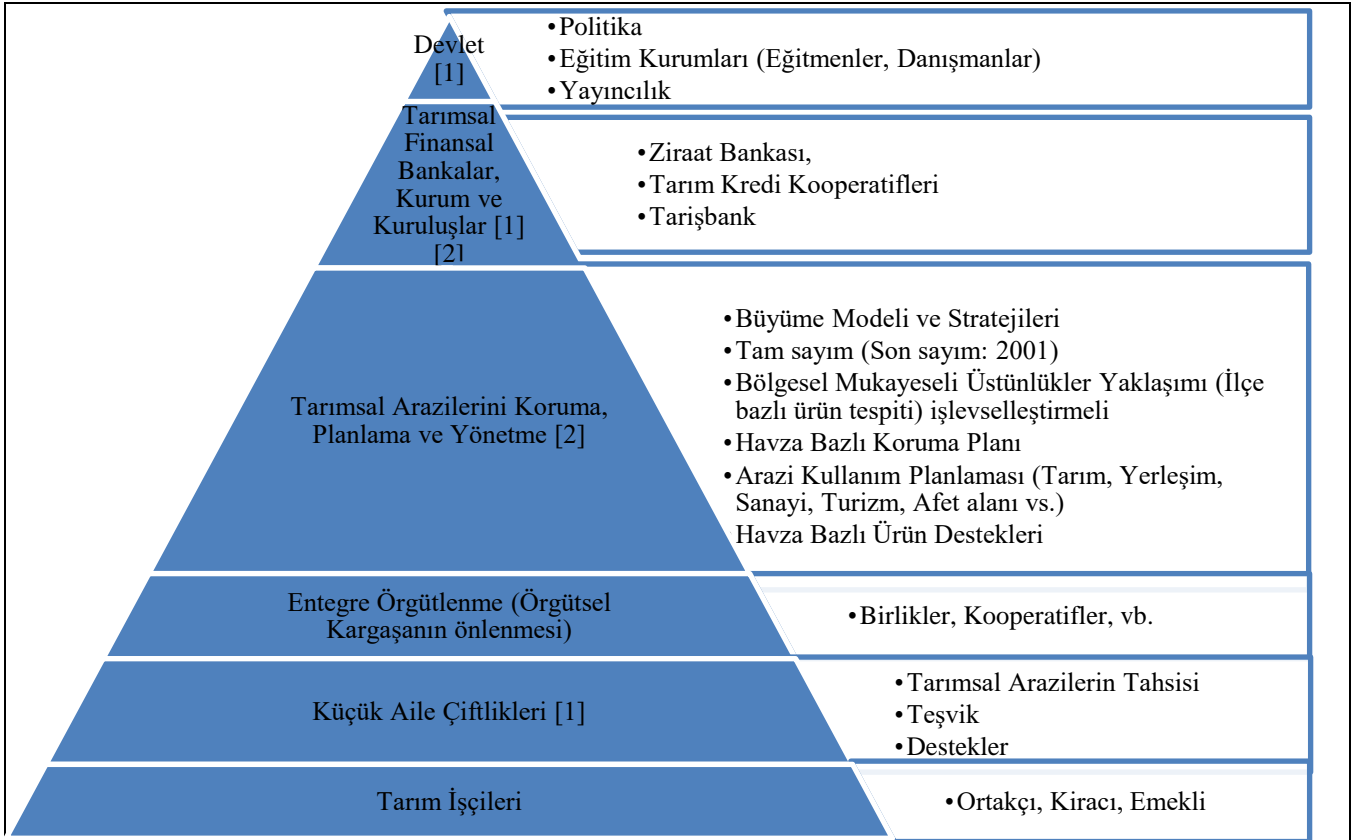
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmanın bulgularının önemi alttaki kısmi modellemeleri de yeniden düşünülür kılmaktadır. Burada çalışmanın bulgularından hareketle önceki süreçleri de aydınlatarak şekilde bilimsel verilere sunulacak katkı şimdilik oldukça kısmi bir özetle de olsa alttaki gibi yorumlanabilir.

Gelecek çalışmalar da ise bu çalışmanın ele alamadığı daha pek çok ihmal edilmiş tarımsal aksak işleyişe dair ayrıntılı konuların da aydınlatılabileceği ortadadır. Böylece diğer çalışmalardan da hareketle değerli karşılaştırılmaların da yapılarak gerçekçi çözüm önerilerinin geliştirilmesini umuyorum.

3.1. Tarımın sorunlarına karşı öneri modeller

Özelleştirilen KİT devlet yönetmemeli, şirketlere kaynak transferi yapılmaması için, çiftçilerin örgütsel yapısı güçlendirilmelidir. Tarım Satış Kooperatifleri gibi kurumlar yeniden yapılandırılmalı ancak yönetimini devlet yapmamalı, çiftçilerin kendi kendini yönetmesi ve pay alması sağlanmalıdır (Şekil 1) (Aysu, 2021).

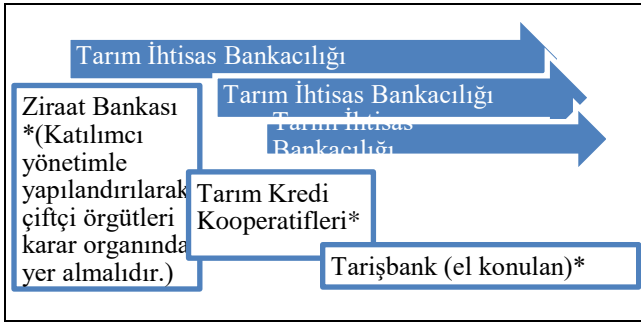


Şekil 1. Tarımsal Sorunlara Karşı Karma Öneriler Modeli.

Kaynak. İlgili sözel kaynaktan alınarak yazar tarafından türetilmiştir [1]. (Aysu, 2021), [2]. (Uysal, 2021).

Devlet eğiticilik ve yayın sorumluluğunu üstlenerek yapması gerekir. Ziraat Bankası, Tarım Kredi Kooperatifleri ve el konulan Tarişbank gibi finansal yapıların sadece Tarım İhtisas Bankacılığı

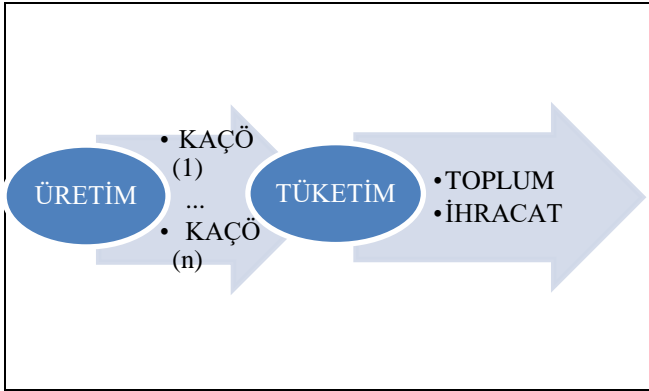
odaklı olacak şekilde görevlendirilmelidir. Ayrıca katılımcı yönetimle yapılandırılarak çiftçi örgütleri söz ve karar sahibi olacak şekilde organında yer almalıdır (Şekil 2) (Aysu, 2021).



Şekil 2. Tarım İhtisas Bankacılığı yapması beklenen banka, kurum ve kuruluşlar.

Kaynak. İlgili sözel kaynaktan alınarak yazar tarafından türetilmiştir (Aysu, 2021).

Üretimden tüketime kadar zincirin halkaları küçük aile çiftçiliği örgütleri (KAÇÖ) ile sağlanması için devlet politikalarının merkezinde yer alması sağlanmalıdır (Şekil 3) (Aysu, 2021).



Şekil 3. Üretimden tüketime kadar zincirin halkaları.

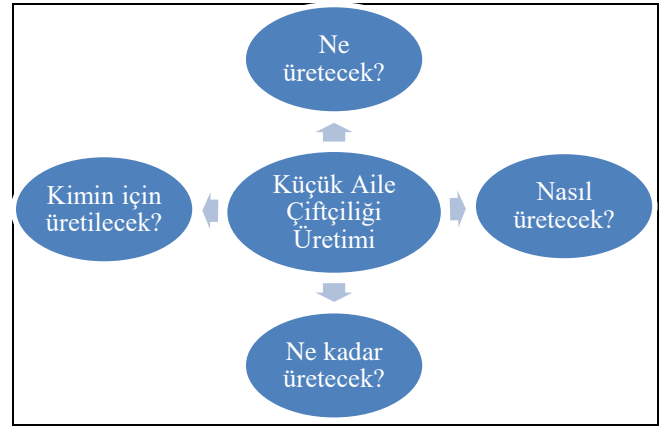
Küçük Aile Çiftçiliği Örgütleri (KAÇÖ)

Kaynak. İlgili sözel kaynaktan alınarak yazar tarafından türetilmiştir (Aysu, 2021).

Böylece “nelerin, nasıl, ne kadar ve kimin için üretileceği” kararını verme hakkı olan gıda egemenliği ile yeniden tesis edilmelidir (Şekil 4).

Büyük çiftliklerin tarımda gelişen rekabetçi politikalara küçük aile çiftçiliklerine nazaran çok daha kolay uyum sağladığı ve sürekli daha güçlü kaldıkları bilinmektedir.

Ayrıca tarımda son dönemlerde artan endüstrileşmenin de rekabetçiliğe karşı uyumu artırdığı açıktır. Diğer yandan küçük aile çiftçiliklerinin ise genelde organik tarıma olan ihtiyacı karşılamaya teşvik edilebileceğini düşündürmektedir.



Şekil 4. Küçük Aile Çiftçiliği Politikası.

Kaynak. İlgili sözel kaynaktan alınarak yazar tarafından türetilmiştir (Aysu, 2021).

3.2. Türkiye'nin mevcut büyüme modeline yönelik eleştiriler ve öneriler

Türkiye'nin büyüme modeli ve tarımın finansman döngüsündeki aksaklıkları Uysal (Uysal, 2021) şöyle tespit etmektedir:

- Köyün devletle temas noktaları zamanla yitirilmiştir.
- Tarımsal üretim yapmak için köylerde gerekli olan üretim kültürü kaybolmuştur.
- 1980 sonrası neo-liberal düzeni anlamak ve makro ekonomik politikaları (faiz, kur düzeni) fark etmek gerekir. Tarım ekonomisi bunlara bağlı şekillenmiştir.
- Köydeki tarım pazarını büyütme yerine kente göç ile kentteki tüketim kültürü büyütülmüştür.
- Pamuk yetiştirme alanları mısır tarlası olmuştur. Emeğe daha az ihtiyaç duyan mısır üretimine dönülmüştür.
- Sanayi girdileri üretenler için köydeki pazar büyütülmüştür. Köyde tarım girdileri pazarının genişletilmesi ile kentteki tüketim pazarını da göçle büyütülmüştür.
- Türkiye ucuz emeğe dayalı büyüme modeli ile küreselleşmeye uyum sağlamıştır. İşsizler ordusu artarken, 6360 sayılı Büyükşehir yasasındaki değişimler de göçü hızlandırmıştır.
- Bütçeden tarıma giden kaynaklar azaltılmıştır.
- Türkiye'nin büyüme modelinin de teknik arka planın dinamiklerinin belirgin yanlarının (ucuz işçi, ucuz gıda, pahalı tarım girdisi, Türkiye'nin borç ödeme kapasitesinin artırılması) kırın gerilemesine yol açtığı ortadadır.
- Büyüme modelinin finansmanı için kente göç olması gerekir. İşsizlik ordusu bu şekilde oluşturulmuştur.
- Mera bölgelerinin arazi rantları aracı olması için köylerin boşaltılması gerekmiştir.
- Dayanışma pratiklerinin artmasını ise piyasa aktörleri istemez. Borç için bankacılığın hâkim olması istenir.
- Tarımdan sanayiye kaynak aktarımı için tarım ürünleri artışının yavaşlaması ve iç ticaret hadlerinin bozulması ile tarımın satın alma gücünün azalması istenmiştir. Sanayi finansmanı dünyada böyle sağlanmıştır.

- Aktarılan kaynakların ise doğru kullanılması gerekirdi. Türkiye’de bu kaynaklar verimsiz kamu yatırımlarına ve çoğu uzunca bir süre boş kalan konut yatırımlarına aktarılmıştır.
- Sanayi ve hizmetlerden tekrar tarıma (yani geriye) yeniden kaynak aktarılması da gerekirdi. Ancak yapılmadı ve tarım bu yüzden de beslenemedi.
- Büyüme modelinin nasıl hayata geçirildiğine bakılacak olursa, oluşum süreci araştırılabilir. Bu oluşum sürecinde öncelikle köylülük kültürel açıdan olumsuzlanarak kentin cazibesinin arttırıldığı görülecektir. 1999 yılından sonra destekler kaldırılmıştır.
- Doğrudan tarım desteği Türkiye’nin sosyolojik yapısına uygun değildi ve bu yolla tarım kayıt altına da alınamadı.
- 2020 Türkiye’ye gelen doğrudan yabancı yatırımlarda arazi ve konut satışları payı artmıştır (50-55 milyon arazi satışı). Gelir kaybının yanısıra artık ciddi bir servet kaybı başlamıştır. Yabancıya satılan arazi üretim için gelen doğrudan yatırımların üstüne çıkmıştır.
- 6360 sayılı Büyükşehir yasası ile ciddi arazi rantları doğmuştur.
- Dünya gıda fiyatları artabilir. Tarım arazilerinin büyük çiftçilerin eline geçmesi halinde dengeleme sağlanacak olsa da bu adaletsizdir.
- Bu büyüme modeli değişmelidir. Ancak sıcak paraya dayalıdır. Büyüme modeli değişmeden sosyal kriz riski daha da artacaktır.
- 2001 son tarım sayımı yılıdır. Güncel sayımla mevcut tablo ortaya çıkarılmalıdır. 1980’li yıllarda hayvan sayıları bulunamıyordu, veri kaynağı olarak FAO seçiliyordu, artık veri kaynakları Türkiye içinde ve kurumsallaşmış olmalıdır.
- İlçe bazında tarım arazileri kullanım planları yapılmalı bu alanlar korunmalı ve planlarda turizm, bataklık, fay hattı, vb. alanlar işaretlenmelidir.
- Tarım ekonomisi çerçevesinde iç ve dış talep planlaması yapılmalıdır. Tarım ürünlerinde gelir esnekliği katsayısı (<1). Gelir arttıkça hayvansal beslenme kaynakları tercih edileceğinden hayvancılık sürdürülebilir kılınmalıdır. Tarım ekonomisi çerçevesinde iç ve dış talep planlaması yapılmalıdır.
- Çiftçilik sosyo-psikolojik anlamda ve gelir anlamında cazip kılınmalıdır.
- Destekleme politikaları toptan değiştirilmelidir. Ziraat Bankası vb. finansal kuruluşlar çiftçilere odaklanmalıdır.
- Destekler de gerçek çiftçiye ulaşılmalıdır (Ortakçı, kiracı, taşımali çiftçi, boşta, emekli vb. birbirinden ayrılmalıdır).
- Tarımsal alanda birçok örgüt ve farklı amaçlar vardır ancak entegre örgütlenme şarttır.
- Köyün verimli tarım topraklarıyla bağı yeniden kurulmalıdır. Hayal gücü ile verimli tarım topraklarıyla buluşturulmalıdır.
- Tarım meslek liseleri açılmalıdır. Üniversite eğitimi çiftçi çocuklarının burslarla teşvik edilmesi ve köylere döndürülmesi gerekir.

- Köylerde rol modeli de kalmamıştır. Regülatör kurum ve kuruluşlarının yeniden işlevlendirilmesi gerekir.
- Kır sosyolojisi de iyileştirilmelidir. İş ahlaki standartları da geliştirilmelidir. Ancak buna mevcut büyüme modeli önemli bir engeldir.

Uysal, tarım ekonomisini mevcut büyüme modelinin dinamikleriyle yakından ilişkilendiren belirgin saptamalar yapmaktadır. Aysu’nun ve Uysal’ın saptamaları yasal-yönetmelik çerçevesindeki değişimi de açıklayıcı saptamalar olup, aslında neo-liberal politikaların da tartışmaya gerek bırakmayacak kadar açık dayanakları olmuştur (Tablo 1) (Tablo 2) (Tablo 3) (Tablo 4).

4. Sonuç

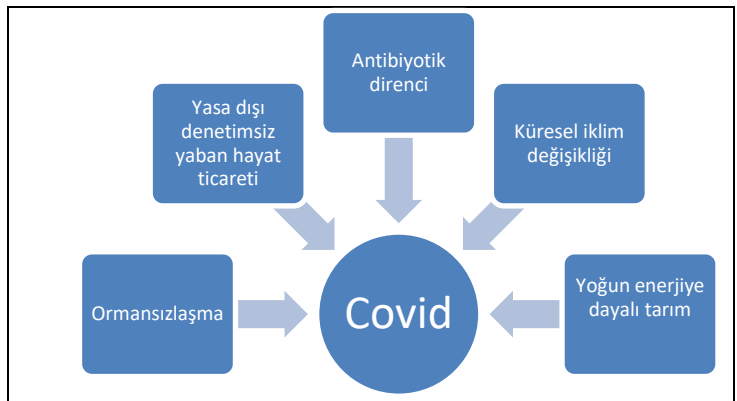
Çalışmanın özetlemeye çalıştığı 1961 sonrası gelişen yasal-yönetmelik süreçler giderek yıkıcı bir tahribata dönüşmüştür.

1980 sonrası neo-liberal politikalar tarımı piyasaya teslim etmiş ve son 40 yıllık süreçteki tahribat ile Anadolu’nun tarım kültüründeki değişimlerle kırsalı iyice boşaltmıştır. Hak mücadeleleri sermayenin gücü karşısında etkisizleştirilmiştir. Emeğin örgütlenebileceği alanlar da yok edilmiştir.

Son 20 yıldır yapılaşmanın önü tümüyle açılmış ve tarımsal arazilerin de oldukça büyük bir kesimi yitirilmiştir. Tarımsal üretim zincirinin halkaları dış politikanın belirleyiciliği karşısında artık oldukça dağılmış durumdadır. Türkiye’nin kendi kendine yeter bir tarım ülkesi durumda olma yeteneği kalmamıştır. Dışa bağımlılık her boyutta sürdüğü gibi dış borç yükü de hızla artmıştır. Çalışmanın ana sonuçları yaşanan Covid salgının da nedenleri arasında aslında açığa çıkıyor.

BM Çevre Programında Covid nedenlerini alttaki gibi beş ayrı grupta toplamıştır (Şekil 5):

1-Ormansızlaşma, 2-Yasa dışı denetimsiz yaban hayat ticareti, 3-Antibiyotik direnci, 4-Küresel iklim değişikliği ve 5-Yoğun enerjiye dayalı tarım.



Şekil 5. BM Çevre Programı-Covid nedenleri

Kaynak. İlgili sözel kaynağın aktarımından alınarak yazar tarafından türetilmiştir (Aysu, 2021).

İşte bu nedenlerin başında küresel iklim değişikliği geliyorsa, onun da (%47-54) payının uygulanan endüstriyel tarım ve gıdanın imalatı ve ticaretinden kaynaklanıyorsa nedenlerin yarısından fazlasıyla esas sorumlunun tarım olduğu anlaşılmaktadır (Aysu,

2021). Tarımın önemini bizlere vurgulayan Covid gerçekliği sorunların esas kaynağının tarımsal alanlardaki yıkım olarak bize gösteriyor ve uyarıyor.

Covid kadar önceki yasal-yönetmelik süreçlerin tarımsal sorunların gelişimini belirleyen yanları da sorunların temelindeki çerçeveyi belirleyici düşünceleri de tekrar ön plana çıkarıyor.

Bu çalışma daha önce önerilen tartışma modellerinin yeniden oluşumuna sadece biraz görsel katkı sunuyor ve yeni tartışmalara da ön ayak olma çabasına giriyor.

Çalışma önerilen modellerden oluşan olası çözümlerde, Kuruç'un dile getirdiği gibi temel insan hakları çerçevesinde de tekrar tekrar gündeme getiriyor (Gıda hakları, yaşam hakları, çiftçi olma hakları) (Kuruç, 2021).

Seminer moderatörü Taluğ ise, iç içe geçmiş tarımsal süreçleri, en önemli yaşamsal süreçler olarak görüyor ve tarımsal yaşam biçimini oldukça açık bir şekilde anlaşılır-algılanır kılıyor (Taluğ, 2021). Seminer genelde çiftçiyi emanet aldığı kırsal kalkındırıcı toplumsal bir kesim olarak görüyor ve bu kesimin bağımsız örgütleriyle tarımsal üretimde fiyatı belirleme aşamasında da söz sahibi olması gerektiğini vurguluyor.

Çiftçinin efendiliğinin anıldığı Cumhuriyet'in değeri olduğu dönemler 100 yıl sonra tam tersine dönmüş ve ülke varlığını sürdürme yeteneğini dahi çoktan kaybetmiş durumdadır.

Özellikle AB Yeşil Mutabakat uyum kararı sonrası günümüzde ise tarım politikalarındaki süreç artık oldukça hızlanmış durumdadır. Ulusal ortak siyasi irade ile içinden geçilen bu dönemde daha fazla gecikilmeksizin acil önlemler alınması gerekmektedir. Aksi halde ülkemizin uluslararası ve özellikle AB ile rekabet avantajları çok daha fazla gerileyecektir.

AB uyumu konusundaki gelişmeleri inceleyen diğer güncel çalışmalar da arttırılmak zorundadır. Ayrıca büyük veri planlaması da bu güncel çalışmaların yine en önemli ayrıntılarını içeren bir parçası olacaktır. Paydaşların katılımı ve eşgüdümü AB uyum sürecini belirleyecektir.

Doğal alanlarda ve tarımsal arazilerde yapılaşma-imar kararları ve uygulamaları ile Niğde (Kocalar, 2019) şehri geçmişin değerlerinin sürdürülemediğinin açık bir göstergesi olup, diğer şehirlerin durumu da pek farklı değildir.

Havza koruma planları ile verimli tarım arazilerinin toplulaştırılarak bölünmeden özenle korunması gerekmektedir. Ayrıca havza bazlı ürün desteği ile havzaların gerçek çiftçileri desteklenmelidir.

Küçük aile çiftlikleri kırsal yerinde tutan yapılardır. Diğer ilişkili heterojen örgütsel yapılar da uyumlu ve adaletli bir şekilde entegre edilerek, bütüncül açıdan tarımı koruyucu bir kapsamda desteklenmelidir.

Ulusal gıda egemenliğinin önemsenmesi ve tarımın piyasaya terk edilmemesi gerekir.

Kırsal kalkınma modelleri geliştirilerek, kısa, orta ve uzun vadeli stratejiler, plan ve programlar adaletli bir şekilde belirlenerek açıklanmalıdır.

5. Teşekkür

21.yy. Planlama Çalışma grubuna, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Rektörü Sayın Prof. Dr. Hasan USLU'ya, ayrıca Sosyoloji Bölümüne ve özellikle Prof. Dr. Bayram ÜNAL'a, Mimarlık Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Selim KILIÇ'a araştırmalara gösterdikleri anlayış için teşekkürler.

Çalışma bildiri olarak ICEANS 2022'ta sunulmuş bildiri özet kitabı içinde ayrıca yayımlanacaktır.

Çalışma ilgili araştırma projelerinin gecikmiş olan ortak bir çıktısıdır:

“Kentsel Araştırmalar ve Disiplinlerarası Çalışmalar” Arş. Prj. ve

“Ormanlık-Sulak-Doğal-Rekreasyon/Rekreatif-Oyun ve Spor Alanları ile Tarımsal Arazilerin Korunması-Planlanması-Tasarımı” Arş. Prj.

Kaynakça

- Aysu, A. (2021). Çiftçilik ve Toplum 1 – Covid-19 ve Tarımın Ekonomi Politikası (2021 Kış Konferansları) 21.yy. Planlama Seminerleri. [Çevrimiçi]. Erişim: https://www.youtube.com/watch?v=0_VRSsYUAVM&list=PLKE6_pcaJvBDAIOjkV3vBMUeZkMOPuSI6&index=7
- BM Çevre Programı [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.mfa.gov.tr/birlesmis-milletler-cevre-programi.tr.mfa>
- Çavuşoğlu, A. (2019). 6360 Sayılı Kanun'un Kırsal Alan Yönetimine Etkisi: Antalya İli Örneği, Danışman: Doç. Dr. Mustafa Lamba, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Burdur.
- Görgün, E. K. ve Yörür, N. (2017). 6360 Sayılı Büyükşehir Kanunu Sonrası Kırsal Alanları Yeniden Düşünmek-İzmir Örneği, *Aydın İktisat Fakültesi Dergisi* Cilt.2 Sayı.1.
- İnan, İ. H., Başaran, B., Saner, G., Yercan, M., İnan, Ç., & Özdoğan, Ö. (2010). Türk tarım kooperatiflerinin AB tarım kooperatiflerine uyumu ve tarımsal sanayiye etkileri. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15.
- Kocalar, A. C. (2019). Doğal Alanlarda ve Tarımsal Arazilerde Yapılaşma-İmar Kararları ve Uygulamaları ile Niğde, Uluslararası Kent Araştırmaları Kongresi (UKAK), 16-18 Ekim 2019, Kent Araştırmaları Enstitüsü, Ankara. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://azizcumhorkocalar.blogspot.com/2019/10/bildiri-41-dogal-alanlarda-ve-tarimsal.html>
- Kocalar, A. C. (2022a). The effects of the climate crisis and adaptation policies: The Green Consensus, *Advanced Engineering Science - AES*, Vol 2 (2022).
- Kocalar, A. C. (2022b). Yeşil Mutabakat Çağında Büyük Veri Planlama Politikaları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Ejosat Özel Sayı 2022 (ICAENS-1), 716-719. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1084409>
- Kuruç, B. (2021). Çiftçilik ve Toplum 1 – Covid-19 ve Tarımın Ekonomi Politikası (2021 Kış Konferansları) 21. yy. Planlama Seminerleri. [Çevrimiçi]. Erişim: https://www.youtube.com/watch?v=0_VRSsYUAVM&list=PLKE6_pcaJvBDAIOjkV3vBMUeZkMOPuSI6&index=7
- Mevzuat Bilgi Sistemi, (2022). Kanunlar, Yönetmelikler, [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.mevzuat.gov.tr/>
- Taluğ, C. (2021). Çiftçilik ve Toplum 1 – Covid-19 ve Tarımın Ekonomi Politikası (2021 Kış Konferansları) 21. yy. Planlama

- Seminerleri. [Çevrimiçi]. Erişim:
https://www.youtube.com/watch?v=0_VRSsYUAVM&list=PLKE6_pcaJvBDAIOjkV3vBMUeZkMOPuSI6&index=7
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı – SBB, (2022). Kalkınma Planları, [Çevrimiçi]. Erişim:
<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>
- Uysal, Y. (2021). Çiftçilik ve Toplum 1 – Covid-19 ve Tarımın Ekonomi Politikası (2021 Kış Konferansları) 21. yy. Planlama Seminerleri. [Çevrimiçi]. Erişim:
https://www.youtube.com/watch?v=0_VRSsYUAVM&list=PLKE6_pcaJvBDAIOjkV3vBMUeZkMOPuSI6&index=7



A Polynomial Sequence Generalizing an Integer Sequence Associated with Tribonacci Numbers

Barış Arslan^{1*}, Kemal Uslu²

^{1*} Selçuk University, Faculty of Science, Department of Mathematics, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-6972-3317), barismath@gmail.com

² Selçuk University, Faculty of Science, Department of Mathematics, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0001-6265-3128), kuslu@selcuk.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1113886)

ATIF/REFERENCE: Arslan, B. & Ulu, K. (2022). A Polynomial Sequence Generalizing an Integer Sequence Associated with Tribonacci Numbers. *European Journal of Science and Technology*, (36), 185-190.

Abstract

Tribonacci polynomial sequence is an extension of Tribonacci numbers. We consider an integer sequence enumerating the number of subsets of S of the set $[n] = \{1, 2, \dots, n\}$ containing no three consecutive even integers. We define a polynomial sequence generalizing this integer sequence. The polynomial sequence is associated with the Tribonacci polynomials. We find the closed form formula and derive some basic properties of the polynomial sequence.

Keywords: Tribonacci numbers, Tribonacci polynomials, polynomial sequence, consecutive even integers, generating function.

Tribonacci Sayıları ile İlişkili Bir Tamsayı Dizisini Genelleyen Polinom Dizisi

Öz

Tribonacci polinom dizileri Tribonacci sayılarının bir genişlemesidir. $\{1, 2, \dots, n\}$ kümesinin ardışık üç çift tam sayı içermeyen S alt kümelerinin sayısını veren tam sayı dizisini göz önüne aldık. Bu tamsayı dizisini genelleyen bir polinom dizisi tanımladık. Polinom dizisi Tribonacci polinomları ile ilişkilendirildi. Bu polinom dizisinin kapalı formülünü bulduk ve polinom dizisinin bazı temel özelliklerini elde ettik.

Anahtar Kelimeler: Tribonacci sayıları, Tribonacci polinomları, polinom dizisi, ardışık çift sayılar, üreteç fonksiyon.

* Corresponding Author: barismath@gmail.com

1. Introduction

The Tribonacci polynomials are a polynomial sequence which can be considered as a generalization of the Tribonacci numbers. You can see more about Tribonacci polynomials in [4-9]. The tribonacci polynomial $T_n(x)$ was defined in 1973 by Hoggatt and Bicknell in [3] by the recurrence relation with its initial conditions as follows:

$$T_n(x) = x^2T_{n-1}(x) + xT_{n-2}(x) + T_{n-3}(x), \quad n \geq 3, \quad (1)$$

$$T_0(x) = 0, \quad T_1(x) = 1, \quad T_2(x) = x^2$$

When $x = 1$, we obtain the Tribonacci sequence $(T_n)_{n \geq 0}$. Generating function for Tribonacci polynomial sequence is given in [9] by

$$\sum_{n=0}^{\infty} T_n(x) t^n = \frac{t}{1 - x^2t - xt^2 - t^3}, \quad (2)$$

Binet's formula of Tribonacci polynomial is given in [5] by

$$T_n(x) = \frac{\alpha(x)^{n+1}}{(\alpha(x) - \beta(x))(\alpha(x) - \gamma(x))} + \frac{\beta(x)^{n+1}}{(\beta(x) - \alpha(x))(\beta(x) - \gamma(x))} + \frac{\gamma(x)^{n+1}}{(\gamma(x) - \alpha(x))(\gamma(x) - \beta(x))}, \quad (3)$$

where $\alpha(x)$, $\beta(x)$ and $\gamma(x)$ are the distinct roots of $t^3 - x^2t^2 - xt - 1 = 0$ which is the characteristic equation of (1).

Consider the sequence $(a_n)_{n \geq 0}$ counting the number of subsets S of the set $[n] = \{1, 2, \dots, n\}$ such that S contains no three consecutive even integers. The sequence $(a_n)_{n \geq 0}$ is studied in detail in [1].

$$a_n = 2a_{n-2} + 4a_{n-4} + 8a_{n-6}, \quad n \geq 6, \quad (4)$$

$$a_0 = 1, a_1 = 2, a_2 = 4, a_3 = 8, a_4 = 16, a_5 = 32.$$

In this paper we first define the polynomial sequence $(a_n(x))_{n \geq 0}$ using (4) and we obtain some basic properties of the polynomial sequence.

2. Main Results

2.1. Recursive Definition of the Polynomial Sequence

Let's define the polynomial sequence $(a_n(x))$ with the help of the recurrence relation (4) as follows:

$$a_n(x) = 2x^4a_{n-2}(x) + 4x^2a_{n-4}(x) + 8a_{n-6}(x). \quad (5)$$

The first few polynomials are:

$$a_0(x) = 1$$

$$a_1(x) = 2$$

$$a_2(x) = 4$$

$$a_3(x) = 8$$

$$a_4(x) = 16$$

$$a_5(x) = 32$$

$$a_6(x) = 32x^4 + 16x^2 + 8$$

$$a_7(x) = 64x^4 + 32x^2 + 16$$

$$a_8(x) = 64x^8 + 32x^6 + 16x^4 + 64x^2 + 32$$

Notice that $a_n(1) = a_n$.

2.2. Generating Function and the Closed Form Formula of the Polynomial Sequence

Let's try to find generating function $G(x, t)$ of the polynomial sequence $(a_n(x))$ using the formal power series.

$$G(x, t) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n(x) t^n$$

To find $G(x, t)$, multiply both sides of the recurrence relation (5) by t^n and sum over the values of n for which the recurrence is valid, namely, over $n \geq 6$. We get,

$$\sum_{n \geq 6} a_n(x) t^n = \sum_{n \geq 6} 2x^4 a_{n-2}(x) t^n + \sum_{n \geq 6} 4x^2 a_{n-4}(x) t^n + \sum_{n \geq 6} 8a_{n-6}(x) t^n \quad (6)$$

Then try to relate these sums to the unknown generating function $G(x, t)$. We have

$$\begin{aligned} & \sum_{n \geq 6} a_n(x) t^n \\ &= G(x, t) - a_0(x) - a_1(x)t - a_2(x)t^2 - a_3(x)t^3 - a_4(x)t^4 - a_5(x)t^5 \\ &= G(x, t) - 1 - 2t - 4t^2 - 8t^3 - 16t^4 - 32t^5, \end{aligned}$$

$$\sum_{n \geq 6} 2x^4 a_{n-2}(x) t^n = 2x^4 t^2 \sum_{n \geq 6} a_{n-2}(x) t^{n-2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2x^4t^2 (G(x, t) - a_0(x) - a_1(x)t - a_2(x)t^2 - a_3(x)t^3) \\
 &= 2x^4t^2 (G(x, t) - 1 - 2t - 4t^2 - 8t^3), \\
 &\sum_{n \geq 6} 4x^2a_{n-4}(x)t^n = 4x^2t^4 \sum_{n \geq 6} a_{n-4}(x)t^{n-4} \\
 &= 4x^2t^4 (G(x, t) - 1 - 2t), \\
 &\sum_{n \geq 6} 8a_{n-6}(x)t^n = 8t^6 \sum_{n \geq 6} a_{n-6}(x)t^{n-6} \\
 &= 8t^6G(x, t).
 \end{aligned}$$

If we write these results on the two sides of (6), we find that

$$\begin{aligned}
 &G(x, t) - 1 - 2t - 4t^2 - 8t^3 - 16t^4 - 32t^5 \\
 &= 2x^4t^2 (G(x, t) - 1 - 2t - 4t^2 - 8t^3) \\
 &+ 4x^2t^4 (G(x, t) - 1 - 2t) + 8t^6G(x, t), \\
 &G(x, t) \frac{1 + 2t + (4 - 2x^4)t^2 + (8 - 4x^4)t^3}{1 - 2x^4t^2 - 4x^2t^4 - 8t^6} \\
 &+ \frac{(16 - 4x^2 - 8x^4)t^4 + (32 - 8x^2 - 16x^4)t^5}{1 - 2x^4t^2 - 4x^2t^4 - 8t^6}. \quad (7)
 \end{aligned}$$

Substituting $x = 1$, we get the generating function for the integer sequence $(a_n)_{n \geq 0}$.

Theorem 1. Let $(a_n(x))$ is the polynomial sequence defined by (5). Then we have

$$\begin{aligned}
 a_{2n}(x) &= 2^n[T_{n+1}(x^2) + (2 - x^4)T_n(x^2) \\
 &+ (4 - x^2 - 2x^4)T_{n-1}(x^2)], \\
 a_{2n+1}(x) &= 2^{n+1}[T_{n+1}(x^2) + (2 - x^4)T_n(x^2) \\
 &+ (4 - x^2 - 2x^4)T_{n-1}(x^2)],
 \end{aligned}$$

where $T_n(x)$ is the n th Tribonacci polynomial.

Proof. If $A(x, t)$ is the generating function for even terms of the polynomial sequence $(a_n(x))_{n \geq 0}$ then it is clear that $A(x, t) = \frac{1}{2}(G(x, t) + G(x, -t))$. From (7) we get,

$$\begin{aligned}
 A(x, t) &= \frac{1 + (2 - x^4)2t^2 + (4 - x^2 - 2x^4)4t^4}{1 - 2x^4t^2 - 4x^2t^4 - 8t^6}, \\
 A(x, t) &= \frac{1}{1 - 2x^4t^2 - 4x^2t^4 - 8t^6}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ (2 - x^4) \frac{2t^2}{1 - 2x^4t^2 - 4x^2t^4 - 8t^6} \\
 &+ (4 - x^2 - 2x^4) \frac{4t^4}{1 - 2x^4t^2 - 4x^2t^4 - 8t^6}. \quad (8)
 \end{aligned}$$

Let's write the generating function of the Tribonacci polynomial sequence with initial conditions $T_0(x) = 0, T_1(x) = 1, T_2(x) = x^2$ which is given in (2):

$$t(x, z) = \frac{z}{1 - x^2z - xz^2 - z^3}.$$

Let's indicate the correspondence between a sequence and its generating function with a double-sided arrow as follows:

$$\langle 1, x^2, x^4 + x, \dots \rangle \leftrightarrow \frac{1}{1 - x^2z - xz^2 - z^3} \quad (9)$$

$$\langle 0, 1, x^2, x^4 + x, \dots \rangle \leftrightarrow \frac{z}{1 - x^2z - xz^2 - z^3} \quad (10)$$

$$\langle 0, 0, 1, x^2, x^4 + x, \dots \rangle \leftrightarrow \frac{z^2}{1 - x^2z - xz^2 - z^3} \quad (11)$$

If we right-shift the polynomial sequence in (9) by adding respectively one and two leading zeros, we obtain the polynomial sequences (10) and (11). Hence (9), (10) and (11) are respectively generating functions of the polynomial sequences $(T_{n+1}(x)), (T_n(x))$ and $(T_{n-1}(x))$.

Substituting x^2 for x and writing $z = 2t^2$ into (9), (10) and (11). Together with these and using (8) we get the coefficients of t^{2n} which gives the exact formula for the polynomial sequence $(a_{2n}(x))$,

$$\begin{aligned}
 a_{2n}(x) &= 2^n[T_{n+1}(x^2) + (2 - x^4)T_n(x^2) \\
 &+ (4 - x^2 - 2x^4)T_{n-1}(x^2)]
 \end{aligned}$$

where $T_n(x)$ is the Tribonacci polynomial sequence defined by (1).

If $B(x, t)$ is the generating function for odd terms of the polynomial sequence then it is clear that $B(x, t) = \frac{1}{2}(G(x, t) - G(x, -t))$. Using (7) we get,

$$\begin{aligned}
 B(x, t) &= \frac{2t + (8 - 4x^4)t^3 + (32 - 8x^2 - 16x^4)t^5}{1 - 2x^4t^2 - 4x^2t^4 - 8t^6} \\
 B(x, t) &= t \left[\frac{2}{1 - 2x^4t^2 - 4x^2t^4 - 8t^6} \right. \\
 &+ (4 - 2x^4) \frac{2t^2}{1 - 2x^4t^2 - 4x^2t^4 - 8t^6} \\
 &\left. + (8 - 2x^2 - 4x^4) \frac{4t^4}{1 - 2x^4t^2 - 4x^2t^4 - 8t^6} \right] \quad (12)
 \end{aligned}$$

Substituting (9), (10) and (11) into the equation (12) we get the coefficients of t^{2n+1} which gives the general term for the polynomial subsequence $(a_{2n+1}(x))$

$$a_{2n+1}(x) = 2^n [2T_{n+1}(x^2) + (4 - 2x^4)T_n(x^2) + (8 - 2x^2 - 4x^4)T_{n-1}(x^2)],$$

$$a_{2n+1}(x) = 2^{n+1} [T_{n+1}(x^2) + (2 - x^4)T_n(x^2) + (4 - x^2 - 2x^4)T_{n-1}(x^2)].$$

where $T_n(x)$ is the Tribonacci polynomial defined by (1).

The proof is completed.

Notice that,

$$a_{2n}(1) = a_{2n} = 2^n T_{n+2},$$

$$a_{2n+1}(1) = a_{2n+1} = 2^{n+1} T_{n+2}.$$

2.3. The Sum of the First n Terms of the Polynomial Sequence

In [4] the sum of the Tribonacci polynomials is obtained as

$$\sum_{k=0}^n T_k(x) = \frac{T_{n+2}(x) + (1 - x^2)T_{n+1}(x) + T_n(x) - 1}{x^2 + x}.$$

Theorem 2. Let $(a_n(x))$ is the polynomial sequence defined by (5) and $T_n(x)$ is the n th Tribonacci polynomial. Then for $n \geq 1$ we have

$$\sum_{k=0}^{2n} a_k(x) = \frac{2^{n+1}A_n(x) + 30x^4 + 12x^2 - 63}{2x^4 + 4x^2 + 7}$$

$$\sum_{k=0}^{2n+1} a_k(x) = \frac{2^{n+1}B_n(x) + 30x^4 + 12x^2 - 63}{2x^4 + 4x^2 + 7}$$

where

$$A_n(x) = [(-22x^4 - 8x^2 + 51)T_{n+1}(x^2) + (22x^8 + 8x^6 - 55x^4 + 4x^2 + 28)T_n(x^2) + (4x^8 + 18x^6 - 16x^4 - 37x^2 + 35)T_{n-1}(x^2)],$$

$$B_n(x) = [(-20x^4 - 4x^2 + 58)T_{n+1}(x^2) + (20x^8 + 4x^6 - 58x^4 + 12x^2 + 42)T_n(x^2) + (8x^6 - 26x^4 - 28x^2 + 63)T_{n-1}(x^2)].$$

Proof. Let $(S_n(x))_{n \geq 0}$ be the sum of first n terms of the polynomial sequence $(a_n(x))$:

$$S_n(x) = \sum_{k=0}^n a_k(x)$$

Using recurrence relation (5) and its initial conditions we have

$$a_n(x) = 2x^4 a_{n-2}(x) + 4x^2 a_{n-4}(x) + 8a_{n-6}(x),$$

$$a_0(x) = 1, a_1(x) = 2, a_2(x) = 4, a_3(x) = 8,$$

$$a_4(x) = 16, a_5(x) = 32.$$

For $n > 5$, we can write the following equalities:

$$a_6(x) = 2x^4 a_4(x) + 4x^2 a_2(x) + 8a_0(x)$$

$$a_7(x) = 2x^4 a_5(x) + 4x^2 a_3(x) + 8a_1(x)$$

.....

$$a_n(x) = 2x^4 a_{n-2}(x) + 4x^2 a_{n-4}(x) + 8a_{n-6}(x)$$

Adding all these equations term by term and substituting initial values we have

$$S_n(x) = \frac{(2x^4 + 4x^2 + 8)[a_n(x) + a_{n-1}(x)]}{2x^4 + 4x^2 + 7}$$

$$+ \frac{(4x^2 + 8)[a_{n-2}(x) + a_{n-3}(x)]}{2x^4 + 4x^2 + 7}$$

$$+ \frac{8[a_{n-4}(x) + a_{n-5}(x)] + 30x^4 + 12x^2 - 63}{2x^4 + 4x^2 + 7}.$$

Let's write $S_{2n}(x)$:

$$S_{2n}(x) = \frac{(2x^4 + 4x^2 + 8)[a_{2n}(x) + a_{2n-1}(x)]}{2x^4 + 4x^2 + 7}$$

$$+ \frac{(4x^2 + 8)[a_{2n-2}(x) + a_{2n-3}(x)]}{2x^4 + 4x^2 + 7}$$

$$+ \frac{8[a_{2n-4}(x) + a_{2n-5}(x)]}{2x^4 + 4x^2 + 7}$$

$$+ \frac{30x^4 + 12x^2 - 63}{2x^4 + 4x^2 + 7}. \tag{13}$$

Using (13) and Theorem 1 we have

$$S_{2n}(x) = \frac{2^{n+1}A_n(x) + 30x^4 + 12x^2 - 63}{2x^4 + 4x^2 + 7},$$

where

$$A_n(x) = [(x^4 + 2x^2 + 4)T_{n+1}(x^2) + (-x^8 - 2x^6 - x^4 + 7x^2 + 14)T_n(x^2) + (-3x^8 - 8x^6 - 10x^4 + 11x^2 + 31)T_{n-1}(x^2)]$$

$$\begin{aligned}
 &+(-2x^8 - 8x^6 - 22x^4 + 4x^2 + 47)T_{n-2}(x^2) \\
 &+(-2x^6 - 8x^4 + x^2 + 14)T_{n-3}(x^2) \\
 &+(-2x^4 - x^2 + 4)T_{n-4}(x^2).
 \end{aligned}$$

Since $T_n(x) = x^2T_{n-1}(x) + xT_{n-2}(x) + T_{n-3}(x)$, using this fact we have

$$\sum_{k=0}^{2n} a_k(x) = \frac{2^{n+1}A_n(x) + 30x^4 + 12x^2 - 63}{2x^4 + 4x^2 + 7}, \quad (14)$$

where

$$\begin{aligned}
 A_n(x) = & [(-22x^4 - 8x^2 + 51)T_{n+1}(x^2) \\
 & + (22x^8 + 8x^6 - 55x^4 + 4x^2 + 28)T_n(x^2) \\
 & + (4x^8 + 18x^6 - 16x^4 - 37x^2 + 35)T_{n-1}(x^2)].
 \end{aligned}$$

Let's find the following summation formula for $n \geq 1$,

$$\begin{aligned}
 &\sum_{k=0}^{2n+1} a_k(x) \\
 &\sum_{k=0}^{2n+1} a_k(x) = \sum_{k=0}^{2n} a_k(x) + a_{2n+1}(x)
 \end{aligned}$$

From Theorem 1 and (14) we have

$$\sum_{k=0}^{2n+1} a_k(x) = \frac{2^{n+1}B_n(x) + 30x^4 + 12x^2 - 63}{2x^4 + 4x^2 + 7}, \quad (15)$$

where

$$\begin{aligned}
 B_n(x) = & [(-20x^4 - 4x^2 + 58)T_{n+1}(x^2) \\
 & + (20x^8 + 4x^6 - 58x^4 + 12x^2 + 42)T_n(x^2) \\
 & + (8x^6 - 26x^4 - 28x^2 + 63)T_{n-1}(x^2)].
 \end{aligned}$$

The proof is completed.

Corollary 1. Let $(a_n(x))$ is the polynomial sequence defined by (5) and $T_n(x)$ is the n th Tribonacci polynomial. For $n \geq 1$ we have

$$\begin{aligned}
 \sum_{k=0}^n a_{2k}(x) &= \frac{2^{n+1}B_n(x) + 30x^4 + 12x^2 - 63}{3(2x^4 + 4x^2 + 7)}, \\
 \sum_{k=0}^n a_{2k+1}(x) &= \frac{2^{n+2}B_n(x) + 60x^4 + 24x^2 - 126}{3(2x^4 + 4x^2 + 7)},
 \end{aligned}$$

where

$$\begin{aligned}
 B_n(x) = & [(-20x^4 - 4x^2 + 58)T_{n+1}(x^2) \\
 & + (20x^8 + 4x^6 - 58x^4 + 12x^2 + 42)T_n(x^2)
 \end{aligned}$$

$$+ (8x^6 - 26x^4 - 28x^2 + 63)T_{n-1}(x^2)].$$

Proof. As a consequence of Theorem 1, for every $n \geq 0$ we have

$$a_{2n+1}(x) = 2a_{2n}(x).$$

Hence, it is an immediate consequence of Theorem 2 and this fact.

2.4. Limit of the Ratio of Consecutive Terms of the Polynomial Sequence

The limit of the ratio of consecutive terms of the Tribonacci numbers is given in [2] as follows:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{T_{n+1}}{T_n} = \alpha \quad (16)$$

where

$$\alpha = \frac{1 + \sqrt[3]{19 + 3\sqrt{33}} + \sqrt[3]{19 - 3\sqrt{33}}}{3}.$$

Corollary 2. Let $(a_n(x))$ is the polynomial sequence defined by (5) and $\alpha(x)$ is the real root of characteristic equation of (1). Then we have

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_{2n+1}(x)}{a_{2n}(x)} = 2, \quad (17)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_{2n}(x)}{a_{2n-1}(x)} = \alpha(x^2). \quad (18)$$

Proof. (17) is an immediate consequence of Theorem 1. We can easily obtain (18) using Theorem 1 and the Binet's formula of Tribonacci polynomial given in (3).

Taking $x = 1$, we have

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_{2n+1}}{a_{2n}} = 2, \quad (19)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_{2n}}{a_{2n-1}} = \alpha. \quad (20)$$

You can also see [1] for the limits given in (19) and (20).

3. Conclusions

In this paper, we define a polynomial sequence $(a_n(x))$ which is a generalization of the integer sequence (a_n) given in [1]. The polynomial sequence is associated with the Tribonacci polynomials and we get some properties of the polynomial sequence.

References

- [1] Arslan, B. and Uslu, K. (2021). Number of Subsets of the Set $[n]$ Including No Three Consecutive Even Integers, *European Journal of Science and Technology*, (28), pp. 552-556.
- [2] Bueno, A. C. F. (2015). A note on generalized Tribonacci sequence, *Notes on Number Theory and Discrete Mathematics*, 21, pp. 67-69.
- [3] Hoggatt V. E. and Bicknell, M. (1973). Generalized Fibonacci polynomials, *Fibonacci Quarterly*, Vol. 11, pp. 457-465.
- [4] Kocer E. G. and Gedikli, H. (2016). Trivariate Fibonacci and Lucas polynomials,” *Konuralp J. Math.*, 4, pp. 247-254.
- [5] Koshy, T. (2011). *Fibonacci and Lucas Numbers with Applications*, Wiley Interscience Publications, New York.
- [6] Ramirez, J. L. and Sirvent, V. F. (2014). Incomplete Tribonacci Numbers and Polynomials, *Journal of Integer Sequences*, 17, Article 14.4.2.
- [7] Rybłowicz, B. & Tereszkievicz, A. (2018). Generalized Tribonacci and generalized Tribonacci polynomials,” *Applied Mathematics and Computation*, 325, pp. 297-308.
- [8] Yilmaz, N. and Taskara, N. (2014). Incomplete Tribonacci-Lucas Numbers and Polynomials.” *Advances in Applied Clifford Algebras*, 25, pp. 741-753.
- [9] Yogesh Kumar Gupta, Badshah, V. H., Mamta Singh, Kiran Sisodiya. (2016). Some Identities of Tribonacci Polynomials, *Turkish Journal of Analysis and Number Theory*. Vol. 4, No. 1, pp. 20-22.



Face Detection by Measuring Thermal Value to Avoid Covid-19

Kubilay Tuna^{1*}, Bayram Akdemir²

^{1*} Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Electrical Electronics Engineering, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-6448-074X), kubilaytuna26@hotmail.com

² Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Electrical Electronics Engineering, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-0565-2345), bakdemir@ktun.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1113302)

ATIF/REFERENCE: Tuna, K. & Akdemir, B. (2022). Face Detection by Measuring Thermal Value to Avoid Covid-19. *European Journal of Science and Technology*, (36), 191-196.

Abstract

In this study, custom Single Shot Detection (SSD) was used to detect infected people faces because of Covid-19. It has been suggested to determine around the eyes area where the body temperature of the person most accurate by determining the facial landmarks with Ensemble of Regression Trees (ERT) model on these detected faces. Finally, the thermal value was measured from around the eyes area in a non-contact way using sensor fusion. As a result of the analyzes made, it was observed that the proposed system gave results close to the different measurement methods.

Keywords: SSD, Facial Landmark, ERT, Non-contact, Sensor Fusion, Covid-19.

Covid-19'u Önlemek İçin Termal Değeri Ölçerek Yüz Tespiti

Öz

Bu çalışmada, Covid-19 nedeniyle enfekte olmuş kişilerin yüzlerini tespit etmek için özel Single Shot Detection (SSD) modeli kullanıldı. Tespit edilen bu yüzler üzerinde Ensemble of Regresyon Trees (ERT) modeliyle yüz işaret noktaları belirlenerek kişinin vücut sıcaklığının en doğru olduğu göz çevresinin tespit edilmesi önerilmiştir. Son olarak, termal değer, sensör füzyonu kullanılarak temassız bir şekilde göz çevresinden ölçülmüştür. Yapılan analizler sonucunda önerilen sistemin farklı ölçüm yöntemlerine yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: SSD, Yüz İşaret Noktaları, ERT, temassız, Sensör Füzyonu, Covid-19.

* Corresponding Author: kubilaytuna26@hotmail.com

1. Introduction

In these periods of rapidly growing societies, human beings and wildlife are increasingly intertwined with each passing day. In addition to, Pandemics, which have many examples in history, are one of the biggest problems of humanity. The most important step in the fight against such contagious diseases is to detect the diseased people as soon as possible and to prevent the transmission of the disease to more people (Hays, 2005).

The common symptom of almost all pandemic diseases is high fever. Thus, in the simplest way, the detection of people with a fever of 38 °C and above, which is described as abnormal body temperature, will eliminate the risk of transmission, and ensure that the epidemic is brought under control. However, it is difficult to control these people in environments where hundreds of people enter and exit. This situation requires labor and cost, causing time loss. Therefore, in the advanced technology world we live in, it is necessary to automate this process by eliminating human influence (Cai et al., 2020).

When the studies in the literature are examined, various approaches are presented regarding the detection of faces and facial landmarks.

Instead of treating the detection of facial landmarks as a single and independent problem, Zhang et al. (2014) suggested that detection robustness should be improved with multi-task learning. In particular, facial mark detection has been optimized with heterogeneous but finely correlated tasks. As a result of the practice, it has been observed that the proposed task-constrained learning outperforms existing methods, especially in dealing with faces with severe occlusion and pose change, and greatly reduces model complexity when compared to the state-of-the-art method based on progressive deep modeling. Li H. et al. (2015) proposed a CNN cascade model that can accurately distinguish real-world faces from the background by isolating them from large visual differences such as lighting. The detector evaluates the input image at low resolution to quickly reject non-face areas and carefully process difficult areas at higher resolution for accurate detection. Calibration nets have been gradually added to speed detection and improve bounding box quality. The proposed detector is very fast, reaching 14 FPS for typical VGA images on the CPU and can be accelerated up to 100 FPS on the GPU. Liu et al. (2015) proposed a new deep learning framework for facial feature estimation in the wild. The network consists of two different cascade CNN models. The LNET and ANET rungs are pre-trained differently. LNET is trained for face location estimation, while ANET is trained with large face IDs for feature estimation. The model is resistant to background confusion with designed pre-training strategies. Fast forward feed algorithm is used to save unnecessary computation. Yang et al. (2015) presented the WIDER FACE dataset, which is 10 times larger than existing datasets. The dataset contains rich descriptions, including gags, poses, event categories, and face bounding boxes. Faces in the proposed dataset are extremely difficult due to the large differences in scale, exposure, and occlusion. These factors are ubiquitous in many real-world applications. Therefore, the models trained with this dataset perform quite well in the real world. Ranjan et al. (2017) proposed an algorithm for simultaneous face detection, localization of landmarks, pose estimation and gender recognition using deep convolutional neural networks (CNN). The proposed method, called HyperFace, combines the interlayers of a deep CNN using a separate CNN

and then follows a multi-task learning algorithm that works on the combined features. Extensive experiments show that the proposed models can capture both global and local information in hundreds, significantly outperforming many competing algorithms for each of these four tasks. Jiang and Learned-Miller have recently proposed to apply Faster RCNN to face detection, which has shown impressive results on various object detection criteria. They trained a faster R-CNN model on the large-scale WIDER face dataset and compared it with the latest results in the WIDER test set. As a result of the study, it was concluded that although Faster R-CNN was designed for general object detection, it showed impressive face detection performance when retrained on an appropriate face detection training set (Jiang & Learned-Miller, 2017). Sun et al. proposed the application of a combined visible and thermal image processing approach that uses an IRT-equipped CMOS camera to screen patients with infectious diseases. An IRT system producing visible and thermal images was used to acquire the image. Subjects respiratory rates were measured by monitoring temperature changes around the nasal areas on thermal images; Facial skin temperatures were measured at the same time. As a result, the proposed system efficiently detected patients with suspected infectious diseases (Sun et al., 2017). Li et al. (2018) presented a new framework for real-time thermal comfort interpretation using infrared thermography. The main contribution of this work is the proposed data collection and analysis framework continuously and automatically acquire, retrieve, and analyze facial skin temperature data and interpret thermal comfort conditions for each building user in real operational environments. The proposed framework uses interdisciplinary techniques, including thermoregulation theory, computer vision, and machine learning. The results show that facial skin temperature collected from non-intrusive low-cost infrared thermal cameras can help to obtain a robust estimate of thermal comfort in real time, offering the possibility of synchronous control of indoor environments with minimal disruption to building works.

In this study proposes fast, efficient, and easy detection of risky people with a deep learning-based face detection system. Thus, the pandemic, which negatively affects the flow of daily life, can be reduced and disruptions can be eliminated. Single Shot Detector (SSD) and Ensemble of Regression Trees (ERT) were used as deep learning methods. The study consists of five parts in total. Section 1 is called the introduction and the literature studies are mentioned. The second part is the material and method part. Section 3 contains the findings and discussion. Section 4 contains the outcomes.

2. Material and Method

2.1. Dataset Description

In this study, SSD network is trained on the dataset, which is a combination of various open-source datasets and pictures, which included WIDER Face (Yang et al., 2015) and MAFA (Ge et al., 2017) datasets. All images were labelled and checked in accordance with the VOC format with a series of developed algorithms while preparing the dataset. The data set used for training was reviewed one by one and checked before reaching its final form.



Fig. 1 Combined dataset

2.2. Deep Learning

The Deep learning method is a popular machine learning approach that emerged with the deepening of ANN (Artificial Neural Networks) methods. In this method, the computational structure is based on ANN calculations and better success is achieved compared to classical ANN approaches.

In previous years, it was difficult to train ANNs due to limited hardware possibilities and data. Therefore, the layers in these models were less numerous. With the introduction of machines with high processing power into our lives, it became possible to train deeper models. Especially with the ability of the GPU to perform matrix operations quickly, models have started to be trained on GPUs, and the increasing number of data has made deep learning popular (Mesnil et al., 2014). Figure 2 shows the performances of deep learning and classical machine learning.

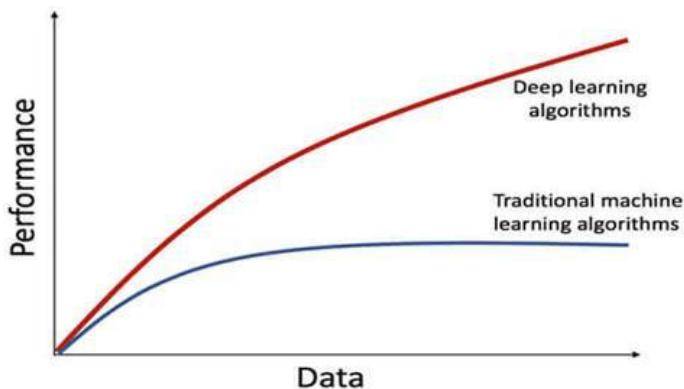


Fig. 2 Comparison of deep learning and machine learning

2.3. Convolutional Neural Network

CNN basically consists of two parts. The first part is the feature extraction that consists of one or more convolution and pooling layers. The second part is the part where the classification process consisting of fully connected layers is performed. Figure 3 shows the CNN stages.

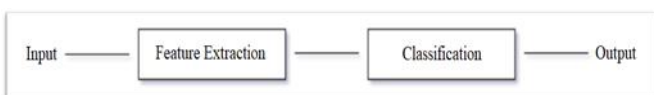


Fig. 3 CNN stages

These networks are mostly used in the field of image classification. Estimates are made by extracting certain features, such as the human vision mechanism, as the operation of the network. Feature extraction from image pixels is difficult in image classification problems. CNN automatically runs this difficult process in the first part to obtain feature maps. Afterwards, the obtained features are transmitted to the fully connected layers, and certain number values are obtained thanks to the multi-layer detectors, and predictions are made about which class the image belongs to.

In the feature extraction phase, one or more convolution, pooling and Relu operations are applied sequentially.

The purpose of convolution layers is to extract feature maps by using pixel matrices of the image. In this layer, filters (weights) of different sizes such as 3x3, 5x5 are applied to the pixel matrices of the image, starting from the top left and descending to the bottom right, by shifting.

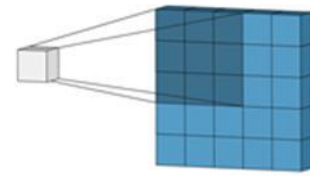


Fig. 4 Convolution process

The biggest problems encountered in the CNN method are overfitting and linearity. Overfitting means that the proposed deep learning model has high success on training data and low on test data, while linearity problem means that the obtained data cannot be separated linearly.

Pooling and dropout layers are used to prevent overfitting. The pooling process is applied in the next stage after the filtering process in the convolution layer during the feature extraction stage. The purpose of this process is to reduce the dimensions of the obtained feature maps. On the other hand, dropout deletes some of the neurons on the network during training. In this way, nerve cells are prevented from representing the same features, and each nerve cell is ensured to represent different features.

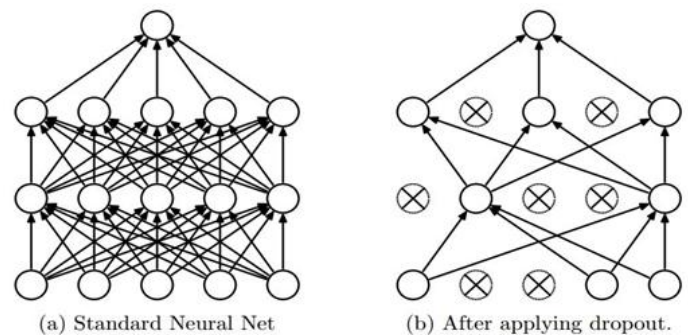


Fig. 5 ANN model and dropout applied

The Relu is active only when the input value is above a certain amount, thus avoiding linearity problem (Öztürk & Akdemir, 2019).

In the classification problem, the output of the network is equal to the number of classes used in training. Here, probability values are used to indicate which class the image belongs to from the feature map and which class it is more related to.

At this stage, softmax is used as a probabilistic class estimator. The softmax function is shown in Figure 6.

$$s(x_i) = \frac{e^{x_i}}{\sum_{j=1}^n e^{x_j}}$$

Fig. 6 Softmax function

2.4. Single Shot Detector (SSD)

The SSD model, which appeared at the end of November 2016, has set new records in terms of performance and sensitivity for object detection tasks. It also showed 74% mAP (average precision) at 59 frames per second (FPS) in standard datasets such as Pascal VOC and COCO (Liu et al., 2016). As the name suggests, SSD works by considering three basic methods. These,

- Single shot: This means that object localization and classification tasks are done in a single forward pass of the network.
- Multibox: It is the name of the bounding box regression technique developed by Szegedy et al. (2016).

- Detector: Network is an object detector that also classifies detected objects.

As seen in Figure 7, the SSD architecture is based on the VGG-16 architecture. However, the fully connected layers in VGG have been discarded. The reason for using VGG-16 as the base mesh is its powerful performance in high-quality image classification tasks and helps to improve results with transfer learning. Instead of the fully connected layers in the original VGG, a few auxiliary convolution layers (as of conv6) have been added, allowing features to be extracted at multiple scales and gradually reduced the input size of each subsequent layer.

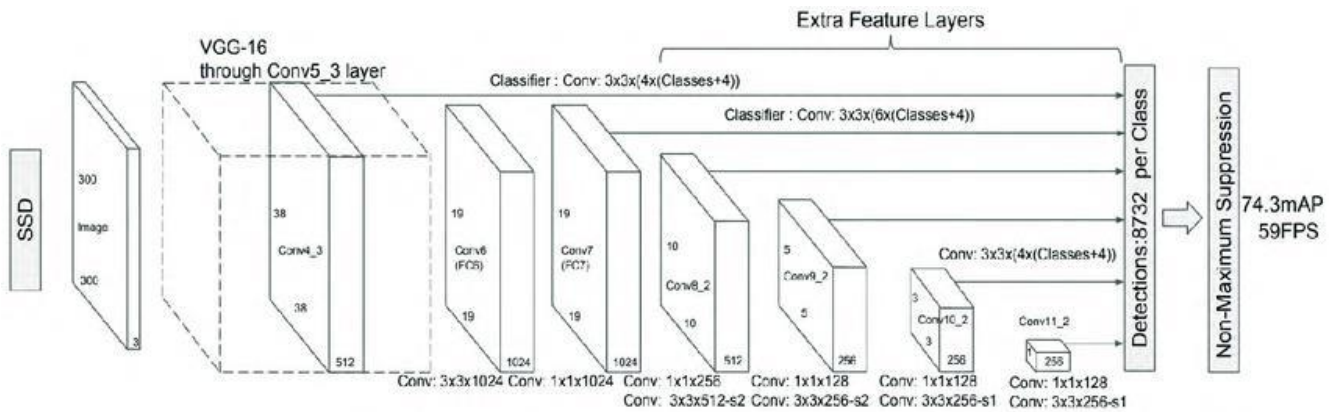


Fig. 7 SSD architecture

2.5. Facial Landmarks

Detection of facial markings is a method that is frequently used in almost every field recently. By identifying facial markings, face alignment, head pose estimation, face swapping, blink detection, etc. Many applications have been successfully implemented. Detection of facial markings is a subset of the shape prediction problem. Given an input image (and an ROI that normally indicates the object of interest), a shape predictor attempts to localize key points of interest throughout the shape. It was suggested to use the Ensemble of Regression Trees (ERT) model as the face point detector in this study (Kazemi & Sullivan, 2014). Figure 8 shows facial markings.

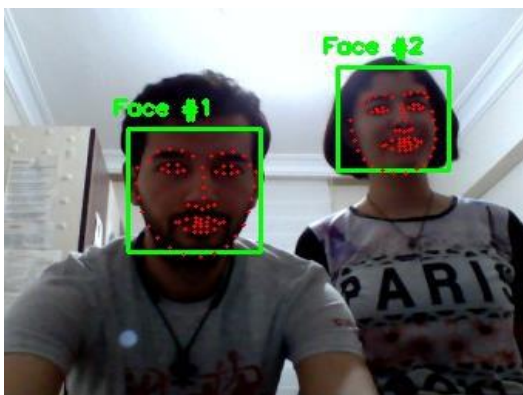


Fig. 8 Facial landmarks

2.6. Infrared Temperature Measurement Theory

Infrared (IR) energy is emitted by all materials above 0 °K. Infrared radiation is part of the Electromagnetic Spectrum and occupies frequencies between visible light and radio waves. The

IR part of the spectrum covers wavelengths from 0.7 micrometers to 1000 micrometers (microns). In this waveband, only 0.7 micron to 20-micron frequencies are used for practical, everyday temperature measurement.

Although IR radiation is invisible to the human eye, it is useful to imagine it visible when dealing with measurement principles and evaluating applications because it behaves in many ways the same as visible light. IR energy travels in straight lines from the source and can be reflected and absorbed by material surfaces in its path. Radioactive heat exchange is shown in Figure 9.

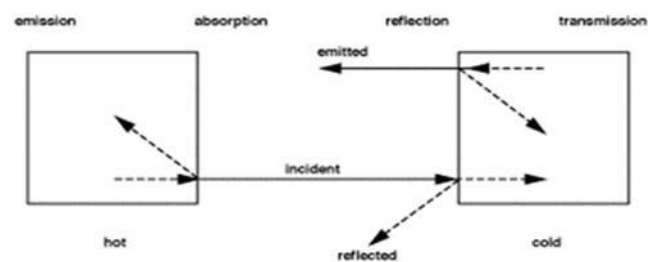


Fig. 9 Radioactive heat exchange

3. Results and Discussion

In this study, custom SSD model was trained using ResNet-10 like architecture as a backbone on the combined dataset. The dlib library, which includes the implementation of the ERT model, was used as a facial landmarks detector. In this way, temperature measurement was performed from around the eyes using the Optris CS LT infrared thermometer (sensor fusion). Finally, people with a measured temperature value of 38 °C and above were considered risky.



Fig. 10 SSD architecture

The proposed method has been implemented on Nvidia Jetson Nano and has been tested in real-time scenarios. The Nvidia Jetson Nano and dual-sensor camera (RGB+IR) are shown in Figure 11.



Fig. 11 Nvidia Jetson Nano and dual-sensor camera

As a result of these tests, it has been observed that the proposed method is robust, trustful, easy to use, being suitable for real-time applications (~15 FPS), saving time and resources.

Table 1. Temperature comparison between different measurement method

Type of Thermometer	Body Side	Mean Temperature (°C)
Classic infrared thermometer	Forehead	37.0
Classic thermal thermometer	Around the eyes	36.5
Sensor fusion (proposed method)	Around the eyes	36.0

4. Conclusions and Recommendations

In this study, a deep learning-based face detection system by measuring thermal value is proposed that can support human vision to avoid Covid-19.

When this system is implemented, it can be easily used for public health measurement and analysis by eliminating human influence in airports, hospitals, public buildings, shopping malls, educational institutions, justice palaces and penitentiary institutions, military institutions, universities, and any environment with a large human population.

The performance of the SSD model against occlusion is shown in Figure 12.



Fig. 12 SSD model against occlusion

The comparison of the proposed method with different measurement methods is shown in table

5. Acknowledge

I would like to thank Asst. Prof. Bayram Akdemir for his valuable supports.

References

- Cai, Q., Huang, D., Ou, P., Yu, H., Zhu, Z., Xia, Z., ... & Chen, J. (2020). COVID-19 in a designated infectious diseases hospital outside Hubei Province, China. *Allergy*, 75(7), 1742-1752.
- Ge, S., Li, J., Ye, Q., & Luo, Z. (2017). Detecting masked faces in the wild with lle-cnns. In *Proceedings of the IEEE*

- conference on computer vision and pattern recognition (pp. 2682-2690).
- Hays, J. N. (2005). Epidemics and pandemics: their impacts on human history. *Abc-clio*.
- Jiang, H., & Learned-Miller, E. (2017, May). Face detection with the faster R-CNN. In 2017 12th IEEE international conference on automatic face & gesture recognition (FG 2017) (pp. 650-657). IEEE.
- Kazemi, V., & Sullivan, J. (2014). One millisecond face alignment with an ensemble of regression trees. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 1867-1874).
- Li, D., Menassa, C. C., & Kamat, V. R. (2018). Non-intrusive interpretation of human thermal comfort through analysis of facial infrared thermography. *Energy and Buildings*, 176, 246-261.
- Li, H., Lin, Z., Shen, X., Brandt, J., & Hua, G. (2015). A convolutional neural network cascade for face detection. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 5325-5334).
- Liu, Z., Luo, P., Wang, X., & Tang, X. (2015). Deep learning face attributes in the wild. In Proceedings of the IEEE international conference on computer vision (pp. 3730-3738).
- Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C. Y., & Berg, A. C. (2016). SSD: Single shot multibox detector. In European conference on computer vision (ECCV).
- Mesnil, G., Dauphin, Y., Yao, K., Bengio, Y., Deng, L., Hakkani-Tur, D., ... & Zweig, G. (2014). Using recurrent neural networks for slot filling in spoken language understanding. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 23(3), 530-539.
- Özürk, Ş., ve Akdemir, B. (2019). Cell-type based semantic segmentation of histopathological images using deep convolutional neural networks. *International Journal of Imaging Systems and Technology*, 29(3), 234-246.
- Ranjan, R., Patel, V. M., & Chellappa, R. (2017). Hyperface: A deep multi-task learning framework for face detection, landmark localization, pose estimation, and gender recognition. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 41(1), 121-135.
- Sun, G., Nakayama, Y., Dagdanpurev, S., Abe, S., Nishimura, H., Kirimoto, T., & Matsui, T. (2017). Remote sensing of multiple vital signs using a CMOS camera-equipped infrared thermography system and its clinical application in rapidly screening patients with suspected infectious diseases. *International Journal of Infectious Diseases*, 55, 113-117.
- Yang, S., Luo, P., Loy, C. C., & Tang, X. (2015). From facial parts responses to face detection: A deep learning approach. In Proceedings of the IEEE international conference on computer vision (pp. 3676-3684).
- Zhang, Z., Luo, P., Loy, C. C., & Tang, X. (2014, September). Facial landmark detection by deep multi-task learning. In European conference on computer vision (pp. 94-108). Springer, Cham.



Contemporary Approaches to Mitigate Pilot Contamination in Massive MIMO Systems

Esra Cansu Kose ^{*1}, Abdulkadir Yayilkan ², Selman Kulac ³, H. Gokhan Ilk ⁴

^{1*} Duzce University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Duzce, Turkey, (ORCID: 0000-0001-6473-8600), esracansukose06@gmail.com

² Duzce University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Duzce, Turkey, (ORCID: 0000-0001-7432-6191), abdulkadiryayilkan1@gmail.com

³ Duzce University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Duzce, Turkey, (ORCID: 0000-0002-7737-1569), selmankulac@duzce.edu.tr

⁴ Ankara University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Ankara, Turkey, (ORCID: 0000-0003-4365-8286), ilk@ieeee.org

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1113277)

ATIF/REFERENCE: Kose, E.C., Yayilkan, A., Kulac, S. Ilk, H.G. (2022). Contemporary Approaches to Mitigate Pilot Contamination in Massive MIMO Systems. *European Journal of Science and Technology*, (36), 197-206.

Abstract

Massive Multiple Input Multiple Output (MIMO) is a promising technology for meeting the demand of high data capacity for mobile networks in the future. Obtaining channel state information (CSI) in MIMO systems provides energy and spectrum efficiency. Hence, the accuracy of the CSI is very important. Time Division Duplexing (TDD) is a good alternative method to obtain CSI in Massive MIMO systems. Pilot sequences are used to obtain CSI. In practice, it is not possible to assign a different pilot sequence to each user terminal. In particular, the use of the same pilot sequences in different cells in Massive MIMO systems causes the problem of pilot contamination. Many studies have been conducted in an attempt to mitigate this problem. In this study, the reasons for pilot contamination are discussed and the methods proposed in the literature for eliminating or mitigating pilot contamination are presented. In addition, the case of pilot contamination-related security in Massive MIMO and other related issues that may be important in future systems are highlighted.

Keywords: Pilot Contamination (PC) Mitigation, Massive MIMO Systems, Channel State Information (CSI), Time Division Duplex (TDD), Frequency Division Duplex (FDD).

Büyük Ölçekli MIMO Sistemlerde Pilot Kirliliğini Azaltmaya Yönelik Çağdaş Yaklaşımlar

Öz

Büyük Çoklu Giriş Çoklu Çıkış (MIMO), gelecekte mobil ağlar için yüksek veri kapasitesi talebini karşılamak için umut verici bir teknolojidir. MIMO sistemlerinde kanal durum bilgisinin (CSI) elde edilmesi, enerji ve spektrum verimliliği sağlar. Bu nedenle, CSI'nin doğruluğu çok önemlidir. Zaman Bölmeli Çift Yönlendirme (TDD), Massive MIMO sistemlerinde CSI elde etmek için iyi bir alternatif yöntemdir. CSI elde etmek için pilot diziler kullanılır. Pratikte, her kullanıcı terminaline farklı bir pilot dizisi atamak mümkün değildir. Özellikle Massive MIMO sistemlerinde farklı hücrelerde aynı pilot dizilerin kullanılması pilot kontaminasyonu sorununa neden olmaktadır. Bu sorunu azaltmak için birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, pilot kontaminasyonunun nedenleri tartışılmakta ve pilot kontaminasyonunu ortadan kaldırmak veya azaltmak için literatürde önerilen yöntemler sunulmaktadır. Ayrıca, Massive MIMO'da pilot kontaminasyonla ilgili güvenlik durumu ve gelecekteki sistemlerde önemli olabilecek diğer ilgili konular vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Pilot Kirliliğini Azaltma, Büyük Ölçekli Çok Girişli Çok Çıkışlı Sistemler, Kanal Kestirimi Bilgisi, Zaman Bölmeli Çift Yönlendirme, Frekans Bölmeli Çift Yönlendirme

*

*Corresponding Author: esracansukose06@gmail.com

1. Introduction

One of the biggest reasons for developing wireless communications is the constantly increasing user demand. The existing systems are not sufficient to meet these needs. To meet these demands, the next-generation 5G technology is expected to make improvements in issues such as latency reduction, data rate increase, energy saving, cost reduction and spectrum efficiency. The usage of wireless Massive MIMO systems is very important for these improvements in 5G systems. The Massive MIMO system is a technology with many users and with many antennas in the receiver and/or transmitter. This technology promises hope for the future and recently, studies in this area have increased.

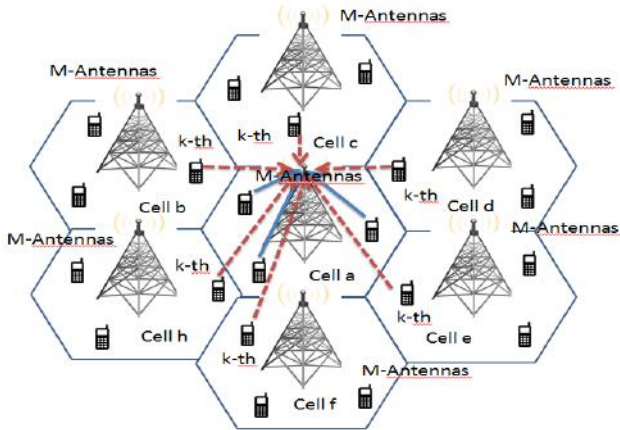


Fig. 1 Pilot contamination problem in Massive MIMO systems (Pilot reuse factor: 1).

This paper also presents the advantages and challenges of Massive MIMO systems. Major advantages of Massive MIMO systems include increased energy and spectral efficiency, reduced cost and air interface latency, a simplified multiple access layer, wireless communication robustness, and the simplicity and optimality of radio frequency (RF) linear pre-decoders and detectors. For this reason, the number of base station (BS) antennas is greater than that of the users (UTs) [1]. In contrast to these advantages, there are also some challenges. These include requiring transceiver calibration, obtaining channel state information (CSI) in a timely manner, fast processing algorithms against pilot contamination and RF chains, and orthogonality of radio propagation and responses [1].

This study especially focuses on the problem of pilot contamination. Pilot contamination limits the performance of Massive MIMO systems.

It is difficult to obtain CSI in the channel estimation phase due to the pilot contamination problem, as seen in Figure 1. Therefore, it would be very difficult to determine the advantages of a system in which accurate CSI cannot be obtained. There are many ways to obtain CSI, including pilot methods, semi blind algorithms and blind methods. Various successful methods proposed to date are presented in the overview in this study. In this study, more recent research and security-related works are also included in the examination of the pilot contamination problem. At the same time, topics for consideration in future studies have been suggested.

1.1. Channel Estimation and Duplexing Methods

In Massive MIMO, CSI acquired by the BS provides superior performance in energy and spectrum efficiency [2]. The CSI describes the characteristics of the channel. It is very important to determine the channel coefficients and obtain accurate CSI using channel estimation (CE). The channel estimation is made in the receiver and provides the channel impulse response. For this reason the estimated value is sent to the transmitter. This involves the use of system resources (time, bandwidth, spatial size, power level, etc.) [3]. The CSI needs to be obtained by the transmitter. Channel estimation is intended to reduce the effects that limit system performance such as inter-symbol interference (ISI), inter-carrier interference (ICI) and multi-path fading. Obtaining the accurate CSI provides high network efficiency, which is also important in the channel estimation phase.

The notations and definitions used here are given in Table 1.

Channel state information is needed in the Massive MIMO system BS. For this reason, two types of communication schemes, TDD and FDD, are mentioned with further details.

Table 1. Notations and definitions [4].

Notation	Description
$(.)^T$	Transpose operation
$(.)^H$	Hermitian of matrix
$(.)^*$	Conjugate of matrix
$\text{var}(\cdot)$	Variance operation
Upper case	Matrices
Lower case	Vectors
\mathbb{C}	Set of complex numbers

1.1.1. TDD Scheme

In the time division duplex (TDD) systems, data are transmitted between the BS and the UT in the same frequency band in different time slots. In TDD protocol, data transmission is divided into uplink (UL) and downlink (DL) parts, as in Figure 2. The UL and DL data transmissions use the same frequency band at different times. Moreover, the TDD system data are transmitted in half the time period needed by the FDD system. In addition, TDD systems do not require frequency multiplexing [5].



Fig.2 TDD transmission protocol.

Thus, the TDD scheme is a good option for obtaining CSI in Massive MIMO systems. Pilot sequences are used to find the CSI at the CE phase, which increases overhead. Based on the mutuality of the channels in TDD mode, obtaining only one CSI is enough for each terminal, so it can be used in both links and the process overhead is reduced [6].

1.1.2.FDD Scheme

In the frequency division duplex (FDD) scheme, UL and DL data between the base station and the users are transmitted in different frequency bands in the same time slot. The UL and DL data do not interfere with each other when they are transmitted. In addition, a multiplexer is needed [5]. In Massive MIMO systems, the TDD scheme is a much better way to obtain CSI compared to the FDD transmission scheme. Different CSI obtained in the UL and DL parts increases the processing load in Massive MIMO systems and feedback is needed for the downlink [6]. However, due to the limited resources of this feedback load, it is difficult to implement it in practice. The TDD or FDD modes can be used during the CE phase. There are advantages and disadvantages with both modes. When a study for a Massive MIMO system is planned, selection of the TDD mode is more advantageous because it reduces the feedback load.

Gaussian $CN(0,1)$ random variable; $\beta_{a,b,k}$ is the large-scale fading factor. Channel matrices of all the BS antennas in cell a and all K users in cell b are expressed as Equations (2), (3) and (4) [2]:

$$\mathbf{G}_{a,b} = \sqrt{\mathbf{D}_{a,b}} \mathbf{H}_{a,b} = \begin{pmatrix} g_{a,b,1,1} & \cdots & g_{a,b,k,1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{a,b,1,m} & \cdots & g_{a,b,k,m} \end{pmatrix} \quad (2)$$

where

$$\mathbf{H}_{a,b} = \begin{pmatrix} h_{a,b,k,m} & \cdots & h_{a,b,k,m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{a,b,k,m} & \cdots & h_{a,b,k,m} \end{pmatrix} \quad (3)$$

and

$$\mathbf{D}_{a,b} = \begin{pmatrix} \beta_{a,b,1} & & \\ & \ddots & \\ & & \beta_{a,b,k} \end{pmatrix} \quad (4)$$

1.2.1.Uplink (UL) Training Phase

The CSI is obtained by the pilot sequences with the length of τ transmitted over the uplink to the base station from the users. It is shown as in Equation (5):

$$\varphi_b^H \varphi_b = \tau \mathbf{I}, \quad (5)$$

where φ_b represents pilot sequences and the orthogonal matrix, as shown in Equation (6) [2]:

$$\varphi_b = [\varphi_{b,1} \varphi_{b,2} \dots \varphi_{b,K}]_{\tau \times K} \quad (6)$$

The received signal from the base station in cell a is expressed as Equation (7):

$$\mathbf{Y}_a = \sqrt{p_u} \sum_{j=1}^L \mathbf{D}_{a,j}^{1/2} \mathbf{H}_{a,j} \varphi_{a,j}^T + \mathbf{N}_a \quad (7)$$

where \mathbf{N}_a is the additive noise matrix whose elements are $CN(0,1)$ random variables and p_u is the average transmission power of each user on the UL [2].

1.2.2.Downlink (DL) Transmission

The received signal by the k th user cell b is expressed as Equation (8):

$$\mathbf{Z}_b = \sum_{l=1}^L \sqrt{p_d} \mathbf{D}_{b,l}^{1/2} \mathbf{H}_{b,l} \mathbf{A}_l \mathbf{s}_l + \mathbf{n}_b \quad (8)$$

where p_d is the average transmission power at the k th user of the BS on the DL, $\mathbf{A}_l = f(\hat{\mathbf{H}}_l)$ as the $M \times K$ precoding matrix and $\hat{\mathbf{H}}_l$ represents the channel estimate; s_a is the transmitted information signal to the k th user from the BS in cell a and $s_a = [s_{a,1} s_{a,2} \dots s_{a,k}]^T$ is shown transposed, where \mathbf{n}_b is the additive noise matrix whose elements are $CN(0,1)$ random variables and shown as $\mathbf{n}_b = [n_{b,1} n_{b,2} \dots n_{b,K}]$ [2].

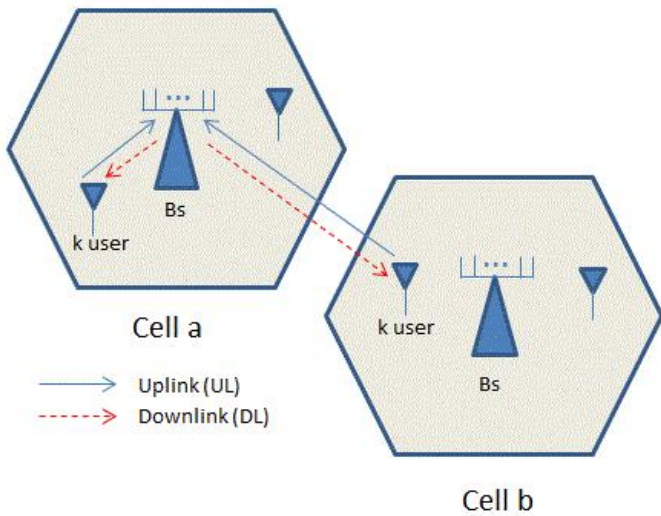


Fig. 3 Occurrence of pilot contamination in Massive MIMO system uplink and downlink transmission.

1.2. Commonly Used System Models

In the literature, a Massive MIMO system consists of L number of cells (number of BSs) and $M \geq K$ antennas (K = number of single antenna users) [2].

As seen in Figure 3, when pilot contamination occurs, the propagation factor from the user k in cell b to the antenna m in cell a is given as Equation (1):

$$g_{a,b,k,m} = \sqrt{\beta_{a,b,k}} h_{a,b,k,m} \quad (1)$$

where $h_{a,b,k,m}$ is the small-scale fading factor and [independent and identically distributed](#) (i.i.d) and circularly symmetric complex

1.3. Commonly Used System Models

Although there are advantages in using Massive MIMO systems with multiple antennas, some difficulties arise in this system. One of these is pilot contamination. During the UL training phase, each user transmits pilot sequences at τ length to the BS [7]. The orthogonal pilot sequences are proportional to the number of system terminals. Large pilot sequences affect the data rate due to the channel coherence interval. Hence, it is necessary to reuse the pilot sequences to serve more terminals and increase the efficiency of the system. Since there is a limited number of bandwidths and constraints such as coherence intervals, an unlimited number of pilot sequence assignments cannot be achieved, i.e., the pilot reuse factor is 1. When the worst case scenario is considered, the same pilot sequences are transmitted to all BSs by all users at the same time in L cells. The transmitted pilot signals are contaminated at the BS. However, since the pilot sequences in the same cell are orthogonal to each other, they are ignored. On the other hand, the signals received by the BS from neighboring cells do not show orthogonality and accordingly, pilot contamination occurs in the system, as seen in Figure 3. Ideally, the Massive MIMO system is expected to perform well; however, in practice, it is only occasionally possible as transceiver equipment may be impaired. In this case, the transmitted signal is different from the signal received by the transceiver [8]. Hardware impairments are known to include quadrature imbalance, quantization error, phase noise and non-linearity of the amplifier and phase noise which affects channel estimation [9]. Hence, they mitigate the performance of the pilot contaminated system and affect the presence of CSI, which causes the channel estimation to be incorrectly calculated. Thus, pilot contamination affects system performance and reduces efficiency [9]. However, compensation algorithms are being developed that will improve system performance for each component, taking into account any hardware impairment [8]-[10].

2. Material and Method

2.1. Studies for Mitigating Pilot Contamination

It is assumed that the number of antennas used in Massive MIMO systems is infinite, the channel vectors of the terminals of different channels are orthogonal and noise vectors are also unrelated to channel vectors. Many studies have been conducted on mitigating or eliminating pilot contamination. A list of some of the proposed mitigation methods is presented in Table 2 under the titles of the studies, their assumptions and the applied channel estimation. The proposed methods in these studies were compared with each other and their disadvantages and advantages pointed out in Table 3.

In [11], the proposed method is a time-shifted, pilot-based two-stage channel estimation algorithm to reduce pilot contamination. In the first stage, users in the target cell remain silent over a certain N symbol and the received beamforming vectors are determined in order to reduce the pilot interference and the beamforming is then performed. In the second stage, channel estimation is carried out based on time-allocated pilots. The length of the pilots is set as KL in order that all users will be orthogonal. In this way, the pilot overhead occupies a large part of the coherence time and the data rate is reduced.

In the proposed scheme in [12], pilot sequences are divided into

parts and these parts are transmitted in a certain order during the training phase. The most suitable pilot sequence length for a BS is found via coordination among the BSs, thus reducing the mean square error (MSE) sum of all BSs to a minimum. Each base station calculates the MSE by setting different τ sections. These operations create computational complexity at the BS.

In [13], the pilots in the target cell are transmitted in all time periods, while pilots in interfering cells are divided into two parts in the time domain. The proposed scheme considers a compromise solution by implementing partial pilot power control. These operations are based on cooperation among the BSs and therefore cause operational complexity.

Studies [14] and [15] propose a time-shifted, pilot-based scheme in which pilots of interferer cells do not overlap with the target cell. The pilot frames in the cells are replaced by a controller. When compared to the proposed method in [11], the length of the pilot frames is not changed, but only the pilot frame has been replaced. Therefore, while the pilot signal is transmitted in one cell, the other cells transmit downlink data. The downlink data in these interferer cells can partly cause pilot contamination in the target cell. Thus, pilot contamination is not completely eliminated and there is much more cost because of the need for a controller. There are $L + 1$ transmission phases. Each BS is silent in one phase and in the other phases the pilot signals are transmitted repeatedly [16]. In this proposed scheme, pilot lengths in the L cells orthogonal to each other are sacrificed and the data rate is reduced.

The proposed scheme is shown as an alternative to the time-multiplexed pilot and data symbols. This study assigns a special training sequence to each user in the system in order to estimate the channel vectors in the BS. In this proposed method, the training and data symbols are transmitted side by side throughout the entire uplink data period. A "hybrid system" that uses both time-multiplexed and superimposed trainings is also suggested [17],[18].

The method proposed in [19] is based on a small number of uplink data samples and a limited number of BS antennas. A subspace estimation is inaccurate; therefore, in this case, a more systematic method based on the maximum a-posteriori (MAP) criterion is proposed. Considering the effect of pilot contamination on system performance, in [6], the cells are divided into two parts as edge and center, based on the idea of the reduction of the used system terminal during the channel estimation phase of the same pilot sequence. The advantages of the asynchronous pilot transmission (APT) and fractional pilot reuse (FPR) methods are recognized and these methods proposed in this scheme. Thus, the number of interfering terminals in the data transmission phase is mitigated and system performance, SINR and capacity are improved.

In some cases it may be difficult or even impossible to obtain a method that completely divides user channels. For this reason, in [20], a predetermined angular adjustment method is used to match the desired users and an optimal spatial area method using a beam pattern with angular adjustment is proposed. Although the pilot contamination is mitigated with the scheme in this study, pilot contamination can be further reduced. The study was also conducted to improve system performance [20].

The study in [4] was done to mitigate pilot contamination using a method based on fast channel estimation and diagonal jacket matrices. In this study, jacket matrices are created to

Table 2. Summary of some proposals for training methods.

References	Proposed Method	Assumptions	Applied Channel Estimation
[11], [14], [15]	Time shifted scheme in which the pilot sequences in all cells do not overlap	The users in the interference cells are receiving the DL data while the target user transmits the pilot sequence.	NMSE, LMMSE
[12]	The training phase is divided into several parts and the pilot transmission sequence is staggered	By coordinating among the base stations, the optimal length of the pilot sequences can be found by reducing the channel estimation MSE sum of all base stations to the minimum.	MSE
[13]	Improved partial pilot power control scheme.	A compromise solution by implementing partial pilot power control.	MMSE
[16]	Consists of consecutive pilot transmission phases	Each base station composed of $L + 1$ phases is kept silent in one phase and transmits the pilot sequence continuously in the other phases.	NMSE
[17],[18]	Superimposed pilot scheme	Each user in the system has a unique pilot sequence to estimate the channel vectors in the base station.	Non-iterative Data - Aided
[19]	Conventional pilot scheme	This method is applied if there are a small number of uplink data samples and a limited number of base station antennas	MAP

improve system performance and channel accuracy and to reduce energy consumption and computational complexity.

In [21], covariance-aided channel estimation is proposed in the context of a limited interference, multi-cell and multi-antenna system. Bayes estimation is developed and the analytical effectiveness of this approach demonstrated. A coordinated pilot assignment strategy is proposed. The proposed co-ordinated channel estimation method involves exchange of information among BSs, and although statistical data from the 2nd level will change slowly from the instantaneous CSI, the BS covariance information will need to be updated to maintain performance.

In [22], a game-theoretical approach is proposed that models pilot assignment methods. Selection of BS pilot interactions in Massive MIMO systems is proposed. The problem is modeled as an optimization problem. It was shown that total contamination was significantly reduced in Massive MIMO systems by using the game-theoretical pilot selection method to increase the accuracy of the channel estimation phases.

A pilot assignment algorithm is proposed in [23] that can maximize the achievable minimum level in the target cell by monitoring the information obtained. When the number of interfering cells is large, the proposed algorithm was shown to be superior compared with both the sum-product algorithm (SPA) and random allocation.

In [24], the effects on the security performance of pilot contamination with artificial noise were examined by introducing a different perspective to the pilot contamination effect. This aspect has not been emphasized and is worthy of study. In the established scenario, an eavesdropper is added and it appears that the CE is influenced by the reverse training phase. A power allocation scheme is proposed against pilot contamination and noise jamming. As MIMO systems deal with security issues, it was reported that reducing the clamping force to reduce the generated pilot contamination led to increased privacy in pilot contamination, while also improving noise reduction performance.

The authors of [25] developed a new security attack using reverse training for a precoder design in the case of pilot contamination. In the reverse training, the eavesdropper transmits the same pilot sequence to spoof the correct channel transmitter to be estimated. It is also important to synchronize the intended receiver with the eavesdropper. For this reason, in the reverse training phase, the eavesdropper transmits the pilots at the same time as the intended receiver transmits. However, there is no information on when and how synchronization occurs. It was shown that the isolation of user channels was very difficult or impossible in some cases.

Table 3. Some proposed methods compared.

Reference	Proposed Method	Remarks
[22]	Game-theoretical approach that models pilot assignment method	Channel estimation accuracy and reduced total pilot contamination
[23]	Proposes a pilot allocation scheme for the pilot sequences	Improved spectral efficiency and performance and the lowest achievable rates were developed with the proposed method. When the number of interfered cells was large, it was seen as superior.
[24]	Considers the power allocation scheme	The effects on security performance of pilot contamination with artificial noise were examined.
[25]	A new security attack using reverse training to obtain the CSI at the transmitter for precoder design	Efficient use of transmission energy and strengthened signal reception at the eavesdropper were observed.

System performance is improved with less complexity against pilot contamination by suggesting a practical temporal domain-based method without coordination, which is the strongest channel impulse response (CIR) as effective channel information. The flexibility of the proposed method is seen when compared to the pilot contamination coordination-based schemes in [26].

In [27], the Adaptive Pilot Approach (APA) algorithm is proposed to counteract the problem of pilot contamination by using the training sequences in different cells. With this proposed algorithm, the system users are divided into two and normal pilot allocation is made to the users who have low interference while allocating the orthogonal pilot to the users who cause high interference. The number of normally used orthogonal pilots is 18, which is reduced to 11 thanks to this algorithm, for a scenario in which the number of pilot symbols used is 6. The APA algorithm provides more system performance for the CR period and at the same time provides about three times the minimum achievable rate compared to the conventional allocation method for 50% of the time. Hierarchical pilot reuse schemes to mitigate the pilot contamination problem most effectively are proposed by the method in [28], which aims to improve system performance. In [29], the effects of signal/noise ratio (SNR) and the user channel fading coefficients on the approximation ratio of a multiuser Massive MIMO system are analysed and the influence of the signal-to-interference-plus-noise ratio (SINR) convergence ratio on pilot contamination are examined when the number of antennas in the BS is approaching infinity. The SINR value was seen to increase directly in proportion to the number of antennas without the effect of pilot contamination. It was demonstrated that if the pilot contamination is less, when the variance is greater than one, the SINR in the base station is less.

Rayleigh fading with an infinite number of antennas needs to be considered with the effect of pilot contamination, which limits noise and system performances. It was found that the SINR value was saturated at a certain number of antennas. It was stated in [29] that this depends only on the fading coefficients of the desired user and the interacting channels.

The study in [30] aimed to reduce the problem of pilot contamination by aligning the power spectra of different users under doppler fading. The channel estimation is performed using the MSE method.

In [31], the authors propose a hybrid pilot assignment scheme. This hybrid structure was formed by combining soft. In this method, users are divided into two as cell centered and edge users. To reduce pilot contamination for the edge users especially, the authors added the weighted-graph-based method. The proposed hybrid structure was compared with SPRS, WGC-PD and random pilot assignments and significantly reduced pilot contamination.

In [32], authors attempted to achieve an optimal solution using the Hungarian Algorithm with minimum-weight multi-index assignment problem approach. In this article, a two-cell systems with optimal solution and multicellular systems with suboptimal solution have been identified. This study, which was conducted to reduce pilot contamination, showed a superior performance compared to some other conventional methods.

Authors of [33] propose the asynchronous scheduling, based on the fractional pilot reuse enables the users to be free from the pilot contamination throughout the uplink transmission. According to the level of interference between users, the users are divided into two groups are center users and edge users.

These Center users suffer from the mild pilot contamination while edge users suffer from severe pilot contamination. In this distinction, all center cell users reuse cell center pilot sequences while the edge users use cell edge pilot sequences in adjacent cells. That is to say cell edge users use orthogonal pilot sequences to each other. Thus the pilot sequences can be transmitted by the edge users any time. However, pilot sequences are transmitted in the non-overlapped time periods by the cell center users to prevent the pilot contamination. By using this schedule, each cell uses less orthogonal pilots sequences.

In [34], the pilot sequence users are divided into two groups. These are center users and edge users. Orthogonal pilot sequences are used for the edge users.

Table 4. Summary of some proposals for mitigating pilot contamination.

Reference	Proposed Methods	Assumptions	Performance Analysis
[21]	A scheme using the advantages of APT and FPR	A similar approach in UL for perceiving received signals allows the creation of a noisy and noise-free system in an asymptotic regime.	SINR and capacity
[20]	A scheme that uses a beam pattern with angular adjustment	To match the UL path, an angular, tunable predetermined beam pattern is used, and then used as the DL phase beam vector.	High performance is achieved with the proposed scheme to design the beam cover.
[4]	A study based on diagonal jacket matrix	The transmitter can trust the channel statistics: therefore, the receiver estimates the statistics and sends them back to the transmitter. In the TDD system, the transmitter can also rely on UL data.	Improved speed and performance and reduced complexity
[26]	A practical temporal domain-based method	One user per cell, unless otherwise stated	Method flexibility and SNR to total capacity comparison
[33]	Asynchronous scheduling, based on the fractional pilot reuse	According to the level of interference between users, the users are divided into two groups. Pilot sequences are transmitted in the non-overlapped time periods by the cell center users to prevent the pilot contamination.	By using this schedule, each cell uses less orthogonal pilot sequences.
[34]	A scheme based on Hungarian algorithm	find a solution to pilot assignment ,the hungarian algorithm is applied in each divided area	eliminates the pilot contamination and the sum rate in the system is maximized.
[35]	Deep Learning Based Pilot Allocation Scheme	learning the relationship which is between the pilot assignment and location pattern of users.	achieves almost 99.38% theoretical upperbound performance and shows less complexity.
[36]	Hybrid pilot assignment	large-scale fading coefficients are assumed to change slowly in order to have block fading	offers a reduction in the number of users that cannot be improved on the basis of pilot contamination
[37]	Pilot assignment using ant colony optimization method	edge users' pilot sequences are assigned orthogonal to each other	higher SINR-CDF and user transmit power performance are achieved
[38]	Combines pilot allocation with semi-blind channel estimation methods	sector-based pilot allocation	enhances the system achievable rates and the normalized mean square error performance
[39]	An efficient pilot allocation scheme using a weighted graphic framework	mapping to the Max k-Cut problem	important improvement in throughput with low complexity
[40]	Formulating max-min sum spectrum efficiency per user optimization	for cellular Massive MIMO systems with correlated Rayleigh channels	preferable minimum sum SE per user

After that, in order to find a solution to pilot assignment, the hungarian algorithm is applied in each divided area. By this way this method eliminates the pilot contamination and the sum rate in the system is maximized. The researchers of [35] proposed Deep Learning Based Pilot Allocation Scheme (DL-PAS) based on learning the relationship

which is between the pilot assignment and location pattern of users. In this method, input features are the locations of users in all cell and output labels are pilot assignment. Researchers analyze training data for optimal pilot assignment and use a commercial deep multilayer perceptron system to implement this method. The proposed scheme achieves

almost 99.38% theoretical upperbound performance and shows less complexity. In [36], hybrid pilot assignment method is proposed. The hybrid scheme proposed here is created by combining SPRS (Soft Pilot Reuse Scheme) and Munkres pilot assignment methods.

In that study, the cell is divided into two as edge and center to increase efficiency. This hybrid pilot assignment method offers a reduction in the number of users that cannot be improved on the basis of pilot contamination. Authors of [37] propose pilot assignment using ant colony optimization (ACO) method. In this method, edge users' pilot sequences are assigned orthogonal to each other but for the center users, pilot sequences are assigned using ACO in order to get minimum pilot contamination.

This proposed method provides higher SINR-CDF and user transmit power performance.

In [38], combining pilot allocations with semi-blind channel estimation method is proposed. To reduce the search complexity for optimal pilot allocation under conditions of large number of users per cell, the authors also added a sector-based pilot allocation. The average uplink achievable rate is enhanced, and the system NMSE is abated with this method.

The researchers of [39] proposed an efficient pilot allocation scheme using a weighted graphic framework for the cell-free massive MIMO systems. Transforming to the Max k-Cut offers solution and important improvement in throughput with less complexity.

In [40], maximizing the minimum weighted sum of the uplink and downlink spektrum efficiencies (SE) subject to the transmit powers and pilot allocation sets method is proposed. It is indicated that important enhancements of pilot allocations to the minimum sum SE per user compared with the other related works.

A summary of some of the proposed methods for mitigating pilot contamination is given in Table 4.

2.2. Open Issues

Since pilot contamination is due to interference of other neighboring cells at the training transmission phase, high-frequency reuse factors are used during this phase to reduce this problem. Along with this, the spectral efficiency is reduced by decreasing the pre-registration factor. For this reason, cell size needs to be increased.

Here, because of path loss, with a large-sized cell the power of the desired signal in a particular target cell is much stronger than the power of the interferer from other cells. Due to the large cell size and path loss, service for users at the cell edge is not good. In the training phase, a power control scheme should be investigated to increase the battery life and to reduce the frequency reuse factor and consequently, the problem of pilot contamination [10].

2.2.1. Training Overhead

Uplink training sequences are needed when CSI is obtained during the channel estimation phase. However, since the training sequences are continuously transmitted, the training overhead is generated at the BS. This

suggests that system performance should be improved.

2.2.2. Cost

Some of the studies have proposed that the number of antennas must be higher than the number of users in order to reduce training contamination. This is a cost burden, even though the number of antennas in the BS is considered unlimited. Methods of working with fewer base stations and antennas should be researched.

2.2.3. Energy Consumption

Studies should be carried out to reduce the transmission power consumption used by the training sequences during the channel estimation phase in order to obtain the CSI.

2.2.4. Processing Complexity

Attempts should be made to simplify the processing by reducing the processing complexities of the methods used in the channel estimation step and the mathematical operations used in obtaining the system channel coefficient of the transmitted data and symbols.

2.3. Future Trends

In the future, researchers wishing to work in this field should carry out further investigations of pilot contamination and security issues in Massive MIMO systems. In future studies, a special training design should be created to learn second order statistical information [6]. As mentioned in [4], single-carrier transmission is recommended in Massive MIMO systems and the scheduling process should be further simplified. It should not be forgotten that the amount of interference caused by other BSs and the amount of interference caused by the mobile terminal (MT) on its own BS is not the same. Pilot processing via a central control unit has already met the latest wireless communication standards and has facilitated the implementation of the method used in [21].

3. Conclusions and Recommendations

Although there is still no certainty about TDD and FDD modes in 5G networks at present, that no feedback is required in the TDD scheme was seen as more advantageous for Massive MIMO systems. The topics of TDD and FDD were addressed on these points. With the aim of identifying pilot contamination and reducing or eliminating this problem, literature reviews were carried out and studies investigated. A number of topics such as advantages, disadvantages and channel estimation using the proposed methods were examined. The topics that should be studied in the future were emphasized. Reducing the problem of pilot contamination, however, must be achieved in conjunction with new studies.

References

- ELIJAH, O. LEOW, C. Y. THAREK, A. [NUNOO, S. ILIYA, S.Z.](#) Mitigating Pilot Contamination in Massive MIMO System - 5G: An Overview. In: *IEEE 10th Asian Control Conference (ASCC)*. Kota Kinabalu, 2015, pp. 1–6. ISBN 978-192210721-3.
- [1] ELIJAH, O. LEOW, C. Y. THAREK, A. [NUNOO, S. ILIYA, S.Z.](#) A Comprehensive Survey of Pilot Contamination in Massive MIMO-5G System. In: *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 2016, vol. 18, iss. 2, pp. 905 – 923. ISSN 1553-877X. DOI: [10.1109/COMST.2015.2504379](#).
- [2] [SOYSAL, A.](#) MIMO Systems with Non-exact CSI. In: *IEEE 18th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*. Diyarbakir 2010, pp. 531 – 534. ISBN 978-1-4244-9671-6. DOI: [10.1109/SIU.2010.5653390](#).
- [3] SARKER, M.A.L., LEE, M.H. A fast channel estimation and the reduction of pilot contamination problem for Massive MIMO based on a diagonal Jacket matrix. *IEEE 4th International Workshop on Fiber Optics in Access Network (FOAN)*. 2013, pp 26-30. ISSN 2378-8488. DOI: [10.1109/FOAN.2013.6648821](#).
- [4] BANDIRMALI, N. ÇEKEN, C. BAYILMIŞ, C. [ERTURK, İ.](#) Kablosuz Erişim Yöntemlerinin Karşılaştırmalı İncelenmesi. *Elektrik, Elektronik, Bilgisayar Mühendisliği 11. Ulusal Kongresi EMO*, İstanbul, 2005 pp 95-98.
- [5] BADIR, M.M., FOU DA, M.M., TAG ELDIEN, A.S. A novel vision to mitigate pilot contamination in Massive MIMO-based 5G networks. *IEEE 11th International Conference on Computer Engineering & Systems (ICCES)*. Cairo, 2016, pp 366-371. DOI: [10.1109/ICCES.2016.7822031](#)
- [6] SAXENA, V. *Pilot Contamination and Mitigation Techniques in Massive MIMO Systems*. LTH, 2014. PhD thesis. Department of Electrical and Information Technology Lund University. Supervisor: Dr. Eleftherios Karipidis, Dr. Gábor Fodor
- [7] BJÖRNSON, E., HOYDIS, J. KOUNTOURIS, M. Massive MIMO Systems With Non-Ideal Hardware: Energy Efficiency, Estimation, and Capacity Limits. *IEEE Journals & Magazines, IEEE Transactions on Information Theory*. 2014, vol. 60, iss.11, pp.7112-7139. ISSN: 0018-9448. DOI: [10.1109/TIT.2014.2354403](#).
- [8] ABBOUD, A. (2017). *Interference Mitigation in 5G Mobile Networks Uplink Pilot Contamination in TDD Massive MIMO Scheme*. France, 2017. PhD thesis, Université de Limoges.. Supervisor: Jean-Pierre Cances, Ali Jaber et Vahid Meghdadi.
- [9] ALQAHTANI, A.H. SULTYMAN, A.I. ALSANIE, A. 2016. Rateless space-time block code for mitigating pilot contamination effects in multi-cell Massive MIMO system with lossy links. *IET Journals & Magazines, IET Communications*. 2016 vol .10, iss. 16, pp 2252-2259. ISSN: 1751-8636 DOI: [10.1049/iet-com.2016.0283](#)
- [10] WU, L. ZHANG, Z. DANG, J. Enhanced Time-shifted Pilot based Channel Estimation in Massive MIMO Systems with Finite Number of Antennas. *2017 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)*. Paris, 2017. pp 222-227. ISBN: 978-1-5090-1525-2. DOI: [10.1109/ICCW.2017.79 62661](#).
- [11] WANG, H., YANG, L., ZHU, H. Pilot contamination reduction based on MSE performance of channel estimation. *IEEE International Conference on Wireless Communications & e-ISSN: 2148-2683*
- Signal Processing (WCSP)*, Nanjing, 2015. pp 1-5. ISBN: 978-1-4673-7687-7 DOI: 10.1109/WCSP.2015.7341048
- [12] MA, S., JIANG, S., LONG, T. Pilot contamination reduction based on improved power control in M-MIMO systems. *IET Conferences, 11th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM)*, Shanghai 2015. pp1-6. ISBN: 978-1-78561-035-6 DOI: [10.1049/cp.2015.0705](#)
- [13] APPAIAH, K., ASHİKHMİN, A., MARZETTA, T.L. Pilot Contamination Reduction in Multi-User TDD Systems. *IEEE Conferences, 2010 IEEE International Conference on Communications*, Cape Town, 2010. pp 1-5. ISBN: 978-1-4244-6404-3. DOI: [10.1109/ICC.2010.5502810](#)
- [14] MAHYIDDIN, W.A.W.M., MARTIN, P.A., SMITH, P.J. Pilot Contamination Reduction Using Time-Shifted Pilots in Finite Massive MIMO Systems. *IEEE Conferences, 2014 IEEE 80th Vehicular Technology Conference (VTC2014-Fall)*. Vancouver, 2014 pp1-5. ISBN: 978-1-4799-4449 DOI: [10.1109/VTCFall.2014.6966130](#)
- [15] VU, T.X., VU, T.A., QUEK, T.Q.S. Successive Pilot Contamination Elimination in Multiantenna Multicell Networks. *IEEE Journals & Magazines, IEEE Wireless Communications Letters*. 2014 vol. 3, iss. 6, pp 617-620. ISSN: 2162-2345. DOI: [10.1109/LWC.2014.2361518](#).
- [16] UPADHYA, K., VOROBYOV, S.A., VEKPERA, M. (2016). Superimposed pilots: An alternative pilot structure to mitigate pilot contamination in Massive MIMO. *IEEE Conferences, 2016 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*. Shanghai 2016. pp 3366-3370. ISBN: 978-1-4799-9988-0 DOI: [10.1109/ICASSP.2016.7472301](#)
- [17] UPADHYA, K., VOROBAYOV, S.A., VEKPERA, M. Superimposed Pilots Are Superior for Mitigating Pilot Contamination in Massive MIMO. *IEEE Journals & Magazines, IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 6, iss. 11, 2017 pp 2917-2932. ISSN: 1941-0476. DOI: [10.1109/TSP.2017.2675859](#).
- [18] NEUMANN, D., JOHAM, M., UTSCHICK, W. Suppression of pilot contamination in Massive MIMO systems. *IEEE Conferences, 2014 IEEE 15th International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC)*, Toronto 2014 pp 11-15. ISBN: 978-1-4799-4903-8 DOI: [10.1109/SPAWC.2014.6941307](#).
- [19] WANG, H., PAN, Z., NI, J. A spatial domain based method against pilot contamination for multi-cell Massive MIMO systems. *IEEE 8th International Conference on Communications and Networking in China (CHINACOM)*. Guilin 2013 pp 218-222. ISBN: 978-1-4799-1406-7. DOI: [10.1109/ChinaCom.2013.6694594](#)
- [20] YIN, H., GESBERT, D., FILIPPOU, M. A Coordinated Approach to Channel Estimation in Large-Scale Multiple-Antenna Systems. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 31, iss. 2, 2013. pp 264-273. ISSN: 1558-0008 DOI: [10.1109/JSAC.2013.130214](#).
- [21] AHMADI, H., FARHANG, A., MARCHETTI, N. A Game Theoretic Approach for Pilot Contamination Avoidance in Massive MIMO. *IEEE Journals & Magazines, Wireless Communications Letters* 2016. vol. 5, iss. 1, pp 12-

15. **ISSN:** 2162-2345 **DOI:** [10.1109/LWC.2015.2487261](https://doi.org/10.1109/LWC.2015.2487261).
- [22] ALKHALED, M., ALSUSA, E., HAMDI, K.A. A New Allocation Algorithm for Pilot Contamination Mitigation in TDD Massive MIMO Systems. *2017 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*. San Francisco 2017. pp 1-6. **ISBN:** 978-1-5090-4183-1. **DOI:** [10.1109/WCNC.2017.7925938](https://doi.org/10.1109/WCNC.2017.7925938).
- [23] LIN, S., HUANG, K., LUO, W. Analysis of Pilot Contamination on the Security Performance of Artificial Noise in MIMO Systems. *2015 IEEE 81st Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*. Glasgow 2015. pp 1-5. **ISBN:** 978-1-4799-8088-8 **DOI:** [10.1109/VTCSpring.2015.7145701](https://doi.org/10.1109/VTCSpring.2015.7145701).
- [24] ZHOU, X., MAHAM, B., HJORUNGNES, A. Pilot Contamination for Active Eavesdropping. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 11, iss. 3, 2012 pp 903- 907. **ISSN:** 1558-2248 **DOI:** [10.1109/TWC.2012.020712.111298](https://doi.org/10.1109/TWC.2012.020712.111298).
- [25] WANG, H. PAN, Z. NI, J. A Temporal Domain Based Method against Pilot Contamination for Multi-Cell Massive MIMO Systems. *2014 IEEE 79th Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, Seoul 2014. pp 1-5. **ISBN:** 978-1-4799-4482-8 **DOI:** [10.1109/VTCSpring.2014.7022799](https://doi.org/10.1109/VTCSpring.2014.7022799).
- [26] ALKHALED, M. ALSUSA, E. HAMDI, K.A. Adaptive Pilot Allocation Algorithm for Pilot Contamination Mitigation in TDD Massive MIMO Systems. *2017 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, San Francisco 2017. pp 1-6. **ISBN:** 978-1-5090-4183-1. **DOI:** [10.1109/WCNC.2017.7925885](https://doi.org/10.1109/WCNC.2017.7925885).
- [27] SOHN, J. Y. YOON, S.W. MOON, J. On Reusing Pilots Among Interfering Cells in Massive MIMO. *IEEE Journals & Magazines, IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 16, iss. 12, 2017 pp 8092-8104. **ISSN:** 1558-2248. **DOI:** [10.1109/TWC.2017.2756927](https://doi.org/10.1109/TWC.2017.2756927)
- [28] GOPALAKRISHNAN, B. JINDAL, N. An Analysis of Pilot Contamination on Multi-User MIMO Cellular Systems with Many Antennas. *Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC), 2011 IEEE 12th International Workshop on San Francisco*. 2011. pp 381-385. **ISSN:** 1948-3252. **DOI:** [10.1109/SPAWC.2011.5990435](https://doi.org/10.1109/SPAWC.2011.5990435).
- [29] LUO, X. ZHANG, X. Flexible Pilot Contamination Mitigation with Doppler PSD Alignment. *IEEE Journals & Magazines, IEEE Signal Processing Letters*, 2016 vol. 23, iss.10, pp 1449-1453. **ISSN:** 1558-2361. **DOI:** [10.1109/LSP.2016.2601270](https://doi.org/10.1109/LSP.2016.2601270)
- [30] WEINA YUAN., XINKAI YANG., RUI XU. A Novel Pilot Decontamination Scheme for Uplink Massive MIMO Systems. *8th International Congress of Information and Communication Technology (ICICT-2018). Procedia Computer Science 131* 2018 pp 72–79. **DOI:** [10.1016/j.procs.2018.04.187](https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.187).
- [31] SHUAI MA., EASTON LI XU., AMIR SALIMI., SHUGUANG CUI. A Novel Pilot Assignment Scheme in Massive MIMO Networks. *IEEE Wireless Communications Letters*, 2018 Vol. 7, No. 2. pp 262-265 **ISSN:** 2162-2345. **DOI:** [10.1109/LWC.2017.2771285](https://doi.org/10.1109/LWC.2017.2771285)
- [32] LIY, Y. CHENY, Y. [HUANG, H. JING, X.](https://doi.org/10.1109/ISCIT.2016.7751694) On Massive MIMO Performance with a Pilot Assignment Approach Based on Hungarian Method. *2016 16th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT)*. Qingdao 2016. **ISBN:** 978-1-5090-4099-5. **DOI:** [10.1109/ISCIT.2016.7751694](https://doi.org/10.1109/ISCIT.2016.7751694).
- [33] [ZHOU, R. FU, Y. WANG H.](https://doi.org/10.1109/ICCT.2018.8600231) Uplink Asynchronous Fractional Pilots Scheduling in Massive MIMO System. *2018 18th IEEE International Conference on Communication Technology*. Chongqing 2018. pp 402 - 406 **ISBN:** 978-1-5386-7635-6. **DOI:** [10.1109/ICCT.2018.8600231](https://doi.org/10.1109/ICCT.2018.8600231)
- [34] [KIM, K. LEE, J. CHOI, J.](https://doi.org/10.1109/LCOMM.2018.2803054) Deep Learning Based Pilot Allocation Scheme (DL-PAS) for 5G Massive MIMO System. *IEEE Communications Society*, 2018. vol. 22, iss.4, Pp 828 - 831. **ISSN:** 1558-2558 **DOI:** [10.1109/LCOMM.2018.2803054](https://doi.org/10.1109/LCOMM.2018.2803054)
- [35] KOSE, E.C., KULAÇ, S. Effective Pilot Contamination Mitigation Approach with Hybrid Method in 5G and Beyond Systems. *3rd Scientific and Vocational Studies Congress BILMES 2019, NEVŞEHİR, TURKEY*, 2019
- [36] YAYILKAN, A., KULAÇ, S. Effective Pilot Assignment Approach with Ant Colony Optimization in Pilot Contamination Mitigation in Next Generation Mobile Communication Systems. *International Symposium on Academic Studies in Science, Engineering and Architecture Sciences ISMS 2019, ANKARA, TURKEY*, 2019
- [37] HU. C. WANG. H. SONG. R "Pilot Decontamination in Multi-Cell Massive MIMO Systems via Combining Semi-Blind Channel Estimation With Pilot Assignment," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 152952-152962, 2020, doi: [10.1109/ACCESS.2020.3015263](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3015263).
- [38] ZENG. W. HE.Y. LI. B. and WANG. S. "Pilot Assignment for Cell Free Massive MIMO Systems Using a Weighted Graphic Framework," in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 70, no. 6, pp. 6190-6194, June 2021, doi: [10.1109/TVT.2021.3076440](https://doi.org/10.1109/TVT.2021.3076440).
- [39] NGUYEN. T. H., CHIEN T. V., NGO. H. Q., TRAN. X. N., BJÖRNSON E., "Pilot Assignment for Joint Uplink-Downlink Spectral Efficiency Enhancement in Massive MIMO Systems With Spatial Correlation," in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 70, no. 8, pp. 8292-8297, Aug. 2021, doi: [10.1109/TVT.2021.3091020](https://doi.org/10.1109/TVT.2021.3091020).



617 Alaşımının Kuru Hava Atmosferindeki Yüksek Sıcaklıklarda Oksidasyon Davranışları

Şevval Kaplan¹, Hakan Us²

^{1*} Nükleer Enerji Mühendisliği, Sinop Üniversitesi, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-4420-8781), nemsevalkaplan@hotmail.com

² Nükleer Enerji Mühendisliği, Sinop Üniversitesi, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6516-9614), hakanus@sinop.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1113120)

ATIF/REFERENCE: Kaplan, Ş. & Us, H. (2022). 617 Alaşımının Kuru Hava Atmosferindeki Yüksek Sıcaklıklarda Oksidasyon Davranışları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 207-213.

Öz

Çok yüksek sıcaklık reaktörleri (VHTR), elektrik ve hidrojen üretimi konusunda en önemli IV. nesil reaktörlerinden biridir. IV. Nesil reaktörleri, özellikle çok yüksek sıcaklık reaktörlerinin (VHTR) yapısında birçok farklı malzeme düşünülmektedir. Nükleer reaktör aday malzemesi 617 alaşımının yüksek sıcaklıktaki oksidasyonu farklı sıcaklıklarda incelenmiştir. Kontrollü hava ortamlarında 24 saat boyunca 800 ° C ile 1000 ° C arasındaki sıcaklıklarda (100 ° C 'lik adımlarla) izotermal olarak oksidasyon hızı üzerindeki oksidasyon/korozyon etkisinin analizini Termogravimetrik analiz (TGA) ile incelendi. Oksidasyon öncesi ve sonrası (900 ° C) sıcaklıklardaki, malzemenin yüzeyleri hakkında elementel ve kimyasal bilgisi edinmek için yüzey analiz tekniği olan X-ray Fotoelektron Spektroskopisi (XPS) kullanıldı ve yüzey morfolojisini incelemek için Atomik Kuvvet Mikroskopu (AFM) kullanılmıştır. Oksidasyon davranışı, Wagner'in parabolik oksidasyon kinetik hızı yasasını ile ve Arrhenius denkleminin çözümünü yaparak ilgili verilerle bağlantılı olarak, aktivasyon enerjisi 800 ° C ile 1000 ° C için 203.91 kJ/mol bulunmuştur. TGA sonuçlarına bakıldığında, 800°C ile 1000°C arasında kütle artışı görülmüştür. XPS tablosundaki verilere göre 617 alaşımı numunesinin üzerindeki Cr₂O₃ tabakasında sıcaklıkla birlikte artış görülmüştür. AFM analizi göz önüne alındığında, sıcaklık arttıkça açıklıklar, ara boşluklar ve taneçikli yapılar sıcaklığa bağlı olarak artış göstermiştir. Şekiller, dış oksit ölçeklerinin ve sıcaklıklarla tane sınırlarının sürekli büyümesini sırayla göstermektedir. 617 alaşımının oksit morfolojisi ve yapısı, ortamlardan güçlü bir şekilde etkilenmiştir. Sıcaklık arttıkça oksidasyon derinliği artar. Gözenek, boşluk ve tane sınırlarının oluşumuna atfedilen artan oksidasyon sıcaklıkları, yüksek sıcaklıklara maruz kalmanın etkisiyle oluşmuştur.

Anahtar Kelimeler: 617 Alaşımı, VHTR, TGA, XPS, AFM, Oksidasyon

Oxidation Behaviors of Alloy 617 at High Temperatures in Dry Air Atmosphere

Abstract

A very high temperature reactors (VHTR), the most important of the generation IV reactors for producing electricity and hydrogen production. Variety materials reviewed for Generation IV reactor concept, especially very high temperature reactors (VHTR). The high temperature oxidation of the nuclear reactor candidate material 617 alloy was investigated at different temperatures. The analysis of the oxidation/corrosion effect on the oxidation rate isothermally at temperatures between 800 °C and 1000 °C (in 100 °C steps) for 24 hours in controlled air environments was investigated by Thermogravimetric analysis (TGA). X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS), a surface analysis technique, was used to obtain elemental and chemical information about the surfaces of the material at pre- and post-oxidation (900 °C) temperatures and Atomic Force Microscopy (AFM) was used to examine the surface morphology. The oxidation behavior, in conjunction with Wagner's law of parabolic oxidation kinetic rate and by solving the Arrhenius equation, the activation energy was found to be 203.91 kJ/mol for 800 °C to 1000 °C. Looking at the TGA results, mass increase was observed between 800°C and 1000°C. According to the data in the XPS table, the Cr₂O₃ layer on the 617-alloy sample increased with temperature. Considering the AFM analysis, as the temperature increased, the apertures, interspaces and granular structures increased depending on the temperature. The figures show, in sequence, the continuous growth of outer oxide scales and grain boundaries with temperatures. The oxide morphology and structure of the 617 alloy were strongly influenced by the environments. As the temperature increases, the oxidation depth increases. The increased oxidation temperatures attributed to the formation of pores, voids, and grain boundaries were generated by exposure to high temperatures.

Keywords: Alloy 617, VHTR, TGA, XPS, AFM, Oxidation

1. Giriş

Çok yüksek sıcaklık reaktörleri (VHTR), elektrik ve hidrojen üretimi konusunda önemli IV. nesil reaktörlerden biridir. IV. Nesil reaktörleri, özellikle çok yüksek sıcaklık reaktörleri (VHTR) için birçok farklı malzeme düşünülmektedir. Ni-bazlı alaşımlar, yüksek sıcaklık yapısal malzemeleri için aday malzeme kabul edilmektedir (Cabet, Terlain, Lett, Guetaz, & Gentzbittel, 2006), (Structural Materials for Innovative Nuclear Systems, 2015), (Murty & Charit, 2008). Ni-bazlı alaşımların, yüksek sıcaklıklarda sürünme mukavemeti, oksidasyon direnci, mükemmel malzeme özellikleri, faz kararlılığı ve yüksek verimli sistem olmaları nedeniyle birçok yüksek sıcaklık reaktöründe kullanılırlar (Natesan, Purohit, & Tam, 2003), (Yvon & Carré, 2009), (Giggins & Pettit, 1971). Şu anda, 617 alaşımı ve diğer Ni bazlı alaşımlar, oksidasyon, karbonlama ve karbonsuzlaştırma koşulları gibi çeşitli ortamlara karşı mükemmel yüksek sıcaklık korozyon direnci nedeniyle, ara ısı eşanjörü (IHX) ve sıcak gaz kanalı (HGD) için aday malzeme olarak kabul edilmektedir (Natesan, Purohit, & Tam, 2003), (Benz, Lillo, & Wright, 2013), (Kim, Jang, & Ryu, 2009). Bu malzemelerde, koruyucu dış Cr oksit, metal ve ortam arasındaki doğrudan etkileşimi engeller (Jang, et al., 2011). Krom (Cr) ve alüminyum (Al), yüksek sıcaklıklarda süreye karşı koruma sağlamak için yüzey oksit tabakasının oluşumu için önemlidir (Kewther, Hashmi, & Yilbas, 2001), (HAYNES 617 alloy, 2022), (Sah, Kim, Lee, & Jang, 2013).

İncelenen malzeme çeşitliliği arasında, birkaç nikel bazlı alaşım, bu yüksek sıcaklık bileşen malzemesi olarak ciddi şekilde kabul görmüştür. (Natesan, Purohit, & Tam, 2003), (Giggins & Pettit, 1971), (Jang, et al., 2011). Bu alaşımların oksidasyonu, yüksek sıcaklık korozyon direncine, süper alaşımların metal kaybına, dekarburizasyona ve iç oksidasyon yoluyla mekanik özelliklerinin bozulması üzerinde etkileri olacağından endişe vericidir (Hussain, Shadid, Khan, & Rahman, 1995), (Kim, Jang, & Ryu, 2009).

617 alaşımı, yüksek sıcaklık dayanımı ve oksidasyon direncinin olağanüstü bir kombinasyonuna sahip katı çözeltili, güçlendirilmiş nikel-krom-kobalt-molibden alaşımıdır (Hussain, Shadid, Khan, & Rahman, 1995), (HAYNES 617 alloy, 2022). Bu nedenle, oksitlerin oksidasyon davranışını ve kararlılığını anlamak için, alaşımların hava (Sharma, Ko, Li, & Kang, 2008), (Sharma, Li, Ko, & Kang, 2010), (Tung & Stubbins, 2012), (Al-Hatab, Al-Bukhaiti, & Krupp, 2014), (Jang, Lee, & Kim, Oxidation behaviour of an Alloy 617 in very high-temperature air and helium environments, 2008) ve çeşitli helyum atmosferlerinde (Jang, et al., 2011), (Hussain, Shadid, Khan, & Rahman, 1995), (Jang, Lee, & Kim, Oxidation behaviour of an Alloy 617 in very high-temperature air and helium environments, 2008), (Martins, Hosier, & Hassford, 1974), (Ganesan, Smith, & Yates, 1995), (CHIN, JOHNSON, & CHEN, 1982), (Kim, Lee, JEONG, KIM, & PARK, 2011), (Kim, Jang, & Ryu, 2009) yüksek sıcaklıkta oksidasyonu üzerine birkaç çalışma yapılmıştır. Simüle edilmiş bir VHTR atmosferindeki korozyon hasarı Bates (Bates, 1984), Christ ve diğerleri (Christ, Künecke, Meyer, & Sockel, 1988), (Christ, Künecke, Meyer, & Sockel, High-Temperature Corrosion of the Nickel-Based Alloy Inconel-617 in Helium Containing Small Amounts of Impurities, 1987), Jang (Jang, Lee, & Kim, Oxidation behaviour of an Alloy 617 in very high-temperature air and helium environments, 2008) tarafından

incelenmiştir ve Cabet ve diğerleri (Cabet, Terlain, Lett, Guetaz, & Gentzbittel, 2006), (Cabet, et al., 2008), (Cabet & Rouillard, Corrosion of high temperature metallic materials in VHTR, 2009), (Cabet & Rouillard, Corrosion Issues of High Temperature Reactor Structural Metallic Materials, 2009) tarafından incelenmiştir. Kim (Kim, Jang, & Ryu, 2009), Jang (Jang, Lee, & Kim, Oxidation behaviour of an Alloy 617 in very high-temperature air and helium environments, 2008) ve Wright (Wright, 2006) tarafından yüksek sıcaklıktaki helyum ve havada kısa süreli ve uzun süreli korozyonlar üzerine araştırmalar rapor edilmiştir. Bununla birlikte, yüksek sıcaklık oksidasyonu sırasında 617 alaşımının, oksitlerin evrimi ve mikroyapısal değişiklikleri açıkça tanımlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, bir nikel-krom-kobalt-molibden alaşımı olan 617 alaşımını farklı sıcaklıklara maruz bırakarak oksidasyon davranışını çeşitli analitik tekniklerle farklı incelemektir. Termogravimetrik analiz (TGA) ile sıcaklığın oksidasyon hızı üzerindeki oksidasyon/korozyon etkisini analizini, malzemenin yüzeyleri hakkında elementel ve kimyasal bilgisi edinmek için yüzey analiz tekniği olan X-ray Fotoelektron Spektroskopisi (XPS) ve yüzey morfolojisini incelemek için Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) kullanılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Malzemeler Ve Numune Hazırlama

617 ALAŞIMI

617 alaşımı Ni bazlı alaşımdır. Tablo 1, oksidasyon çalışmaları için kullanılan 617 alaşımının özelliklerini göstermektedir.

Tablo 1.617 alaşımı özellikleri (Special Metals Corporation. Inconel Alloy 617, 2005)

Yoğunluk	Erime aralığı	Bileşim (%)
8.36 g/cm ³	1603 K-1648 K	Ni(54), Cr(22), Co(125), Mo(9), Fe(1), Ti(0.3), Mn(2), C(0.07)

Elde edilen 617 alaşımı şeritleri ilk önce yaklaşık 15 mm x 12,8 mm x 0,4 mm boyutlarında test numunelerine kesildi ve her numune oksidasyon hızı sabitinin hesaplanması için ayrı ayrı ölçüldü. Numunelerin yüzeyleri, gerçek bileşenlerin yüzey pürüzlülüğünü simüle etmek için 400 grit silisyum karbür kağıt ile zımparalanmıştır. Bundan sonra numuneler metanol ve asetilen ile temizlendi ve 100° C'de fırın tüpleri ile bir saat kurutuldu. Bu geometriyi seçmemizin sebebi, termogravimetrik analiz cihazının aparatta kullanılan numune kovasına uyacak ideal geometri olmasındandır.

2.2. Kullanılan Yöntemler

Oksidasyon oranını izotermal olarak ölçmek için TGA kullandık. Daha sonra oksit tabaka yapısını XPS ve AFM ile inceledik.

2.2.1. TGA (Termogravimetrik Analizör)

617 alaşımının oksidasyonunu incelemek için kütle değişimi ve sıcaklık verilerini gerçek zamanlı veriler ile karşılaştırdı ve bu

verileri Thermo Scientific ThermoMax700 termogravimetrik analizörü ile elde edildi. Kovanın hacmi 35 ml'dir. 100 g kapasiteye ve $\pm 1.0 \mu\text{g}$ hassasiyete sahiptir. Deneyde, toplam akış hızı 50 mL / dak olan ultra yüksek saflıkta araştırma sınıfı helyum ile medikal kuru hava gazı karışımları kullanılmıştır. Akış hızlarını kontrol etmek için kütle akış kontrolörleri kullanıldı. Belirlediğimiz sıcaklıktaki kütle değişimlerini TGA cihazı ile izotermal olarak ölçüldü. Toplu değişim verileri, otomatik veri toplama yazılımı kullanılarak TGA'dan bir bilgisayara aktarıldı.

617 alaşımı numuneleri ilk önce ultra yüksek saflıkta helyumda istenen oksidasyon sıcaklığına ulaşılan kadar yaklaşık 5 K / dak sabit bir hızda ısıtıldı, istenilen sıcaklıktan sonra %100 kuru hava gazı ortamına geçildi. Numuneler 24 saat boyunca 800 ° C, 900 ° C ve 1000 ° C'de oksitlenmeye maruz bırakıldı.

2.2.2. XPS (X-ray Fotoelektron Spektroskopisi)

Kullanılan cihaz Kratos Axis 165 markalı Fotoelektron spektrometresidir. 0-1100 eV enerji aralığında tarama yapıldı.

2.2.3. AFM (Atomik Kuvvet Mikroskobu)

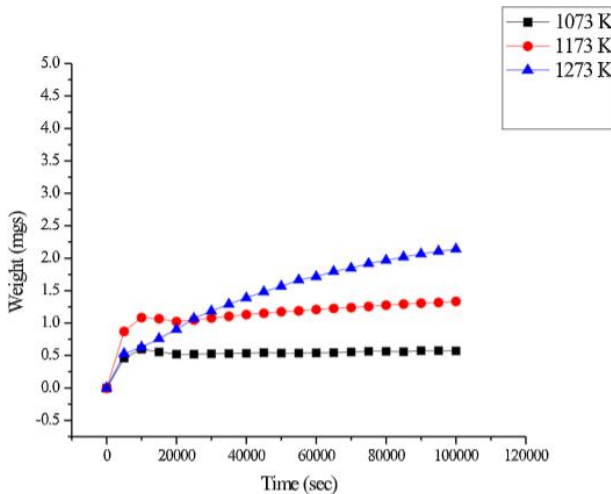
Applied NanoStructures Inc. tarafından yapılan Atomic force mikroskobu kullanıldı. AFM piezo değerleri x-y limiti yaklaşık olarak 13.5 micron ve z limit aralığı yaklaşık 3.5 micron olarak belirlendi.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. TGA'dan Oksidasyon Kinetiği Ve 617 Alaşımı İçin Oksidasyon Verileri

Numunenin ağırlık değişimleri %100 medikal kuru hava gazında 800 ° C ila 1000 ° C aralığında izotermal olarak ölçülmüştür.

Sonuçlar aşağıdaki şekildedir:



Şekil 1: 800° C ila 1000° C arasında değişen sıcaklıklarda TGA kullanılarak medikal kuru hava gazında 617 alaşımının oksidasyonu

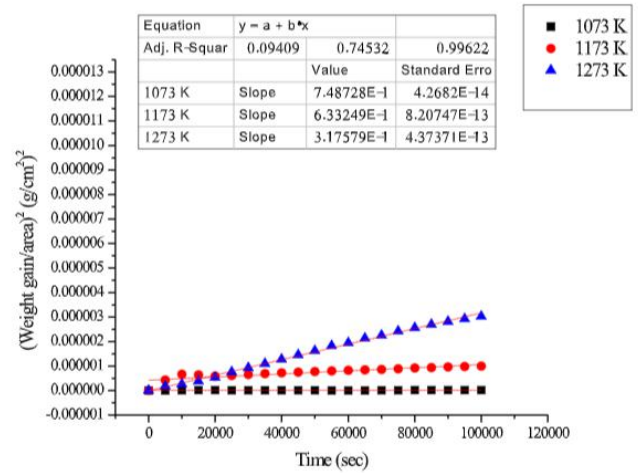
Tablo 2: 24 saatlik kuru havaya maruz bırakıldıktan sonra, belirlenen her sıcaklıkta (° C) toplam ağırlık kazancı

Sıcaklık (° C)	Ağırlık kazancı (mgs)
800	0.57
900	1.33
1000	2.14

Toplam ağırlık kazancı Tablo 2'de gösterilmektedir. Ağırlık kazancı gözlemlendi ve artan sıcaklıkla kütle kazancı arttı. İlk 20.000 saniye, ısıtma sıcaklık aralığını temsil ettiğinden dolayı değişken ağırlık kazanımları gözlenmiştir.

3.1.1. Oksidasyon Kinetiği/Hız Sabiti

617 alaşımının oksidasyon kinetiği, TGA kullanılarak kuru havada 800 °C-1000 ° C sıcaklık aralığında zamana bağlı olarak birim alan başına kütle kazancının ($\Delta m/a$) ölçülmesiyle sayısal veriler elde edildi.



Şekil 2: 617 alaşımı için oksidasyon kinetiği (birim alan başına kütle kazancı, $\Delta m/a$) ile 800°C ila 1000°C aralığındaki sıcaklıklar için oksidasyon süresi grafiği ($t=0$, 617 alaşımı numunesinin ayarlanmak istenen sıcaklığa ulaştığı süreyi belirtir.)

Parabolik hız sabitleri, Şekil 2'deki oksidasyon veri setleri üzerinde lineer doğru çizilerek belirlendi ve sonuçları şu şekildedir:

Tablo 3: Parabolik oksidasyon hızı sabitleri, 617 alaşımının kp değerleri

Sıcaklık (° C)	kp değeri ($\text{g}^2\text{cm}^{-4} \text{sn}^{-1}$)
800	7.487×10^{-14}
900	6.332×10^{-12}
1000	3.176×10^{-11}

3.1.2. Aktivasyon Enerjisi

Arrhenius denklemi, sıcaklığın oksidasyon gibi kimyasal tepkimelerin hızı üzerindeki etkisini açıklayan matematiksel bir denklemdir.

Oksidasyon hız sabiti olan k, Arrhenius denklemi ile tanımlanabilmektedir ve k Arrhenius denklemine göre, sıcaklığa bağlı olarak bulunur.

Aktivasyon enerjisi, oksidasyon davranışını tanımlamaya yardımcı olur. Aktivasyon enerjileri, elde edilen oksidasyon veri grafiğinin analizinden elde edilir.

Aktivasyon enerjisinin değerini bulmak için aşağıdaki Arrhenius denklemi kullanılır:

Denklem 1:

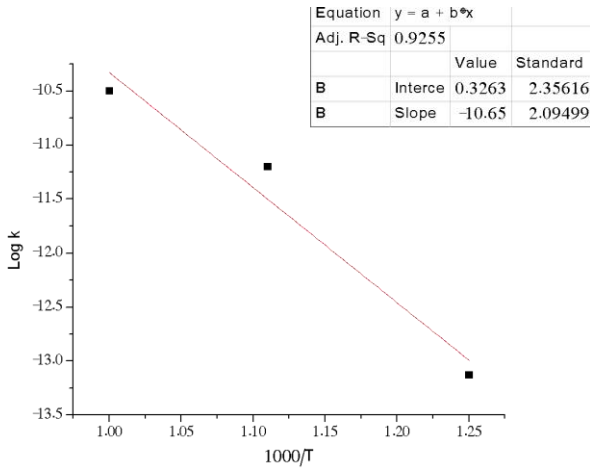
$$k=A \exp (-Q/RT)$$

Denklemde, k oksidasyon hız sabiti, A frekans faktörü, Q aktivasyon enerjisi, R gaz sabiti (8.31 J/mol K) ve T (Kelvin cinsinden) sıcaklıktır.

Denklemin logaritması alınırsa,

Denklem 2:

$$\text{Log } k=\text{Log } A-\left(Q / 2.3030 R\right)(1 / T)$$



Şekil

3: 617 alaşımı için aktivasyon enerjisi

Şekil 3'teki grafiğin eğimi alındığında elde edilen sonuç -10.65 çıktı ve bu değeri de kullanarak 617 alaşımının bir parabolik oksidasyon hızı için oksidasyon kaplama reaksiyonu Q'nun aktivasyon enerjisi 203.91 kJ/mol bulundu.

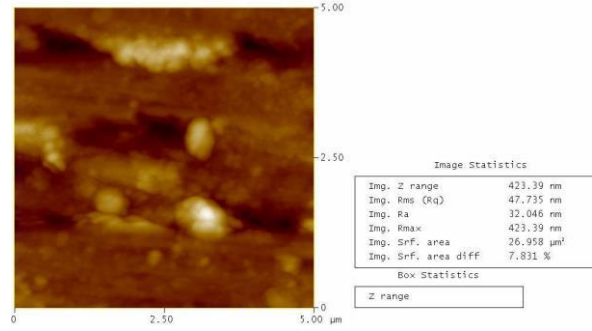
3.2. AFM İncelemesi

Bu analiz yöntemi ile 617 alaşımının birçok yüzey özelliklerinin elde edildi (yüzey morfoloji pürüzlülüğü, atomik seviyede yüzey kuvvetleri gibi). AFM yöntemini, farklı sıcaklıklarda 617 alaşımı yüzeyinde meydana gelen oksidasyon sonrasında, yüzeyde oluşan oksitlenmeler sonucu, yüzeyin özelliklerini incelemek amacıyla kullanıldı.

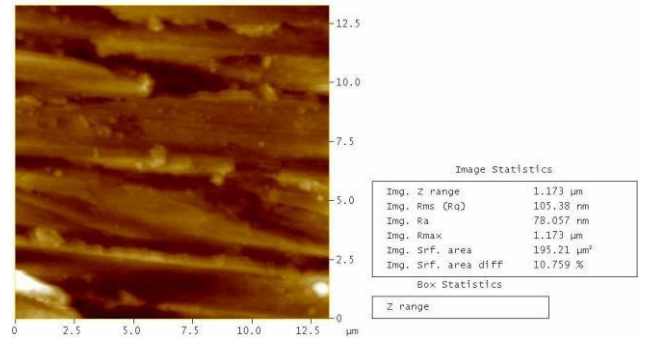
Şekil 4 ve 5 ile farklı çözünürlüklerde AFM görüntüleri incelendi, aynı tip bölgeden alınan bir çift yüksek büyütme AFM görüntüleridir. Filmin daha derin kısmındaki büyük bireysel taneler, daha sık olarak daha küçük parçacıkların birleşimidir. Ayrıca, daha düşük çözünürlükte basitçe görünmez olan, yaklaşık 10 nm veya daha küçük bir boyuta kadar mevcut bireysel parçacıklar da vardır. Oksidin dış kısmı, daha yüksek büyütmede bu tür alt bölümler göstermez (şekil 5).

Hem derin hem de dış oksit bölgelerinde filmin bir bölümünden diğerine yavaş değişen ortalama tane boyutunun var

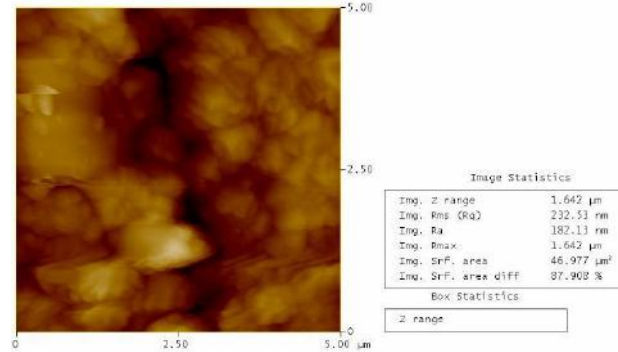
olduğunu görülmektedir. Şekil 6 ve şekilde 7'de gösterilen görüntüler "tipik" olmakla birlikte, ortalama tane boyutunun 2 veya 3 kat daha büyük veya daha küçük olabileceği başka bölgeler de mevcuttur.



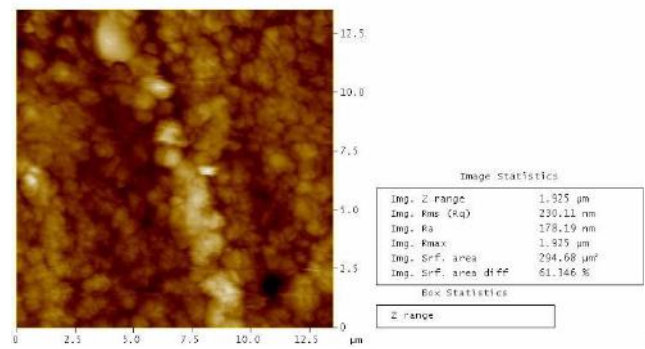
Şekil 4: 617 alaşımının oksidasyon öncesi AFM yüzey görüntüsü (5µm)



Şekil 5. 617 alaşımının oksidasyon öncesi AFM yüzey Görüntüsü (12.5µm)



Şekil 6: 617 alaşımının oksidasyon sonrası (900 C) AFM yüzey Görüntüsü (5µm)



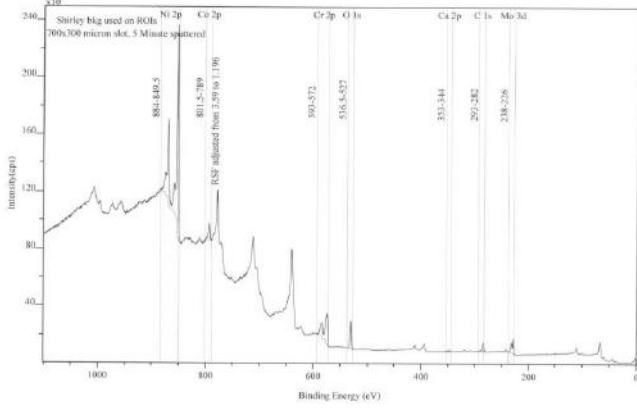
Şekil

7: 617 alaşımının oksidasyon sonrası (900 C) AFM yüzey Görüntüsü (12.5µm)

3.3. XPS İncelemesi

AFM, nesne hakkında kristalografik bilgi vermez. Bu nedenle, yüksek büyütme AFM görüntülerinde görülenlerin

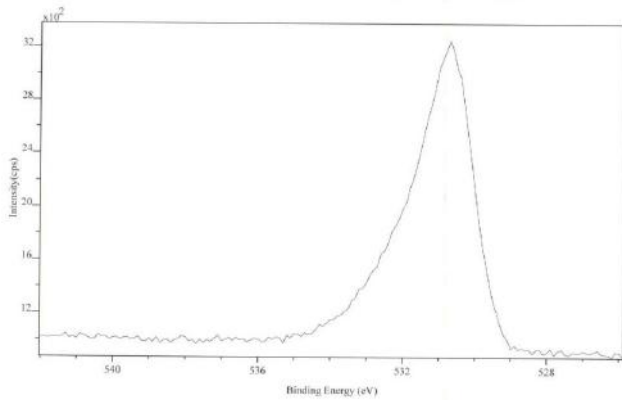
biyresel taneler olduğu sonucu sorgulanabilir. Bu nedenle XPS görüntüleri incelenecektir ve yüzey üzerinde elemental map bilgileri Şekil 8 ve 11, tablo 4 ve 5'te değerler verilmiştir. Şekil 9, 617 alaşımının oksidasyon ncesi XPS Oksijen elementi ve Şekil 12, belirli bir sıcaklığa tabi tutulduktan sonraki oksidasyon sonrası değeri göstermektedir. Şekil 10, 617 alaşımının oksidasyon ncesi XPS krom elementinin ve Şekil 13, belirli bir sıcaklığa tabi tutulduktan sonraki krom değerinin oksidasyon sonrası değerini göstermektedir.



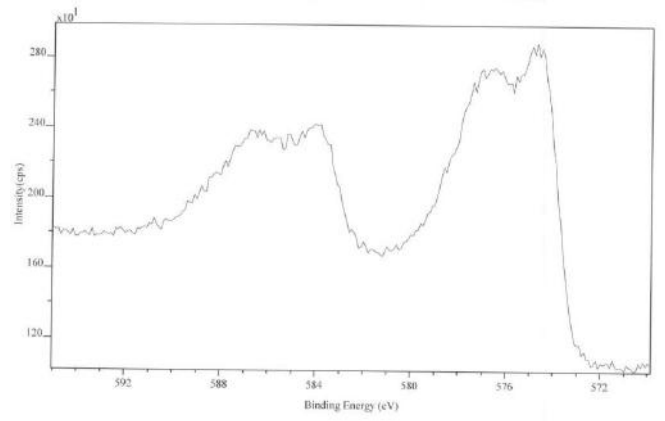
Şekil 8: 617 alaşımının oksidasyon ncesi XPS Analiz İncelemesi

Tablo 4: 617 alaşımının oksidasyon ncesi XPS Analiz(elementel) İncelemesi

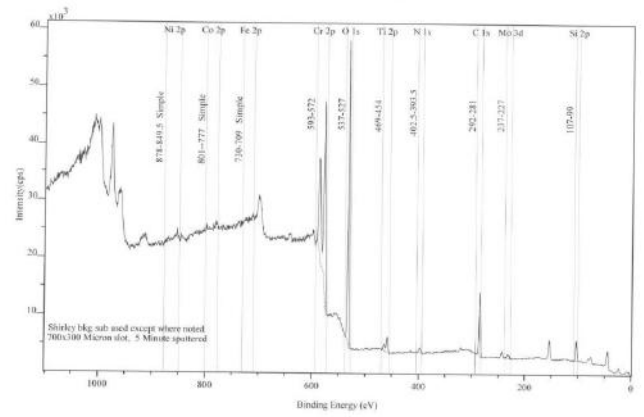
Pik	Tip	Pozisyon BE(eV)	FWHM(eV)	Raw Area(cps eV)	RSF	Atomik Kütle	Atomik konsantrasyon %	Kütle konsantrasyonu %
Ni 2p	Standart	853.000	2.090	737690.4	4.044	58.702	40.70	54.77
Co 2p	Standart	794.000	2.731	44225.3	1.196	58.933	8.18	11.05
Cr 2p	Standart	575.000	4.407	155940.2	2.427	51.996	14.18	16.90
O 1s	Standart	531.000	2.482	54804.9	0.780	15.999	15.71	5.76
Ca 2p	Standart	347.500	2.279	3190.7	1.833	40.078	0.41	0.38
C 1s	Standart	285.000	3.124	20727.0	0.278	12.011	18.02	4.96
Mo 3d	Standart	228.500	1.737	37896.3	3.321	95.922	2.81	6.17



Şekil 9: 617 alaşımının oksidasyon ncesi XPS Oksijen elementi incelemesi



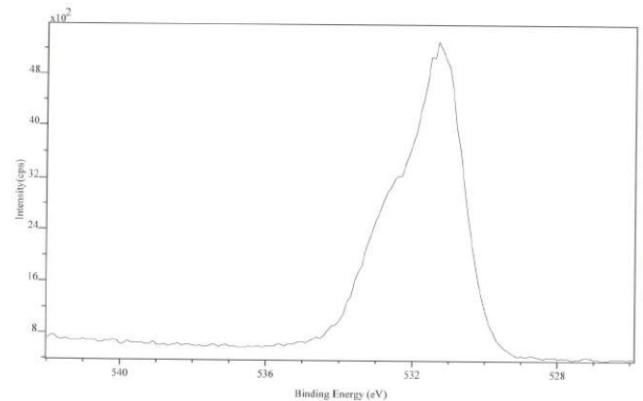
Şekil 10: 617 alaşımının oksidasyon ncesi XPS Krom elementi incelemesi



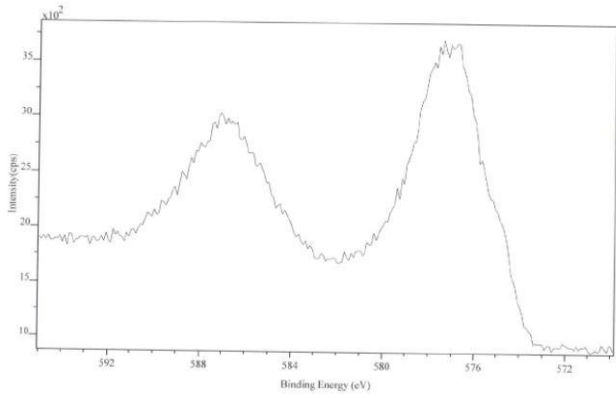
Şekil 11: 617 alaşımının oksidasyon sonrası XPS analiz İncelemesi

Tablo 5: 617 alaşımının oksidasyon sonrası XPS Analiz(elementel) İncelemesi

Pik	Tip	Pozisyon BE(eV)	FWHM(eV)	Raw Area (cps eV)	RSF	Atomik Kütle	Atomik konsantrasyon %	Kütle konsantrasyonu %
Ni 2p	Standart	854.500	1.253	7315.0	4.044	58.702	0.41	0.98
Co 2p	Standart	781.500	2.101	6973.6	3.590	58.933	0.44	1.05
Fe 2p	Standart	712.000	1.739	6635.9	2.957	55.846	0.51	1.15
Cr 2p	Standart	577.500	3.923	226527.3	2.427	51.996	21.10	44.41
O 1s	Standart	531.500	2.515	141607.4	0.780	15.999	41.60	26.94
Ti 2p	Standart	459.000	2.900	13717.3	2.001	47.878	1.60	3.11
N 1s	Standart	398.000	3.713	3263.1	0.477	14.007	1.63	0.93
C 1s	Standart	285.500	2.307	28501.9	0.278	12.011	25.40	12.35
Mo 3d	Standart	232.000	5.821	3767.8	3.321	95.922	0.29	1.11
Si 2p	Standart	103.000	2.328	8644.9	0.328	28.086	7.02	7.96



Şekil 12: 617 alaşımının oksidasyon sonrası XPS Oksijen elementi incelemesi



Şekil

13: 617 alaşımının oksidasyon sonrası XPS Krom elementi incelemesi

TGA sonuçlarına bakıldığında, 0-10.000 saniye (10000 sn= 2,78 saat) aralığında tüm sıcaklıklarda bir ağırlık artışı görülmüştür.

TGA da ilk başlarda hızlı ağırlık artışının sebebi, fırının sıcaklığını sabitleyene kadarki sürede fırının ısısının ani artışından kaynaklanmaktadır, bu göz ardı edilebilir. Ancak fırın sıcaklığı 800°C-900°C-1000°C değerlerinde 24 saatlik gözlemlenen ve tespit edilen verilerde orantısal bir ağırlık artışı olduğu gözlemlenmiş ve bunun en büyük sebebi de Cr2O3 tabakasında ve dış katmanda oksitlenme filminin olmasından kaynaklanmaktadır.

AFM verilerinde görüldüğü üzere, farklı piksel incelemelerinde bazı bölgelerde beyaz atma ile oksit tabakaları gözlemlenmektedir ve farklı yakınlaştırma modlarında bu değerler daha belirgin olarak gözlemleniyor, AFM ile ilgili diğer veri bilgileri de şekillerin yanında verilmiştir.

XPS'den elde ettiğimiz verilerde, farklı noktalarda kütle konsantrasyonlarında şekilde gösterilmektedir. Bu verilere ait bilgiler tablolar halinde verilmiştir. XPS için oksitlenmeden önceki ve sonraki verileri farklı tablolar halinde verileri incelenerek oksitlenmenin tabaka üzerinde elementel kütle değişimleri irdelenmiştir.

4. Sonuç

TGA sonuçlarında Şekil 2'deki grafikten elde edilen kp değerleri 800,900 ve 1000 için sırasıyla 7.487×10^{-14} , 6.332×10^{-12} ve 3.176×10^{-11} olarak bulunmuştur.

617 alaşımı için, oksidasyon davranışı parabolik oksidasyon hızı yasasına göre belirlenmiştir.

Arrhenius denkleminin çözümünü yaparak ilgili verilerle bağlantılı olarak, aktivasyon enerjisi 203.91 kJ/mol bulunmuştur.

TGA sonuçlarına bakıldığında, 800°C ile 1000°C arasında kütle artışı görülmüştür.

XPS tablosundaki verilere göre 617 alaşımı numunesinin üzerindeki Cr₂O₃ tabakasında sıcaklıkla birlikte artış görülmüştür.

AFM analizi göz önüne alındığında, sıcaklık arttıkça açıklıklar, ara boşluklar ve tanecikli yapılar sıcaklığa bağlı olarak artış göstermiştir.

Kaynakça

- Al-Hatab, K. A., Al-Bukhaiti, M., & Krupp, U. (2014). Cyclic oxidation kinetics and oxide scale morphologies developed on alloy 617. *Applied Surface Science*, 275-279.
- Bates, H. G. (1984). The Corrosion Behavior of High-Temperature Alloys During Exposure for Times up to 10 000 h in Prototype Nuclear Process Helium at 700 to 900°C. *Nuclear Technology*, 66(2), 415- 428.
- Benz, J., Lillo, T., & Wright, R. (2013). *Aging of Alloy 617 at 650 and 750 °*. Idaho Falls, Idaho: Idaho National Laboratory.
- Cabet, C., & Rouillard, F. (2009). Corrosion Issues of High Temperature Reactor Structural Metallic Materials. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 131, 062902-1-062902-6.
- Cabet, C., & Rouillard, F. (2009). Corrosion of high temperature metallic materials in VHTR. *Journal of Nuclear Materials*, 392(2), 235-242.
- Cabet, C., Chapovaloff, J., Rauillard, F., Girardin, G., Kaczorowski, D., Wolski, K., & Pijolat, M. (2008). High temperature reactivity of two chromium-containing alloys in impure helium. *Journal of Nuclear Materials*, 375(2), 173-178.
- Cabet, C., Terlain, A., Lett, P., Guetaz, L., & Gentzittel, J. M. (2006). High temperature corrosion of structural materials under gas-cooled reactor helium. *Materials and Corrosion*, 57(2), 147-153.
- CHIN, J., JOHNSON, W. R., & CHEN, K. (1982). *Compatibility of aluminate-coated Hastelloy X and Inconel 617 in a simulated gas-cooled reactor environment*. General Atomic Company.
- Christ, H. J., Künecke, U., Meyer, K., & Sockel, H. G. (1987). High-Temperature Corrosion of the Nickel-Based Alloy Inconel-617 in Helium Containing Small Amounts of Impurities. *Mater. Sci. Eng.*, 87, 161-168.
- Christ, H. J., Künecke, U., Meyer, K., & Sockel, H. G. (1988). Mechanisms of High-Temperature Corrosion in Helium Containing Small Amounts of Impurities. II. Corrosion of the Nickel-Base Alloy Inconel-617. *Oxid. Met.*, 30, 27-51.
- Ganesan, P., Smith, G. D., & Yates, D. H. (1995). Performance of Inconel Alloy 617 in Actual and Simulated Gas Turbine Environments. *Materials and manufacturing Processes*, 10, 925-938.
- Giggins, C. S., & Pettit, F. (1971). Oxidation of Ni-Cr-Al Alloys Between 1000° and 1200°C. *Journal of The Electrochemical Society*, 1782.
- HAYNES 617 alloy. (2022, 5 5). Haynes International: https://www.haynesintl.com/docs/default-source/pdfs/new-alloy-brochures/high-temperature-alloys/brochures/617-brochure.pdf?sfvrsn=a27229d4_26 adresinden alındı
- Hussain, N., Shadid, K. A., Khan, I. H., & Rahman, S. (1995). Oxidation of high-temperature alloys (superalloys) at elevated temperatures in air. II. *Oxidation of Metals*, 43(3/4), 363.
- Jang, C., Kim, D., Kim, D., Sah, I., Ryu, W., & Yoo, Y. (2011). Oxidation behaviors of wrought nickel-based superalloys in various high temperature environments. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, 1524-1531.
- Jang, C., Lee, D., & Kim, D. (2008). Oxidation behaviour of an Alloy 617 in very high-temperature air and helium environments. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 85(6), 368- 377.

- Kewther, A., Hashmi, M., & Yilbas, B. (2001). Corrosion properties of inconel 617 alloy after heat treatment at elevated temperature. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 108-113.
- Kim, D., Jang, C., & Ryu, W. S. (2009). Oxidation Characteristics and Oxide Layer Evolution of Alloy 617 and haynes 230 at 900 C and 1100 C. *Oxid Met*, 71, 271-293.
- Kim, D.-J., Lee, G.-G., JEONG, S., KIM, W., & PARK, J. (2011). Investigation on Material Degradation of Alloy 617 in High Temperature Impure Helium Coolant. *Nuclear Engineering and Technology*, 429-436.
- Martins, W. L., Hosier, J. C., & Hassford, T. H. (1974). Microstructure and phase stability of Inconel alloy 617. *Metallurgical Transaction*, 5, 2579.
- Murty, K., & Charit, I. (2008). Structural materials for Gen-IV nuclear reactors: Challenges and opportunities. *Journal of Nuclear Materials*, 189-195.
- Natesan, K., Purohit, A., & Tam, S. W. (2003). *Materials Behavior in HTGR Environments (NUREG/CR-6824, ANL-02/37)*. Washington, DC: Office of Nuclear Regulatory Research, U.S. Nuclear Regulatory Commission.
- Sah, I., Kim, D., Lee, H., & Jang, C. (2013). Development and oxidation resistance evaluation of Al-rich surface layer on Alloy 617. *Surface and Coatings Technology*, 400-404.
- Sharma, S., Ko, G., Li, F., & Kang, K. (2008). Oxidation and creep failure of alloy 617 foils at high temperature. *Journal of Nuclear Materials*, 144-152.
- Sharma, S., Li, F., Ko, G., & Kang, K. (2010). Strengthening effect of Cr₂O₃ thermally grown on alloy 617 foils at high temperature. *Journal of Nuclear Materials*, 165-170.
- Special Metals Corporation. Inconel Alloy 617. (2005). Technical Bulletin.
- (2015). *Structural Materials for Innovative Nuclear Systems*. Idaho Falls: Idaho National Laboratory.
- Tung, H.-M., & Stubbins, J. (2012). Incipient oxidation kinetics of alloy 617 and residual stress of the oxide scale formed in air at temperatures between 850 and 1000°C. *Journal of Nuclear Materials*, 23-28.
- Wright, R. N. (2006). *Summary of Studies of Aging and Environmental Effects on Inconel 617 and Haynes 230*. Idaho Falls, Idaho: Idaho National Laboratory.
- Yvon, P., & Carré, F. (2009). Structural materials challenges for advanced reactor systems. *Journal of Nuclear Materials*, 385, 217-222.



Bitki Korumada Mikrobiyal Pestisitlerin Kullanım Olanakları ve Etki Mekanizmaları

Çiğdem Işık^{1*}, Aycan Cinar²

^{1*} Bursa Teknik Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-7916-5438), isik_cigdem@windowslive.com

² Bursa Teknik Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2038-725X), aycan.cinar@btu.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1113033)

ATIF/REFERENCE: Işık, Ç. & Cinar, A. (2022). Bitki Korumada Mikrobiyal Pestisitlerin Kullanım Olanakları ve Etki Mekanizmaları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 214-221.

Öz

Bitki zararlıları konusu, dünya çapında önem arz etmektedir. Tarla, bahçe ve seralarda yetiştirilen çeşitli sebze, meyve ve bitki türleri böcekler tarafından zarara uğramaktadır. Böceklerin, bitkileri besin olarak kullanması, bitkilerin zayıflamasına veya ölümüne neden olmaktadır. Günümüzde bu zararlılardan korunmada yaygın olarak kimyasal pestisitler kullanılmaktadır. Ancak uygulanan bu kimyasalların, sebze ve meyvelerde kalıntı olarak tüketimi insan ve hayvanların vücudunda toksik madde birikimine neden olmaktadır. Aynı zamanda bu kimyasallar; toprağa, yer altı sularına, deniz ve göllere taşınarak çevresel kirliliğe de yol açmaktadır. Bu durumun önlenmesi için kimyasal mücadele yerine biyolojik mücadelenin (BM) uygulanması giderek artan bir öneme sahip olmuştur. Bu derlemede, BM'nin bir parçası olan mikrobiyal pestisitlerin (MP) elde edildiği mikroorganizmalar ile etki mekanizmaları ele alınmış, dünya çapındaki market büyüklükleri ve konuyla ilgili çalışmalar incelenmiştir. MP'lerin insan ve hayvanlar üzerinde toksik etkisi olmadığı ve bitki korumada etkili biyoajanlar oldukları bildirilmiştir. Bu alandaki çalışmaların artması ve uygulamaların yaygınlaşmasıyla, çevreye zarar veren kimyasal kullanımının azalması, doğal dengenin bozulmasının önüne geçilmesi, dünyanın her yerinde ulaşılabilir bir hedef olabilecektir.

Anahtar Kelimeler: *Bacillus thuringiensis*, Bitki koruma, Biyolojik mücadele, Mikrobiyal pestisit.

Possibilities of Use and Effect Mechanisms of Microbial Pesticides in Plant Protection

Abstract

The issue of plant pests has worldwide importance. Various types of vegetables, fruits and plants grown in fields, gardens and greenhouses are damaged by insects. Insects' use of plants as food causes the plants to weaken or die. Today, chemical pesticides are widely used to protect against these pests. However, the consumption of these applied chemicals as residues in vegetables and fruits causes toxic substance accumulation in the body of humans and animals. In addition, these chemicals cause environmental pollution by being carried to the soil, underground waters, seas and lakes. In order to prevent this situation, the application of biological control (BC) instead of chemical control has become increasingly important. In this review, the microorganisms from which microbial pesticides (MP) are obtained and their mechanisms of action are discussed, market sizes around the world and related studies are examined. It has been reported that MPs do not have toxic effects on humans and animals and are effective bioagents in plant protection. With the increase in studies in this field and the spread of applications, reducing the use of chemicals that harm the environment and preventing the deterioration of the natural balance will be an achievable target all over the world.

Keywords: *Bacillus thuringiensis*, Biological control, Microbial pesticides, Plant protection.

* Sorumlu Yazar: isik_cigdem@windowslive.com

1. Giriş

Biyolojik Mücadele (BM), tarım zararlılarının doğal düşmanlar yoluyla etkisiz hale getirildiği güvenilir, ekonomik ve başarılı bir yöntemdir. Bu amaçla, mikroorganizmalar, predatörler, parazitoid böcekler, omurgalılar, omurgasızlar, bitkisel maddeler ve feromonlar gibi canlı organizmalardan yararlanılmaktadır (Özkan, ve diğerleri, 2020).

Mikrobiyal mücadele, BM'nin bir parçası olup bitki zararlılarının mikroorganizmalar veya bunların ürettikleri metabolitler kullanılarak baskılandığı uygulamalardır. Bu uygulamalarda genellikle böcekler için patojen olan mikroorganizmalar kullanılır. Bu biyoajanlar genel olarak böceklerden veya hastalıklı topraklardan elde edilir (Allahverdiyev & Şahin, 2011).

Mikrobiyal pestisitler (MP), toprakta varolan, bitki dokularında simbiyotik bir yaşam sürebilen, azot ve fosfor gibi bazı besin elementlerini bitkilerin kullanımına uygun şekle dönüştürebilen, bitkilerin gelişimini uyarıcı bazı enzimleri üreten mikroorganizmalar veya bu mikroorganizmalar tarafından üretilen metabolitler kullanılarak elde edilmektedir. Bu ürünler; toprağın pH'sını değiştirmez, toksik etki göstermez ve çevre kirliliği oluşturmazlar. Uygulama yöntemi olarak; tohumlar bu ürünlerle kaplanabilir veya direk olarak toprak ya da bitki yapraklarına uygulanabilirler (Okumuş & Alçinkaya, 2019).

MP'ler, belli organizmaları hedef aldıkları için diğer organizmalara (insanlar dahil) karşı zararlı etki göstermezler, kimyasallara göre, daha kısa zamanda, daha az maliyetle üretilebilirler, doğadan kolayca elde edilebilir ve biyolojik olarak parçalanabilirler. Bunlar, organik tarımda da yaygın şekilde kullanılır (Liu, 2021), (Thakur, Kaur, Tomar, Thakur, & Yadav, 2020).

Saksı ve tarlalarda test edilip başarı gösteren mikroorganizmaların ticari üretimi, ısıtmalı biyoreaktörlerde pH ve ısı kontrolüyle besleme yapılarak gerçekleştirilir. Üretilen mikroorganizmalar plastik malzemelerle yarı katı, toz veya sıvı olarak paketlenir. Ambalajlı ürün, 4-12°C sıcaklıkta depolanır veya satışa sunulur (Okumuş & Alçinkaya, 2019). Ayrıca Türkiye'de Tarım ve Orman Bakanlığı Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından doğal düşmanların etkinlik testleri yapılmaktadır (Özaktan, Aysan, Yıldız, & Kinay, 2010).

Üreticilerin, kimyasal pestisit kullanma alışkanlıklarını kolayca bırakamadıkları ve zararlıların direnç geliştirmesi nedeniyle bu kimyasalları gereğinden fazla kullandıkları belirlenmiştir. Bu durum, insan sağlığı ve çevre için tehdit unsuru olmaktadır. Tüm bunların önlenmesi için BM gibi alternatif yöntemlerin araştırılması ve uygulamaya konması için adımlar atılması önemli bir konu haline gelmiştir (Topakcı & Keçeci, 2017).

Yurt dışına ihraç edilen meyve ve sebzelerde kimyasal pestisit kalıntısının olmaması gerekmektedir. Yapılan bir çalışmada 2010 yılından bu yana, pestisit kalıntılarıyla ilgili yayınlanmış makaleler taranmış ve yayınlara konu olan meyve-sebzelerin çoğunda pestisit kalıntısı olduğu görülmüştür. Bu kalıntıların bazılarının Türk Gıda Kodeksi Pestisitlerin Maksimum Kalıntı Limitleri Yönetmeliği'nde belirlenen maksimum kalıntı düzeylerini aştığı belirlenmiştir. Ayrıca, kullanımı yasaklı olan bazı pestisitlerin de kullanıldığı saptanmıştır. Bu durum, denetim ve cezai işlem uygulamalarının

etkin bir şekilde yapılması gerektiğinin bir kanıtıdır (Tözün & Gökhan, 2022).

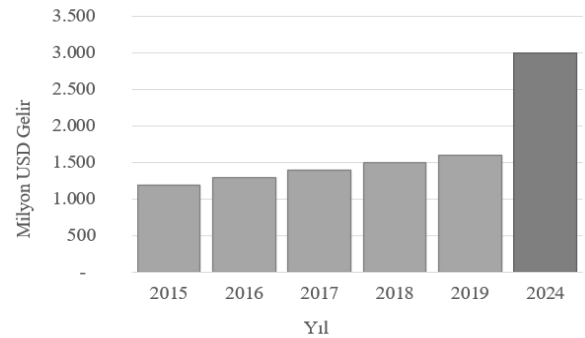
Ülkemizde kimyasal kullanımını azaltmak adına, BM'yi uygulayan üreticilere bu kapsamdaki harcamalarının yaklaşık %50'si kadar destek ödemesi yapılmaktadır. Bu desteklerin artırılmasıyla da çiftçiler BM konusunda teşvik edilebilir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019).

2. Biyolojik Mücadele Ürünlerinin Dünya Pazarındaki Yeri

Biyopestisitlerin dünya bitki koruma pazarındaki yeri 1993'te yaklaşık %0,4 iken 2016'da %5,6 seviyelerine yükselmiştir (McDougall, 2019). Bu pazardaki en büyük pay Kuzey Amerika'ya aittir. Bunun nedeninin ise, ABD'de gen transferi yoluyla bitkiye aktarılmış koruyucuların kullanımı olduğu düşünülmektedir. Diğer bölgelerde biyopestisit kullanım oranlarının düşük olmasının nedeni, bitkiye aktarılmış koruyucuların biyopestisit olarak değerlendirilmemesi olabilir (Balcı & Durmuşoğlu, 2020). Mikrobiyal mücadelenin dünya çapında gelişme oranları Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'ye göre 2024 yılında MP market gelirinin Dünya çapında 3 milyar USD olması beklenmektedir.



Şekil 1. Dünyadaki mikrobiyal pestisit piyasası dağılımı (Mordor Intelligence 2018, 2021)



Şekil 2. Mikrobiyal pestisit market gelirlerinin yıllara göre değişimi (Mordor Intelligence 2018, 2021)

3. Biyolojik Mücadelede Kullanılan Mikrobiyal Ajanlar ve Etki Mekanizmaları

Bitki korumada böcek veya patojenlere karşı kullanılan fungus, bakteri, nematod, protozoa ve virüslerin çoğunun MP olarak kitle üretimi yapılmıştır. Bu ürünlerin bazı avantaj ve dezavantajları Tablo 1'de verilmiştir. Üretimi yapılan bu insektisitlerden en başarı göstereni *Bacillus thuringiensis*'tir (Özkan, ve diğerleri, 2020).

2013 yılına ait verilere göre ülkemizde ruhsat alan MP'lerin çoğunda *B. thuringiensis* bakterisi bulunmaktadır. Bunu fungal pestisitler ve *Bacillus subtilis* takip etmektedir (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2015).

Tablo 1. Mikrobiyal pestisitlerin avantaj ve dezavantajları (Rahul & N., 2020), (Balcı & Durmuşoğlu, 2020)

Avantaj	Dezavantaj
Düşük dozlarda etkili oldukları ve doğada çabuk ayrıştıkları için zararlı kalıntılar bırakmazlar	Her biri belli zararlılara karşı etkili olduğu için birden fazla patojenin bir arada kullanılması gerekebilir.
Yerel üretim yapılırsa kimyasallara göre daha ucuz olabilirler	Etki etme süreleri yavaştır
Uzun vadede kimyasallara göre daha etkili olabilirler	Canlı organizmalar oldukları için çevresel koşullara duyarlıdır
Yalnızca hedef zararlılara karşı baskılayıcı etki gösterirler	Zararlılar bu ajanlara karşı direnç geliştirebilir

3.1. *Bacillus thuringiensis*

Bacillus thuringiensis, *Cry* ve *Cyt* toksinleri sayesinde böcek öldürücü etki yapar (Pardo-Lopez, Soberon, & Bravo, 2013). Fermantasyon tanklarında hızlı bir şekilde çoğalması, kolaylıkla spor oluşturması ve endotoksin içeren biyopestisit üretimine elverişli olması sebebiyle bu bakteri, MP üretiminde en çok kullanılan bakteridir. Ülkemizde de *B. thuringiensis* içeren, ruhsatlı pek çok biyopestisit kullanılmaktadır (Kılınçer, ve diğerleri, 2010).

Etki altına alınmak istenen zararlı, *B. thuringiensis* (sporlar ve kristal toksin) ile muamale edilen yaprakları tüketir. Dakikalar içinde toksin bağırsak duvarına bağlanır ve böcek beslenmeyi bırakır. Saatler içinde bağırsak duvarı parçalanarak sporlar ve normal bağırsak bakterileri vücut boşluğuna girer, toksin çözülür. 1-2 gün içinde zararlı, kanında sporlar ve bağırsak bakterileri çoğaldıkça septisemiden ölür (Rahul & N., 2020), (Ruiu L., 2018). Ayrıca, bu bakteri kitinaz enzimi sayesinde böceklerin kitin tabakasının parçalanmasıyla da etki gösterebilir. Özellikle fungal bitki hastalıklarında bu enzim fayda sağlamaktadır (Mnif & G., 2015).

Elma iç kurduna karşı yapılan bir çalışmada, elma bahçesindeki kontrol parselinde zararlının bulaşı oranı %34 iken, *B. thuringiensis* uygulanmış parseldeki bu oranın %8,33 olduğu gösterilmiştir (Kuyulu & Hanife, 2018).

Castro vd. (Linhares & Gomes, 2018), maun ailesi olan Meliaceae türlerinin başlıca zararlısı *Hypsipyla grandella* Zeller (güve)' in *B. thuringiensis*'e karşı yüksek duyarlılık gösterdiğini belirtmiştir.

Bacillus türleri, spor oluşturmaları sayesinde sıcaklık ve kuruma karşı dayanıklılık kazanır ve bu sebeple de kolayca toz olarak formülize edilebilirler (Okumuş & Alçınkaya, 2019). Hedef böcekler için oldukça spesifikler ve sınırlı sayıda türü öldürürler. *Bacillus* toksinleri insanlar, omurgalılar ve bitkiler için

zararsızdır ve tamamen biyolojik olarak parçalanabilirler (Pardo-Lopez, Soberon, & Bravo, 2013).

Ayrıca, bu bakterinin zararlılara karşı toksik olan kristal protein üreten geni, mısır bitkisine aktarılmış ve mısır koçan kurduna karşı önleyici etki gösterdiği bildirilmiştir (Akpınar & Halkman, 2019).

Geniş bir biyoaktivite spektrumu sayesinde, *B. thuringiensis* bazlı biyopestisitler, haşere kontrolü için kullanılan mikroorganizmaların yaklaşık %95'ini temsil etmiştir (Mnif & G., 2015).

3.2. Virüsler

Böcek patojeni olan virüsler, "bakulovirüs" olarak adlandırılır. Tırtıllar, virüs bulaşmış yaprakları yutar. Orta bağırsakta virüs çözünür ve bağırsak lümenine salınır (Haase, Sciocco-Cap, & Romanowski, 2015). Virüs tarafından oluşan hastalığın ileri aşamalarında virüs diğer vücut dokularına da yayılır, tırtılın iç organları sıvılaşır, kütikülü (vücut kaplaması) renk değiştirir ve sonunda yırtılır. Şekil 3'teki gibi viral enfeksiyon nedeniyle ölen ıslak görümlü tırtıllar genellikle birkaç gün boyunca yapraklara veya dallara bağlı kalırlar ve virüs parçacıklarını serbest bırakırlar. Diğer larvalar da serbest kalan bu virüslerle beslenirler. Bu şekilde hastalık yayılmış olur (Liu, 2021), (Rahul & N., 2020).

Bakulovirüsler, hızlı hareket eder ve elmas sırtlı güve (*Plutella xylostella*), *Heliothis/Helicoverpa* gibi küresel olarak en önemli haşere türlerinin bazılarında karşı patojen etki gösterir. Bu haşereler, kimyasal böcek ilaçlarına karşı yüksek direnç gösterebilmektedir (Grzywacz, 2017). Bakulovirüslerin insektisidal etkinliğini arttırmak için, böceğe özgü toksin hormon ve enzim üretimi sağlayan rekombinant bakulovirüsler geliştirilebilir (Liu, 2021).



Şekil 3. Bakulovirüs enfeksiyonunun çeşitli aşamalarında *Helicoverpa armigera*'nın çizimi. (A) sağlıklı larva, (B) virüsle enfekte olmuş ölü larva, (C) kütikülü yırtılmış ölü larva, (D) ışık mikroskobu altında enfektif parçacıklar (Grzywacz, 2017).

Ayrıca, mahsul koruma özelliği taşıyan mahsüle özgü tasarlanan bazı virüsler de vardır. Bu tür virüs bazlı teknolojilerin avantajları, çoğu virüsün üreme dokusunu enfekte etmemesi ve bu nedenle kodlanmış özelliklerin tohumla iletilemez olmasıdır (Gressel, 2015).

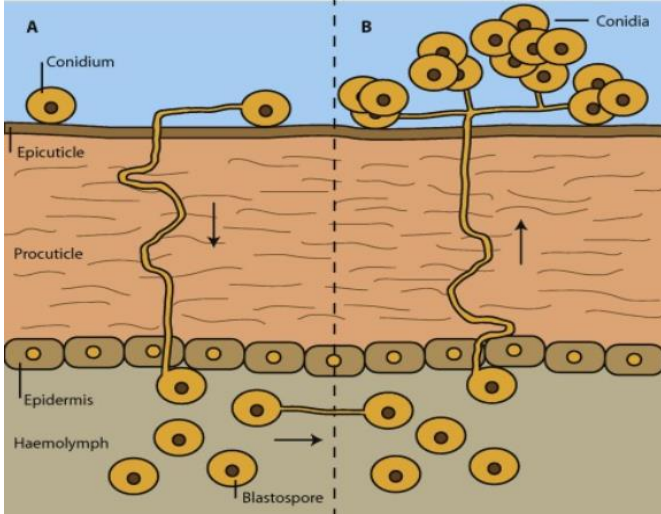
Mantar meşesi zararlılarından *Lymantria dispar* (çingene güvesi)'a karşı türe özgü multikapsid nükleopoliherdovirüs (LdMNPV)'ün etkinliği üzerinde yapılan çalışmada tedavi edilmemiş bitkilere kıyasla diğerlerinde larva ölümünde ciddi artış olduğu belirtilmiştir (Ruiu, Mannu, Olivieri, & Lentini, 2021).

3.3. Funguslar

Böcek hastalıklarına neden olan fungal etkenlerin çoğu, aseksüel sporlar yoluyla yayılır. *Gliocladium*, *Trichoderma*, *Ampelomyces*, *Candida* ve *Coniothyrium* türleri bitki korumada etkili funguslar arasındadır. Mikroorganizma sporları, böcek kütikülü üzerinde vejetatif forma geçer ve böylece mikroorganizma, Şekil 4'te görüldüğü gibi böceğin kütikülünü geçerek vücuduna ulaşabilir.

Fungal enfeksiyonlar ilerledikçe, enfekte olmuş böcekler, mikroorganizmanın toksinleri tarafından öldürülür (Rahul & N., 2020), (Ruiu L., 2018).

Fungal mücadelede en yaygın şekilde yararlanılan cins *Trichoderma*'dır. Bu cins'e ait türlerden pek çoğu, tarımda kullanılan hidrokarbonları, klorofenolik bileşikler, polisakkaritleri ve ksenobiyotik pestisitleri parçalayarak bitki rizosferini (bitki köklerini saran toprak ortamı) çevreleyen toprak ortamını iyileştirebilir (Liu, 2021).



Şekil 4. Mantar sporlarının böceğin vücudunu istilası (Valero-Jiménez, Wieggers, Zwaan, Koenraadt, & van Kan, 2016)

Trichoderma atroviride'nin mısır böceği olan otobur *Spodoptera frugiperda*'ya karşı bitki direncini artırmasıyla ilgili yapılan bir çalışmada *T. atroviride* aşılama sonrasında bitki büyümesinde artış ve böcek popülasyonunda azalma olduğu belirtilmiştir. Kimyasal analizler, *T. atroviride*'nin 1-okten-3-ol ve 6-pentil-2H-piran-2-on uçucularını ürettiğini ortaya çıkarmıştır. Farmakolojik testler, bu bileşiklerin zararlının yaprak tüketiminde azalmaya sebep olduğunu göstermiştir (Contreras-Cornejo, Macías-Rodríguez, del-Val, & Larsen, 2018).

Ayrıca funguslar, aldehitler, ketonlar, benzen türevleri, alkoller, hidrokarbonlar, heterosikler, sikloheksanlar, tiyoalkoller ve tiyoesterlere ait farklı uçucu organik bileşenlerin karışımlarını üretirler. Bu bileşenler, bitki patojenleri ve böcekler için önleyici ve kovucu etki gösterirler (Karşı & Şahin, 2021).

Mikorizal funguslar, bitkiden gelişimleri için gerekli olan karbon ve esansiyel organik maddeleri alırken, bitkinin de su, besin elementleri, tuz ve metabolitleri almasına yardımcı olur.

Mikorizalar, bitkinin antioksidan enzimlerini çoğaltır ve böylece bitkinin abiyotik ve biyotik faktörlere karşı direnç geliştirmesini sağlar (Öztürk, Basım, & Basım, 2017).

3.4. Protozoalar

Tek hücreli ökaryotlar olan protozoalar, çoğunlukla toprakta ve suda bulunan serbest yaşayan organizmalardır (Seenivasagan & Babalola, 2021).

Protozoan patojenler, genellikle konukçuya özgüdür ve etkileri yavaş gerçekleşir. Protozoanların oluşturduğu sporlar böcekler tarafından yutulur ve orta bağırsakta vejetatif forma geçer. Bu yolla ortaya çıkan enfeksiyon böceklerin beslenmesini, doğurganlığını yavaşlatarak zayıflatıcı etki yapar (Kachhawa, 2017).

Yararlı *Pseudomonas*'ların buğday büyümesi ve sağlığı üzerine etkisinin, *Acanthamoeba castellanii* ile birlikte aşılama yoluyla değişip değişmediğini incelemek için bir çalışma yapılmıştır. Kök patojeni *Pythium ultimum* varlığında ve yokluğunda bu birlikte aşılamanın etkisi incelenmiştir. *A. castellanii* yokluğunda bakteri izolatlarının çok az faydalı etkisi olduğu görülmüştür. *A. castellanii* ile aşılamanın, patojen yokluğunda bitki büyümesini desteklediği, patojen varlığında ise zararlı etkileri azalttığı belirlenmiştir (Weidner, Latz, Agaras, Valverde, & Jousset, 2017).

3.5. Nematodlar

Nematodlar mikrobiyal ajanlar değil, Şekil 5'te görüldüğü gibi çok hücreli yuvarlak solucanlardır. Bununla birlikte, böcek öldürücü ürünlerde kullanılan nematodlar, boyut olarak neredeyse mikroskobiktir ve daha önce tartışılan mikrobiyal ürünlere çok benzer şekilde kullanılırlar (Liu, 2021).



Şekil 5. Nematod enfeksiyonu ile ölen böcek (Greb, 1975)

Heterorhabditis ve *Steinernema* cinslerindeki entomopatogenik nematodlar, böcek patojeni bakterilerle birlikte çalışırlar. Bu nematodlar, ekonomik açıdan önemli böcek zararlılarının kontrolü için yaygın olarak ticarileştirilen güçlü mikrobiyal kontrol ajanlarıdır (Shapiro-Ilan, Hazir, & Glazer, 2017). Konakçıyı arama ve yakalama davranışı gösterirler. Bakterilerin böcek konakçısına iletilmesini sağlarlar. Böylelikle bakteriler, böceğin içine nüfuz eder. Böcek öldükten sonra nematodlar bu böceklerle beslenir ve etrafa bakterilerin yayılmasını sağlar (Dillman, ve diğerleri, 2012).

Brezilya'da kum sineklerinin karnında entomopatogen nematodların bulunması ve ülkemizde Aydın bölgesinde doğadan toplanan ergin kum sineklerinin midelerinde entomopatogen nematodlara rastlanması, bu nematodların kum sinekleri için

parazit etki gösterebileceğinin kanıtı olabilir (Çetin & Özbel, 2017). Nematodlar, hedef olmayan organizmalar için toksisite testlerine tabi tutulmuş, bitkiler ve memeliler için toksik ve patojenik olmadıkları görülmüştür (Rahul & N., 2020).

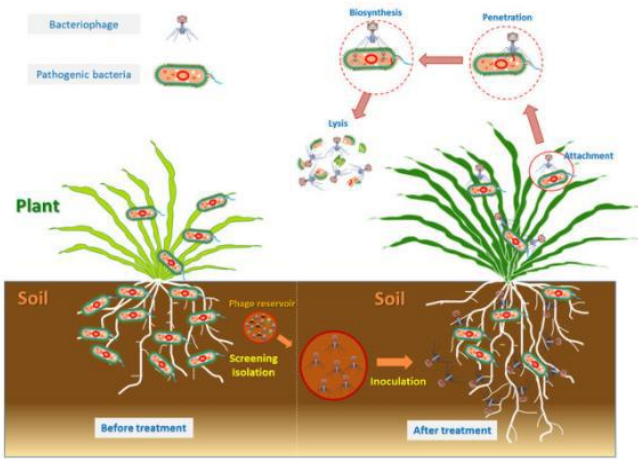
3.6. *Bacillus subtilis*

Bacillus subtilis bir rizobakteridir ve ürettiği bakteriyosinlerle bitki patojenlerine karşı antibakteriyel etki gösterir (Caulier, ve diğerleri, 2019). Örneğin, surfaktin sayesinde *Aspergillus flavus* ve *Colletotrichum gloeosporioides*'e karşı antifungal etkiye sahiptir (Mnif & G., 2015). Yapılan bazı çalışmalarda, *B. subtilis*'in bu ajanları üretmek için bitki köklerinde biyofilm oluşumunu kullandığı belirtilmiştir (Bais, Fall, & Vivanco, 2004).

Yapılan bir çalışmada, tarımda kullanılan beş bitki aktivatörü (Crop-Set, ISR-2000, KingBo, Sergomil L60, Turf-Set) ve *B. subtilis* içeren bir biyolojik bitki koruma ürününün (%1,34 *B. subtilis* QST 713) domatestede bakteriyel benek hastalığına karşı etkisi sera koşullarında incelenmiştir. Uygulama sonucunda hastalık belirtilerinin yaprak kısımlarında %16-50, gövde kısımlarında ise %25-50 oranında azaldığı ifade edilmiştir (Aktepe, 2021).

3.7. Fajlar

Bakteriyofajlar, bakteri hücrelerini konakçı olarak kullanarak yeni fajlar üretirler. Daha sonra bakteri hücrelerini parçalayarak etrafa yayılırlar (Esmer, Bayrak, Küçükdoğan, & Akocak, 2021). Şekil 6'da bakteriyofajın bitki koruma mekanizması gösterilmiştir. Fajların, bitki patojeni olan *Erwinia amylovora*'nın ürettiği eksopolisakarit yapı üzerinde gelişebildiği de görülmüştür. Bu durum, patojenin etkisiz hale getirilmesini sağlayabilir. Bakterilerin fajlara karşı direnç geliştirebilmeleri bu biyokontrol yöntemini zorlaştırabilir (Svircev, Roach, & Castle, 2018).



Şekil 6. Bakteriyofajın etki mekanizması (Ye, ve diğerleri, 2019)

İngiltere'nin farklı bölgelerindeki kiraz, erik ve kayısı bahçelerinden alınan toprak örneklerinden izole edilen bakteriyofaj izolatlarının, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*'nin neden olduğu bakteriyel hastalığa karşı etkisinin incelendiği bir çalışmada, izolatların %66'sının hastalık şiddetini %50'den fazla oranda azalttığı ifade edilmiştir (Akbaba, 2019).

Fajlar, insanların bağırsak ve derilerinde, hayvanlarda, kanalizasyonlarda ve fermente gıdalarda doğal olarak bulunurlar. Fajların, sıcaklık ve nem dalgalanmaları, ultraviyole ışınlar (UV) gibi çevresel faktörlere ve kimyasallara karşı duyarlı

olmalarından dolayı, fajlarla bitki korumada zorluklar yaşanabilir. UV' nin olumsuz etkilerini azaltmak adına bitkilere faj biyopreparatının gün sonunda uygulanması veya mikroenkapsülasyon işlemi yapılması çözüm olabilir. (Esmer, Bayrak, Küçükdoğan, & Akocak, 2021).

4. Bitki Korumada Kullanılan Mikroorganizmaların Antagonistik Etkisi

Çeşitli metabolitler üreterek, hastalık yapan patojenle besin ve yer rekabetine giren antagonist mikroorganizmalar, patojen üzerinde hiperparazit olarak yaşar ve patojeni baskırlarlar (Özkan, ve diğerleri, 2020). Antagonistlerle yapılan mücadele temelde altı prensibe dayanır.

4.1. Antibiyosis

Bitkiler için patojen olmayan bir mikroorganizmanın, salgıladığı bazı antibiyotikler sayesinde patojenlerin engellenmesidir. Bitki kökenli endofitik *Pseudomonas* türleri, çeşitli bitki patojenlerine karşı önleyici etki göstermiştir (Sheoran, ve diğerleri, 2015).

4.2. Yarışma

Antagonist mikroorganizmalar, patojenlerle besin, ışık, yer ve oksijen için yarışa girerler. Antagonist mikroorganizmanın beslenme sistemi patojeninkine göre daha etkiliyse, ortamdaki besinleri alır ve patojenin beslenmesine engel olur (Özkan, ve diğerleri, 2020). Ayrıca, bitki rizosferinde bulunan mikroorganizmalar, siderofor (demir bağlayıcı) üreterek patojenlerin demirden yararlanmasının önüne geçebilmektedir (Fadiji & Babalola, 2020).

Zeytin ağaçlarında dal kanserine neden olan *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi*'ye karşı farklı kültür bitkilerinden elde edilen ve patojen olmayan *Pseudomonas* izolatlarının önleyici etkisi üzerinde yapılan çalışmada, petrielerde 5-20 mm engelleme alanı olduğu bildirilmiştir (Khavazi, Asgharzadeh, Hosseini-Mazinani, & De Mot, 2008). Bir başka çalışmada antagonist *Frondehabitans* spp. ve *Paenibacillus* spp. izolatları sera koşullarında *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* üzerinde test edilmiş ve uygulamadan 120 gün sonra patojen popülasyonunda azalma görüldüğü ifade edilmiştir (Mina, Alba, Pereira, Lino-Neto, & Baptista, 2017).

4.3. Hiperparazitizm

Antagonist mikroorganizmalar, patojenlerin miselyum ve sporlarını etki altına alarak öldürür (Sarethy & Saharan, 2021). Örneğin, *Ampelomyces* türlerinin bitki için patojen olan diğer mantar türlerine olumsuz etki yarattığı bildirilmiştir. Hifleri konakçının miselleri içinde büyür ve hücre dejenerasyonu yoluyla patojenin külleme hiflerini öldürür (Tollenaere, ve diğerleri, 2014). Aynı zamanda antagonistler, ürettikleri biyoaktif bileşenlerle (örn:enzim) patojeni eritir. Bu duruma örnek olarak, kitinolitik enzim üreten *Pseudomonas fluorescens*'in *Aspergillus flavus*'un gelişimini baskılaması gösterilebilir (Ren, Zhang, Zhang, Mao, & Li, 2020).

4.4. Hipovirülans

Mikovirüsler, hipovirülant etkileriyle bitki patojeni olan fungusların virülans etkisini azaltır (Sharma, ve diğerleri, 2021). Patojen olmayan ya da düşük virülans (hipovirülant) etkiye sahip suşlar, bitkinin enfekte olmuş bölgesinde toplanarak bitki

patojenlerine karşı koruma sağlarlar. Patojenlerle hipovirülant suşlar arasında, yer ve besin için rekabet meydana gelir. Aynı zamanda, hipovirülantlar, *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp. gibi çeşitli patojenlere karşı bitki direncinin uyarılmasına da katkı sağlar. *Pythium* türlerine karşı da mikoparazit etki gösterilmiştir (Sneh, 1998).

4.5. Uyarılmış Dayanıklılık

Bitkiler, geniş spektrumlu patojenlerle karşı karşıya kalarak, bu patojenlere karşı direnç geliştirirler (Karthika, 2020). Ayrıca, bitki köklerinde bulunan *Trichoderma* (fungus), bitkilerin patojenlere karşı direncini artırır (Karslı & Şahin, 2021). Bitki köklerinde bulunan bakteriler, bitkide katalaz ve peroksidaz gibi enzimler sentezlenmesini sağlar, böylelikle bitkiler patojenlere karşı direnç kazanmış olur (Delisoy & Altınok, 2019).

4.6. Çapraz Koruma

Önceden var olan bir viral enfeksiyonun aynı veya yakından ilişkili virüsle ikincil bir enfeksiyonu önlemesi olarak bilinen çapraz koruma, ilk olarak iki Tütün Mozaik Virüsü genotipi arasında gösterilmiştir (Folimonova, 2013). Bu durum, uyarılmış dayanıklılığa benzer bir mekanizma gösterir (Ebadi, Najafipour, Faghihi, Ayazpour, & Salehi, 2020).

5. Sonuç

Tarım zararlılarından korunmak için kullanılan kimyasal pestisitlerin çevreye ve canlılara verdiği zararlar düşünüldüğünde, kimyasala alternatif olabilecek doğal yöntemlerin araştırılması önemli bir konu olmuştur. Bu doğal yöntemlerden biri de çevrede yaygın bir şekilde bulunan mikroorganizmalarla yapılan mikrobiyal mücadelelerdir. Kullanılacak olan mikroorganizmaların insan ve hayvanlara karşı toksik olmayan suşları bu amaç için ürün haline getirilmektedir. Çevreye zararlı olmayışları, haşereye özgü olmalarından dolayı faydalı organizmalar için tehlike arz etmemeleri avantajları arasındadır. MP'ler, birçok böcek zararlısının kontrolü için etkili alternatifler sunar.

Bacillus spp. bu konuda etkili bakteri grubu olarak ortaya çıkmaktadır. Spor oluşturduğu için çevresel koşullara dirençli olması, kitle üretiminin kolay olması, bitkiye direnç kazandırmak için transgenik bitki üretiminde rahatlıkla kullanım olanağına sahip olması sebebiyle en umut vaadeden mikroorganizma *Bacillus thuringiensis*' tir.

MP'lerin haşere yönetiminde giderek daha önemli araçlar haline gelmesi muhtemeldir. Bu konudaki farkındalığın artması, eğitim faaliyetleri yürütülmesi çevreyi ve canlıları korumak adına faydalı olacaktır. Çoğu MP, yalnızca dar bir zararlı yelpazesine karşı etkili olduğu için kullanıcılar hedef zararlıları uygun şekilde tanımlamalı ve en etkili uygulamayı planlamalıdır. Bu dezavantajın önüne geçmek için birkaç suş veya bakteri bir arada kullanılabilir. Canlı organizmaların çevreye karşı duyarlı oluşunun etkinliklerine engel olmaması adına, mikroorganizmanın optimum çalışma koşullarına uygun saatlerde uygulama yapılabilir. Ayrıca, ortamın fiziki şartları da yine buna göre ayarlanabilir. Farklı bitkiler için zararlıların çeşitleri ve ortaya çıktıkları dönemler belirlenebilir, söz konusu zararlıları etkileyebilecek ve o dönemdeki hava koşullarına uyum sağlayabilecek mikroorganizmaların üretimi yapıp mikrobiyal pestisit olarak kullanılabilir. Zararlılara karşı direncin artırılması amacıyla mikroorganizmalardan elde edilebilecek bazı enzim veya farklı metabolitlerin (kitinaz, proteaz inhibitörü, lektinler,

Bacillus thuringiensis geni vb.) bitkilere aktarılması (transgenik bitki) yoluyla da mücadele sağlanması konusunda çalışmalar yürütülebilir.

Ülkemizde MP kullanımı konusuna mesafeli yaklaşıldığı görülmektedir. Bu durum kimyasal kullanımı alışkanlığı ile açıklanabilir. Ayrıca, MP'leri kullanacak bilinçli ve eğitilmiş personel sıkıntısı yaşanmaktadır. Çiftçilerin eğitilmesi ve teşvik edilmesi gerekmektedir. MP'lerin yaygınlaşması için atılacak diğer bir adım da bu pestisitlerin içerikleri, üretim ve kullanma koşulları gibi etkenlerin ayrıntılı bir şekilde tanımlanması ve ruhsatlandırılmasının sağlanması olabilir. Bu pestisitlerin üretimi ve kullanımındaki organizasyonların canlandırılması, iş birliklerinin artması gerekmektedir. Doğal dengeyi yine doğal kaynaklarla korumak için çalışmalar yapılmalı, kimyasalla kirlenmiş topraklarımızın özüne dönmesi sağlanmalıdır.

Kaynakça

- Akbaba, M. (2019). Kirazda bakteriyel kansere neden olan etmenlerin moleküler tanısı ve mücadelesine yönelik biyolojik yaklaşımlar. İzmir.
- Akpınar, M., & Halkman, A. K. (2019). Gıda patojenlerinin biyokontrolünde bakteriyofaj uygulamaları. *Gıda*, 44(6), 1106-1120.
- Aktepe, B. P. (2021). Domateste bakteriyel benek hastalığının biyolojik mücadelesinde farklı bitki aktivatörleri ve biyolojik preparatların etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(2), 355-364.
- Allahverdiyev, A. M., & Şahin, F. (2011, 12 28). Biyoinspektisiz özelliği olan mikrobiyal formülasyonların geliştirilmesi, sera ve tarla koşullarında kullanım olanaklarının araştırılması. İstanbul. 10 2021 tarihinde <http://dspace.yildiz.edu.tr/xmlui/handle/1/1318> adresinden alındı
- Bais, H. P., Fall, R., & Vivanco, J. M. (2004). Biocontrol of *Bacillus subtilis* against infection of *Arabidopsis* roots by *Pseudomonas syringae* is facilitated by biofilm formation and surfactin production. *Plant Physiology*, 134(1), 307-319.
- Balcı, H., & Durmuşoğlu, E. (2020). Bitki koruma ürünü olarak biyopestisitler: tanımları, sınıflandırılmaları, mevzuat ve pazarları üzerine bir değerlendirme. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 11(2), 261-274.
- Caulier, S., Nannan, C., Gillis, A., Licciardi, F., Bragard, C., & Mahillon, J. (2019). Overview of the antimicrobial compounds produced by members of the *Bacillus subtilis* group. *Frontiers In Microbiology*, 302.
- Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., del-Val, E., & Larsen, J. (2018). The root endophytic fungus *Trichoderma atroviride* induces foliar herbivory resistance in maize plants. *Applied Soil Ecology*, 124, 45-53.
- Çetin, H., & Özbek, Y. (2017). Kum sinekleri (Yakarca, Tatarcık) ve kontrol yöntemleri. *Türkiye Parazit Derg.*, 41, 102-113.
- Delisoy, K., & Altınok, H. H. (2019). Kavunda *Fusarium solgunluk* hastalığına karşı bazı rizobakterilerin ve bitki aktivatörlerinin etkinliklerinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(2), 135-145.

- Dillman, A. R., Chaston, J. M., Adams, B. J., Ciche, T. A., Goodrich-Blair, H., Stock, S. P., & Sternberg, P. W. (2012). An entomopathogenic nematode by any other name. *PLoS Pathogens*, 8(3), e1002527.
- Ebadı, N., Najafipour, G., Faghihi, M. M., Ayazpour, K., & Salehi, M. (2020). Interaction between 'candidatus phytoplasma australasiae' and tomato yellow leaf curl virus in tomato plants. *European Journal of Plant Pathology*, 158(3), 733-744.
- Esmer, E., Bayrak, R., Küçükdoğan, Y., & Akocak, P. B. (2021). Gıda teknolojilerinde inovatif bir yaklaşım olarak "Bakteriyofajlar. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 27, 6-16.
- Fadiji, A. E., & Babalola, O. O. (2020). Elucidating mechanisms of endophytes used in plant protection and other bioactivities with multifunctional prospects. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8, 467.
- Folimonova, S. Y. (2013). Developing an understanding of cross-protection by Citrus tristeza virus. *Frontiers in Microbiology*, 4, 76.
- Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2015). Ülkemizde zirai mücadele girdilerinin değerlendirilmesi. *Teoriden Pratiğe Biyoteknik Mücadele Kitabı* (s. 12-27). içinde Ankara: Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü.
- Greb, P. (1975). Entomopathogenic nematode (*Heterorhabditis bacteriophora*) Poinar, 1975. *USDA Agricultural Research Service*.
- Gressel, J. (2015). Dealing with transgene flow of crop protection traits from crops to their relatives. *Pest Management Science*, 71(5), 658-667.
- Grzywacz, D. (2017). Basic and applied research: Baculovirus. *Microbial Control of Insect And Mite Pests*. Academic Press, 27-46.
- Haase, S., Sciocco-Cap, A., & Romanowski, V. (2015). Baculovirus insecticides in Latin America: historical overview, current status and future perspectives. *Viruses*, 7(5), 2230-2267.
- Kachhawa, D. (2017). Microorganisms as a biopesticides. *J Entomol Zool Stud*, 5(3), 468-473.
- Karlı, A., & Şahin, Y. S. (2021). The role of fungal volatile organic compounds (FVOCs) in biological control. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 12(1), 79-92.
- Karthika, S. S. (2020). Exploring the efficacy of antagonistic rhizobacteria as native biocontrol agents against tomato plant diseases. *3 Biotech*, 10(7), 1-17.
- Khavazi, K., Asgharzadeh, A., Hosseini-Mazinani, M., & De Mot, R. (2008). Biocontrol of *Pseudomonas savastanoi*, causative agent of olive knot disease: antagonistic potential of non-pathogenic rhizosphere isolates of fluorescent *Pseudomonas*. *Communications In Agricultural And Applied Biological Sciences*, 73(1), 199-203.
- Kılınçer, N., Yiğit, A., Kazak, C., Er, M. K., Kurtuluş, A., & Uygun, N. (2010). Teoriden pratiğe zararlılarla biyolojik mücadele. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1(1), 15-60.
- Kuyulu, A., & Hanife, G. (2018). Çanakkale ili meyve alanlarında elma içkurdu *Cydia pomonella* (L.)(Lepidoptera: Tortricidae)'nın yayılışı üzerine bir araştırma. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6, 85-91.
- Linhares, M. S., & Gomes, M. R. (2018). Susceptibility of *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) to *Bacillus thuringiensis* strains. *Journal of Plant Protection Research*.
- Liu, X. e. (2021). Overview of mechanisms and uses of biopesticides. *International Journal of Pest Management*, 67(1), 65-72.
- McDougall, P. (2019). Evolution of the crop protection industry since 1960. *Pathhead, Scotland*.
- Mina, D., Alba, S., Pereira, J. A., Lino-Neto, T., & Baptista, P. (2017). Biological control of *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* by two bacterial isolated from olive tree phyllosphere. 15th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union, "Plant Health Sustaining Mediterranean Ecosystems. Cordoba, Spain.
- Mnif, I., & G., D. (2015). Potential of bacterial derived biopesticides in pest management. *Crop Protection* 77, 52-64.
- Mordor Intelligence 2018. (2021). Microbial pesticides market - growth, trends, covid-19 impact, and forecasts (2022 - 2027). (Mordor Intelligence) 04 29, 2022 tarihinde <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/microbial-pesticides-market> adresinden alındı
- Okumuş, A., & Alçınkaya, T. (2019). Toprak ve bitki destekleyicileri: biopestisit ve mikrobiyal gübreler. *Soil And Plant Promotors : Biopest And Biofertilizers*. Samsun.
- Özaktan, H., Aysan, Y., Yıldız, F., & Kinay, P. (2010). Fitopatolojide biyolojik mücadele. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1(1), 61-78.
- Özkan, C., Özpınar, A., Karsavuran, R. U., Özaktan, H., Yücel, N. Ö., Yarpuzlu, F., & Demirel, K. K. (2020). Biyolojik mücadele uygulamalarında mevcut durum ve gelecek. *Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-2* (s. 27). içinde Ankara.
- Öztürk, N., Basim, E., & Basim, H. (2017). Tarımda mikorizal fungusların etkinliği. *Mantar Dergisi*, 8(1), 20-34.
- Pardo-Lopez, L., Soberon, M., & Bravo, A. (2013). *Bacillus thuringiensis* insecticidal three-domain Cry toxins: mode of action, insect resistance and consequences for crop protection. *FEMS Microbiology Reviews*, 37(1), 3-22.
- Rahul, S., & N., S. (2020, 09). Role of microbial insecticides in insect pest management. *Pop Kheti*, 8, 88-92. 10 2021 tarihinde alındı
- Ren, X., Zhang, Q., Zhang, W., Mao, J., & Li, P. (2020). Control of aflatoxigenic molds by antagonistic microorganisms: Inhibitory behaviors, bioactive compounds, related mechanisms, and influencing factors. *Toxins*, 12(1), 24.
- Ruiu, L. (2018). Microbial biopesticides in agroecosystems. *Agronomy*, 8(11), 235.
- Ruiu, L., Mannu, R., Olivieri, M., & Lentini, A. (2021). Gypsy moth management with LdMNPV baculovirus in cork oak forest. *Forests*, 12(4), 495.
- Sarethy, I. P., & Saharan, A. (2021). Genomics, proteomics and transcriptomics in the biological control of plant pathogens: a review. *Indian Phytopathology*, 1-10.

- Seenivasagan, R., & Babalola, O. O. (2021). Utilization of microbial consortia as biofertilizers and biopesticides for the production of feasible agricultural product. *Biology*, 10(11), 1111.
- Shapiro-Ilan, D., Hazir, S., & Glazer, I. (2017). Basic and applied research: entomopathogenic nematodes. *Microbial Control of Insect and Mite Pests*. Academic Press, 91-105.
- Sharma, M., Singh, K., Sharma, S. G., Kumari, S., Chauhan, A., & Kulshrestha, S. (2021). Hypovirulence-associated mycovirus in *Fusarium* sp. isolated from apple orchards of Himachal Pradesh, India. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 54, 19(20), 1864-1875.
- Sheoran, N., Nadakkakath, A. V., Munjal, V., Kundu, A., Subaharan, K., Venugopal, V., & Kumar, A. (2015). Genetic analysis of plant endophytic *Pseudomonas putida* BP25 and chemo-profiling of its antimicrobial volatile organic compounds. *Microbiological Research* 173, 66-78.
- Sneh, B. (1998). Use of non-pathogenic or hypovirulent fungal strains to protect plants against closely related fungal pathogens. *Biotechnology Advances*, 16(1), 1-32.
- Svircev, A., Roach, D., & Castle, A. (2018). Framing the future with bacteriophages in agriculture. *Viruses*, 10(5), 218.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2019). Bitkisel Üretimde Biyolojik ve/veya Biyoteknik Mücadele Desteklemeleri. https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/DB_Bitki_Sagligi/Biyolojik_Mucadele_Desteklemeleri.pdf adresinden alındı
- Thakur, N., Kaur, S., Tomar, P., Thakur, S., & Yadav, A. N. (2020). Microbial biopesticides: current status and advancement for sustainable agriculture and environment. *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*. Elsevier, 243-282.
- Tollenaere, C., Pernechele, B., Mäkinen, H. S., Parratt, S. R., Németh, M. Z., Kovács, G. M., & Laine, A. L. (2014). A hyperparasite affects the population dynamics of a wild plant pathogen. *Molecular Ecology*, 23(23), 5877-5887.
- Topakcı, N., & Keçeci, M. (2017). Türkiye’de örtüaltında zararlılara karşı biyolojik mücadele uygulamalarının gelişimi: Araştırmadan pratiğe Antalya örneği. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 8(2), 161-174.
- Tözün, M., & Gökhan, A. K. (2022). Türkiye’de gıda numunelerinde pestisit kalıntıları üzerine 2010 yılı sonrası ulusal literatürün incelenmesi. *ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi*, 7(1), 177-191.
- Valero-Jiménez, C. A., Wieggers, H., Zwaan, B. J., Koenraadt, C. J., & van Kan, J. A. (2016). Genes involved in virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 133, 41-49.
- Weidner, S., Latz, E., Agaras, B., Valverde, C., & Jousset, A. (2017). Protozoa stimulate the plant beneficial activity of rhizospheric pseudomonads. *Plant and Soil*, 410(1), 509-515.
- Ye, M., Sun, M., Huang, D., Zhang, Z., Zhang, H., Zhang, S., & Jiao, W. (2019). A review of bacteriophage therapy for pathogenic bacteria inactivation in the soil environment. *Environment International*, 1(129), 488-496.



Obtaining High Mechanical Properties Polyamide - Continuous Carbon Fiber Reinforced Thermoplastic Composites with Infrared Heating

Mert Nergün^{1*}, Nafiz Önel², Bahri Barış Vatandaş³, Altuğ Uşun⁴, Recep Gümrük⁵

^{1*} Karadeniz Technical University, Department of Mechanical Engineering, Trabzon, Turkey, (ORCID: 0000-0002-7800-6731), mertnergun@gmail.com

² Karadeniz Technical University, Department of Mechanical Engineering, Trabzon, Turkey, (ORCID: 0000-0001-8083-3763), nafiz0195@gmail.com

³ Karadeniz Technical University, Department of Mechanical Engineering, Trabzon, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5358-0374), baris.vatandas@ktu.edu.tr

⁴ Karadeniz Technical University, Department of Mechanical Engineering, Trabzon, Turkey, (ORCID: 0000-0003-0773-9548), altug@ktu.edu.tr

⁵ Karadeniz Technical University, Department of Mechanical Engineering, Trabzon, Turkey, (ORCID: 0000-0002-1447-523X), rgumruk@ktu.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1112990)

ATIF/REFERENCE: Nergün, M., Önel, N., Vatandaş, B. B., Uşun, A. & Gümrük R. (2022) Obtaining High Mechanical Properties Polyamide - Continuous Carbon Fiber Reinforced Thermoplastic Composites with Infrared Heating, *European Journal of Science and Technology*, (36), 222-226.

Abstract

Nowadays, additive manufacturing is being used in various industries such as automotive, aviation and space, medical applications, etc. Although additive manufacturing methods offer more freedom in design and manufacturing, they usually have low production speed and mechanical properties. Continuous carbon fiber reinforced thermoplastic (CFRTP) composites are one of the investigated methods in the literature to increase the mechanical properties of the additively manufactured parts. This study utilized a production line based upon the melt impregnation method to obtain continuous carbon fiber reinforced thermoplastic filaments using polyamide and continuous carbon fibers. In the printing process, an infrared heat source was utilized to further increase the mechanical properties by improving the interlaminar bonding. The mechanical properties of the printed parts were measured using three-point bending tests. A significant increase was observed in flexural modulus of elasticity and flexural strength with infrared heaters at low printing speeds. A maximum value of 418.99 MPa flexural strength and 52.15 GPa flexural modulus was achieved.

Keywords: Continuous fiber-reinforced thermoplastic composites (CFRTP), Additive manufacturing, Fused Deposition Modeling (FDM), Composites, Mechanical Properties.

Kızılötesi Isıtma ile Yüksek Mekanik Özelliklere Sahip Poliamid - Sürekli Karbon Elyaf Takviyeli Termoplastik Kompozit Üretimi

Öz

Günümüzde eklemeli imalat, otomotiv, havacılık ve uzay, medikal uygulamalar vb. gibi çeşitli endüstrilerde kullanılmaktadır. Eklemeli imalat yöntemleri tasarım ve imalatla daha fazla özgürlük sunsa da genellikle düşük üretim hızı ve mekanik özelliklere sahiptir. Sürekli karbon elyaf takviyeli termoplastik kompozitler, eklemeli imalat ile üretilen parçaların mekanik özelliklerini artırmak için literatürde araştırılan yöntemlerden biridir. Bu çalışmada, poliamid ve sürekli karbon fiber kullanılarak sürekli karbon fiber takviyeli termoplastik filamentler elde etmek için eriyik emprenyene yöntemine dayalı bir üretim hattı kullanılmıştır. Baskı işlemi, katmanlar arası dayanımı geliştirerek mekanik özellikleri daha da artırmak için bir kızılötesi ısıtıcı kullanıldı. Basılan parçaların mekanik özellikleri, üç nokta eğme testleri kullanılarak ölçülmüştür. Kızılötesi ısıtıcılar ile düşük baskı hızlarında eğilme elastisite modülü ve eğilme mukavemetinde önemli bir artış gözlemlendi. Maksimum 418.99 MPa eğilme mukavemeti ve 52.15 GPa eğilme modülü değerine ulaşıldı.

Anahtar Kelimeler: Sürekli fiber takviyeli termoplastik kompozit, Eklemeli imalat, Katı eriyik yığıma modelleme, Kompozitler, Mekanik Özellikler.

* Corresponding Author: mertnergun@gmail.com

1. Introduction

Additive manufacturing is an up-and-coming method to produce complex parts with complicated geometries that would've been very difficult or even impossible to manufacture with conventional methods. While it was used to produce only prototypes in the early stages of technology (hence the name was rapid prototyping), its name was changed to additive manufacturing due to the ability to produce final products. Nowadays, additive manufacturing is vastly used in various sectors such as aviation, automotive, medical, transportation, and construction (Thompson et al. 2017; Paolini, Kollmannsberger, and Rank 2019; Ganesh Sarvankar and Yewale 2019; Blakey-Milner et al. 2021).

There are numerous additive manufacturing methods, each having its advantages and disadvantages. One of the shared disadvantages of additive manufacturing is that they usually show lower mechanical properties when compared to bulk materials. This effect is caused by the anisotropic behavior, low interlayer strength, and heterogeneity of the microstructure (Kok et al. 2018) that occurs in the printing process. Various studies have been conducted to increase the mechanical properties of additively manufactured parts (Fayazfar et al. 2018; Chacón et al. 2017). One of the effective improvements was achieved by optimizing the printing parameters. Although these improvements contributed to the development of technology, studies continued to be conducted to expand the usage area of additive manufacturing by improving mechanical properties. Usually, in the polymer-based additive manufacturing processes such as fused deposition modeling (FDM), vat photopolymerization (VAT), some additives such as graphene, fibers, carbon nanotubes, metallic powders, etc. were used (Mazurchevici, Nedelcu, and Popa 2020; Ghoshal 2017; Y. Li et al. 2019).

Matsuzaki et al. (2016) used continuous carbon fibers in fused deposition modeling to significantly increase the mechanical properties. They used an in-nozzle impregnation method to mix the polymer with the carbon fibers inside the nozzle to achieve CFRTTP printing. As a result, they have achieved 185.2 MPa tensile strength and 19.5 GPa tensile modulus with a 6.6% carbon fiber fraction. However, this method usually leads to low mechanical properties because of the short impregnation distance (Heidari-Rarani, Rafiee-Afarani, and Zahedi 2019; N. Li, Li, and Liu 2016; Tian et al. 2016). Therefore Liu et al. (2020) used a micro-screw to infuse the polymer matrix into the carbon fiber. Utilizing this method, they have achieved 772.6 MPa flexural strength and 85.3 GPa flexural modulus. Therefore it can be said that the addition of an extra step to mix the fibers and polymers significantly increases the mechanical properties (Hu et al. 2018; Todoroki et al. 2020).

In this study, a polyamide matrix was used to obtain CFRTTP composites. Continuous carbon fibers were used as a support material. In the printing process, an infrared heater traveled in front of the printing nozzle to pre-heat the previous layer surface, thus increasing the bonding properties. The effects of the infrared heat source were investigated using three-point bending tests.

2. Material and Method

2.1. Materials

In this study, Polyamide (PA) from the eSUN commercial brand, which has 57 MPa tensile strength, and 57 MPa flexural strength, was used as the polymer matrix. This filament has a 1.75 mm diameter. In addition, carbon fiber (3K) was used as reinforcement from DowAksa (Turkey), which has a 4900 MPa strength and 245 GPa elasticity modulus.

2.2. CFRTTP Filament Manufacturing

CFRTTP filaments were manufactured from PA and carbon fiber using a melt impregnation line to achieve a homogenous thermoplastic polymer and carbon fiber mixture. Image of this melt impregnation line is given in Fig. 1, and an image of the melt impregnation zone is given in Fig. 2, consists of three main sections: fiber spreading zone, polymer mixture zone, and mold zone. Firstly, fibers are spread laterally by utilizing the roller and normal force along with the fiber. Then, the thermoplastic polymer is applied to the fibers in the polymer mixture zone. In this region, the roller was heated to 210 °C with cartridges, and the filament by the extruder was pushed into the first roller to melt the polymer. Finally, in the molding zone, the filament was passed through the heated nozzles and was obtained as a circular cross-sectional filament to be used in the FDM-based printing platform.

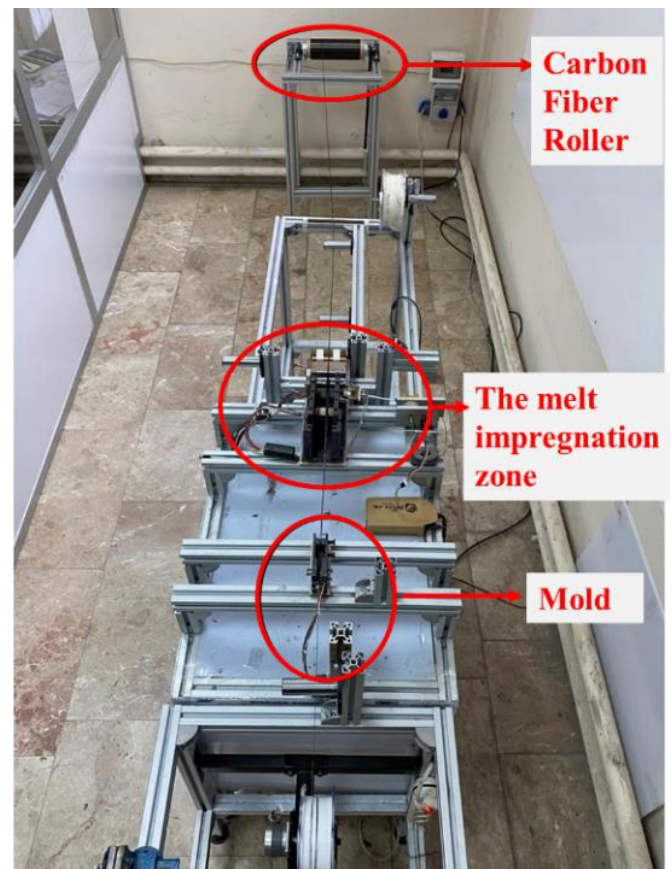


Fig. 1 The production line

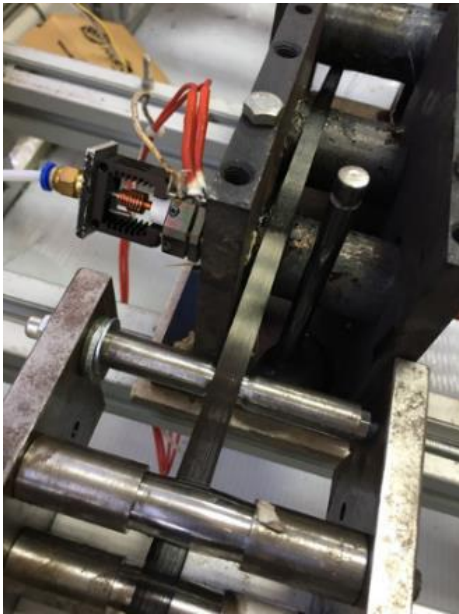


Fig. 2 Melt impregnation zone

2.3. Additive Manufacturing of CFRTP Samples

Additive manufacturing of CFRTP filaments is known to be a challenging process. Therefore, a special g-code was issued for the additive manufacturing of CFRTP filaments to be used in the manufacturing of mechanical test samples. All the samples were produced with continuous pathing given in Fig. 3, and an elliptical shape was obtained. Although CFRTP printing usually requires a filament cut at the end of the layer, this prepared G-code eliminates the fibers' cutting during the path. At the end of the printing process, the corners of the radius were cut from the cutting line and obtained two rectangular three-point bending tests.

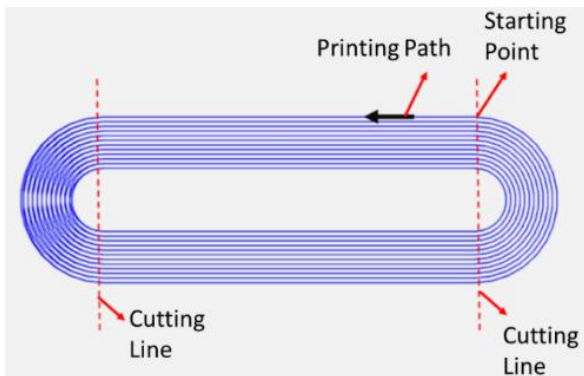


Fig. 3 Printing path of CFRTP samples

Interlayer bonding is another problem in additive manufacturing that significantly affects the mechanical properties. An infrared heater was utilized to achieve better bonding between layers (Fig. 4). While the printing head is traveling, the infrared heater pre-heats the bottom layer. A new layer is then printed on the pre-heated layer.

The infrared was placed in front of the nozzle, and it is higher than the layer. In addition, the infrared heater was used 8.0 A and 3.2 V. The other parameters can be summarized as 240°C nozzle temperature, 80 °C heated bed temperature, and three different printing speeds. All filaments and samples have around 40% fiber volume fraction.

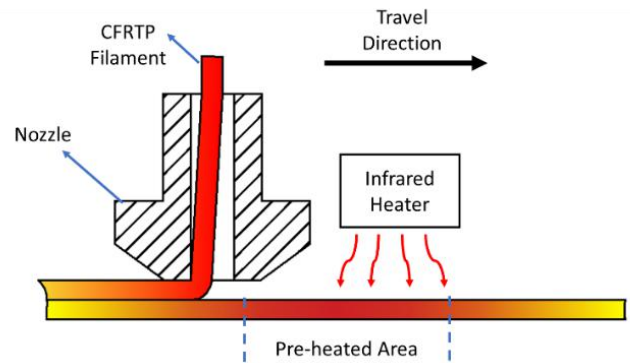


Fig. 4 Schematic image of the infrared heater

2.4. Three-point Bending Tests

In this study, three-point bending tests were utilized to investigate the change in mechanical properties. The samples were tested according to the parameters of the “ISO 14125 - Determination of Flexural Properties of Fiber Reinforced Plastic Composites” standard. For the three-point bending tests, only rectangular-shaped samples were utilized with dimensions of 100x15x2 mm³ and 5mm/min test speed. Application of three-point bending tests and tested sample are shown in Fig. 5



(a)



(b)

Fig. 5 Three-point bending tests; a) testing process and b) failed test sample

3. Results and Discussion

Obtained stress-strain curves from three-point bending test results of CFRTP composites are shown in Fig. 6. The figure shows that 1.5 mm/s with infrared showed the highest flexural strength compared to the other printing speeds. Due to the slow printing speed, the infrared can heat the previous layer more, increasing the adhesion between layers. Samples subjected to pre-heating show strain values around 1.3%, and samples that were not subjected to pre-heating show 0.9%, which the premature failure of the parts can cause. Using an infrared heater has shown better mechanical properties for 1.5 mm/s and 2.5 mm/s printing speed, but for 5 mm/s, the opposite has been observed. These values show that higher printing speeds are insufficient to pre-heat the previous layers to the desired values. Even a decrease has been observed for the 5 mm/s samples.

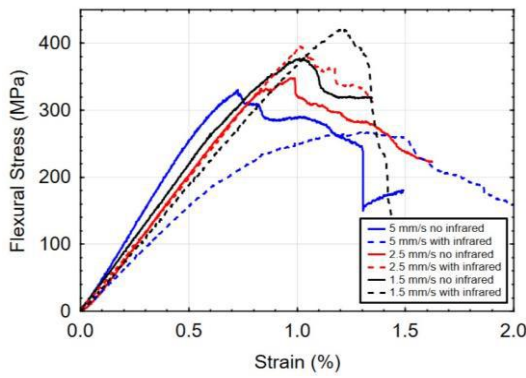


Fig. 6 Stress-strain curves results of the three-point bending test

Table 1. Results of the three-point bending test (standard deviations are given in brackets)

Production Method	Flexural Strength (MPa)	Increase in Flexural Strength (%)	Flexural Modulus of elasticity (GPa)	Increase in Modulus of Elasticity (%)
5mm/s without infrared	336.38 (25.65)	-	48.93 (2.64)	-
2.5mm/s without infrared	348.55 (1.64)	-	43.81 (3.10)	-
1.5mm/s without infrared	361.41 (13.88)	-	42.77 (2.90)	-
5mm/s with infrared	268.73 (0.96)	-20.11*	31.86 (1.65)	-34.89*
2.5mm/s with infrared	377.75 (17.80)	8.38*	43.43 (8.63)	-0.87*
1.5mm/s with infrared	418.99 (20.76)	15.93*	52.15 (3.12)	21.93*

*These values are obtained by comparing the same printing samples (with and without infrared heating)

4. Conclusions and Recommendations

In this study, CF RTP filaments were produced using PA thermoplastic polymer and carbon fiber reinforcement. An FDM-based additive manufacturing platform was used to obtain test samples. An infrared heater was utilized to increase interlayer adhesion. In addition, test samples were printed at three different printing speeds. Then, the test samples' mechanical properties were investigated using a three-point bending test. Slower printing speed and infrared showed an increased flexural property of the printed CF RTP samples. The highest flexural strength is 442 MPa, and the flexural modulus is 56.46 GPa. On the other hand, when looking at the samples printed at 5 mm/sec, it was observed that the samples printed with infrared were expected to give better results, while the samples printed without infrared gave better results. Additionally, different infrared parameters could be investigated to increase the mechanical properties further.

5. Acknowledge

This work was supported by The Scientific and Technical Research Council of Turkey (TÜBİTAK) with grant number 120M717 and the Office of Scientific Research Projects of Karadeniz Technical University, Turkey, with the grant number FBA-2020-8974.

All the results obtained from three-point bending samples are summarized in Table 1. The table shows that 1.5 mm/s with infrared samples have the highest average flexural strength of 418.99 MPa. In general, an increase can be observed in the samples using an infrared heat source. This effect is significantly increased in the parts with lower printing speeds. For example, 1.5 mm/s with infrared samples have shown a 15.93% increase in flexural strength and a 21.93% increase in modulus of elasticity compared with 1.5 mm/s without infrared samples. Also, 5 mm/s with infrared shows a decrease in both the flexural strength and elasticity modulus. Therefore, it can be said that lower printing speeds should be chosen utilizing this method.

References

Blakey-Milner, Byron, Paul Gradl, Glen Snedden, Michael Brooks, Jean Pitot, Elena Lopez, Martin Leary, Filippo Berto, and Anton du Plessis. 2021. "Metal Additive Manufacturing in Aerospace: A Review." *Materials and Design* 209: 110008. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2021.110008>.

Chacón, J. M., M. A. Caminero, E. García-Plaza, and P. J. Núñez. 2017. "Additive Manufacturing of PLA Structures Using Fused Deposition Modelling: Effect of Process Parameters on Mechanical Properties and Their Optimal Selection." *Materials and Design* 124: 143–57. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.03.065>.

Fayazfar, Haniyeh, Mehrnaz Salarian, Allan Rogalsky, Dyuti Sarker, Paola Russo, Vlad Paserin, and Ehsan Toyserkani. 2018. "A Critical Review of Powder-Based Additive Manufacturing of Ferrous Alloys: Process Parameters, Microstructure and Mechanical Properties." *Materials and Design* 144: 98–128. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2018.02.018>.

Ganesh Sarvankar, Shruti, and Sanket Nandaram Yewale. 2019. "Additive Manufacturing in Automobile Industry." *International Journal of Research in Aeronautical and Echanical Engineering* 7 (4): 1–10.

- Ghoshal, Sushanta. 2017. "Polymer/Carbon Nanotubes (CNT) Nanocomposites Processing Using Additive Manufacturing (Three-Dimensional Printing) Technique: An Overview." *Fibers* 5 (4). <https://doi.org/10.3390/fib5040040>.
- Heidari-Rarani, M., M. Rafiee-Afarani, and A. M. Zahedi. 2019. "Mechanical Characterization of FDM 3D Printing of Continuous Carbon Fiber Reinforced PLA Composites." *Composites Part B: Engineering* 175 (October 2018): 107147. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107147>.
- Hu, Qingxi, Yongchao Duan, Haiguang Zhang, Dali Liu, Biao Yan, and Fujun Peng. 2018. "Manufacturing and 3D Printing of Continuous Carbon Fiber Prepreg Filament." *Journal of Materials Science* 53 (3): 1887–98. <https://doi.org/10.1007/s10853-017-1624-2>.
- Kok, Y., X. P. Tan, P. Wang, M. L.S. Nai, N. H. Loh, E. Liu, and S. B. Tor. 2018. "Anisotropy and Heterogeneity of Microstructure and Mechanical Properties in Metal Additive Manufacturing: A Critical Review." *Materials and Design* 139: 565–86. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.11.021>.
- Li, Nanya, Yingguang Li, and Shuting Liu. 2016. "Rapid Prototyping of Continuous Carbon Fiber Reinforced Polylactic Acid Composites by 3D Printing." *Journal of Materials Processing Technology* 238: 218–25. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2016.07.025>.
- Li, Yan, Zuying Feng, Lijing Huang, Khamis Essa, Emiliano Bilotti, Han Zhang, Ton Peijs, and Liang Hao. 2019. "Additive Manufacturing High Performance Graphene-Based Composites: A Review." *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 124 (October 2018): 105483. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2019.105483>.
- Liu, Tengfei, Xiaoyong Tian, Yayuan Zhang, Yi Cao, and Dichen Li. 2020. "High-Pressure Interfacial Impregnation by Micro-Screw in-Situ Extrusion for 3D Printed Continuous Carbon Fiber Reinforced Nylon Composites." *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 130 (August 2019): 105770. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2020.105770>.
- Matsuzaki, Ryosuke, Masahito Ueda, Masaki Namiki, Tae Kun Jeong, Hirotsuke Asahara, Keisuke Horiguchi, Taishi Nakamura, Akira Todoroki, and Yoshiyasu Hirano. 2016. "Three-Dimensional Printing of Continuous-Fiber Composites by in-Nozzle Impregnation." *Scientific Reports* 6 (December 2015): 1–7. <https://doi.org/10.1038/srep23058>.
- Mazurchevici, Andrei Danut, Dumitru Nedelcu, and Ramona Popa. 2020. "Additive Manufacturing of Composite Materials by FDM Technology: A Review." *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences* 27 (2): 179–92.
- Paolini, Alexander, Stefan Kollmannsberger, and Ernst Rank. 2019. "Additive Manufacturing in Construction: A Review on Processes, Applications, and Digital Planning Methods." *Additive Manufacturing* 30 (October): 100894. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2019.100894>.
- Thompson, Adam, Donal McNally, Ian Maskery, and Richard K. Leach. 2017. "X-Ray Computed Tomography and Additive Manufacturing in Medicine: A Review." *International Journal of Metrology and Quality Engineering* 8. <https://doi.org/10.1051/ijmqe/2017015>.
- Tian, Xiaoyong, Tengfei Liu, Chuncheng Yang, Qingrui Wang, and Dichen Li. 2016. "Interface and Performance of 3D Printed Continuous Carbon Fiber Reinforced PLA Composites." *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 88: 198–205. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2016.05.032>.
- Todoroki, Akira, Tastuki Oasada, Yoshihiro Mizutani, Yoshiro Suzuki, Masahito Ueda, Ryosuke Matsuzaki, and Yoshiyasu Hirano. 2020. "Tensile Property Evaluations of 3D Printed Continuous Carbon Fiber Reinforced Thermoplastic Composites." *Advanced Composite Materials* 29 (2): 147–62. <https://doi.org/10.1080/09243046.2019.1650323>.



Hibrit Bir Model Oluşturarak Diyabetik Retinopati Sınıflandırılması

Kemal Ağca^{1*}, Hidayet Takcı²

^{1*} Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği ABD, Sivas, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-5698-2208), kemalagca@gmail.com
² Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-4448-4284), htakci@cumhuriyet.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1112980)

ATIF/REFERENCE: Ağca, K., Takcı, H. (2022). Hibrit Bir Model Oluşturarak Diyabetik Retinopati Sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 227-236.

Öz

Diyabetik Retinopati (DR), diyabet kaynaklı yüksek kan şekerinin retinadaki kan damarlarının geçirgenliğinde oluşturduğu hasar nedeniyle meydana gelen hastalıktır. Hastalığa erken tanı konmadığı ve tedavi edilmediği durumlarda ileri derecede göz bozukları ve görme kaybına neden olmaktadır. Komplikasyonların çoğu kan şekeri kontrolü ve erken tedavi ile önlenilmekte ancak DR'nin karmaşıklığı ve çeşitliliği nedeniyle manuel yöntemlerle tespiti zor olmaktadır. Uzmanlar tarafından tespiti zor olan hastalıkların teşhisinde bir derin öğrenme modeli olan Evrişimsel Sinir Ağı (ESA) ile günümüzde büyük başarı elde edilmiştir. Bu çalışmada DR'nin tespiti ve derecelendirilmesi için ESA ve makine öğrenmenin beraber kullanıldığı hibrit bir model önerilmektedir. Modelimizde ESA mimarisine sahip transfer öğrenme modeli otomatik özellik çıkarıcı olarak görev yapmakta ve ResNET-50 kullanılmaktadır. Makine öğrenme algoritmaları ise sınıflandırıcı olarak görev yapmakta ve K-En Yakın Komşu Algoritması, Rastgele Orman Algoritması ve Ekstra Ağaçlar Algoritması ayrı ayrı kullanılmaktadır. Çalışmada hastalığın şiddetine göre 'Proliferatif', 'Şiddetli', 'Orta', 'Hafif' ve 'Diyabetik retinopati yok' retina görüntülerinin yer aldığı Aptos 2019 veri seti kullanılmıştır. Veri setinde sınıf dengesizliği bulunduğundan sentetik veri artırma (SMOTE) tekniği kullanılarak sınıflar arasındaki dengesizlik giderilmiş ve veri artırımı sağlanmıştır. Eğitim ve test işlemi için veri setimize 10 kat çapraz doğrulama işlemi uygulanarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işlemi sonucunda %93 lük doğruluk ve %93 F1-skoru elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Evrişimsel Sinir Ağları, Görüntü İşleme, Diyabetik Retinopati, K-NN, Random Forest, Derin öğrenme, makine öğrenmesi, transfer öğrenme, resnet

Classification of Diabetic Retinopathy by Creating a Hybrid Model

Abstract

Diabetic Retinopathy (DR) is a disease that occurs due to the damage caused by high blood sugar caused by diabetes in the permeability of blood vessels in the retina. In cases where the disease is not diagnosed and treated early, it causes severe eye disorders and loss of vision. Most of the complications can be prevented with blood sugar control and early treatment, but due to the complexity and variety of DR, it is difficult to detect with manual methods. Today, great success has been achieved with the Convolutional Neural Network (ESA), which is a deep learning model in the diagnosis of diseases that are difficult to detect by experts. In this study, a hybrid model is proposed in which ESA and machine learning are used together for the detection and grading of DR. In our model, the transfer learning model with ESA architecture acts as an automatic feature extractor and ResNET-50 is used. K-Nearest Neighbor Algorithm, Random Forest Algorithm and Extra Trees Algorithm are used separately for classification. In the study, the Aptos 2019 dataset, which includes 'Proliferative', 'Severe', 'Moderate', 'Mild' and 'No diabetic retinopathy' retinal images, was used according to the severity of the disease. Since there is a class imbalance in the data set, the imbalance between the classes was eliminated and data augmentation was achieved by using the synthetic data augmentation (SMOTE) technique. Classification was carried out by applying 10-fold cross-validation to our data set for training and testing. As a result of the classification process, an accuracy of 93% and an F1-score of 93% were obtained.

Keywords: Convolutional Neural Networks, Image Processing, Diabetic Retinopathy, K-NN, Random Forest, Deep learning, machine learning, transfer learning, resnet

1. Giriş

Diyabet genel olarak; ağız kuruluğu, polifaji ya da iştahsızlık, polidipsi, poliüri, noktüri, bulanık görme, belirlenemeyen kilo kaybı, ayaklarda uyuşma, karıncalanma, yanma, idrar yolu enfeksiyonları, vulvovajinit, mantar enfeksiyonları, kaşıntı, ciltte kuruma, çabuk yorulma ve halsizlik şeklinde semptomlarını göstermektedir (TEMD, 2020; TÜRKDİAB, 2019)

Uluslararası Diyabet Federasyonu (IDF) diyabet atlası verilerine göre dünya genelinde 2021 yılı itibariyle; tahmini olarak 537 milyon yetişkinin (20-79 yaş) diyabet hastası olduğu ve bu rakamın dünya nüfusunun yaklaşık %10,5'ine denk geldiği vurgulanmaktadır. Diyabetin hızla büyüyen küresel bir sağlık sorunu olduğu, 2030 yılına kadar bu rakamın 643 milyona (%11,3) ve 2045'te 783 milyona (%12,2) çıkacağı tahmin edilmektedir (IDF, 2021; WHO, 2021).

Diyabetik retinopati (DR), diyabet komplikasyonuna bağlı olarak gözün arka kısmında yer alan ışığa duyarlı dokuda (retina) bulunan kan damarlarının zarar görmesinden kaynaklanan bir göz rahatsızlığı olarak tanımlanmaktadır. Diyabetik retinopati yavaş veya aniden ilerleyebilmekte ya da kendiliğinden iyileşebilmektedir. Ancak ilerlemesi halinde kısmi ya da kalıcı görme kaybına neden olabilmektedir. Uzun süre tip -1, tip-2 ve gestasyonel diyabet olan kişiler de dâhil olmak üzere diyabeti olan ve kan şekeri kontrolü düşük kişilerde diyabetik retinopati rahatsızlığı görülebilmektedir (NEI, 2021).

Diyabet belirtisine sahip hastalardan 20 yıllık süre sonunda tip-1 olanların büyük çoğunluğunda, tip-2 olanları ise yarıdan fazlasında diyabetik retinopati gelişimi olmaktadır. Diyabet süresi 15 yıla ulaşan ve diyabetik retinopati rahatsızlığı olan hastaların %2'sinde körlük ve %10'da ise ciddi görme kaybı yaşanmaktadır. DR rahatsızlığı diyabetli hastaların %25'inde hastalık gelişmeden önce görülmektedir. Bundan dolayı diyabete yakalanan kişilerin yılda en az bir kere göz muayenesi yaptırılması gerekmektedir (IDF, 2021).

Diyabetik Retinopati Erken Tedavi Çalışmasının kullandığı tanımlamalar, Amerikan Oftalmoloji Akademisi tarafından 2016'da yeniden düzenlenmiş ve DR şiddet ölçeğine göre nonproliferatif diyabetik retinopati (NPDR) ve proliferatif diyabetik retinopati (PDR) olmak üzere iki temel şekilde sınıflandırılmıştır.

Non-proliferatif Diyabetik Retinopati (NPDR): Hastalığın ilk dönemini ifade etmektedir. Bu dönemde bozuk damarlarda, retina kanamalarına neden olan sıvı sızması oluşmaktadır. Genel olarak hastanın görme yetisi bu dönemde etkilenmez. Bu evrede DR görülmekte olup hastalık şiddeti seviyesine göre hafif, orta ve şiddetli olarak kendi içerisinde üç gruba (Sibel, 2014) ayrılmaktadır.

Hafif proliferatif olmayan retinopati: Diyabetik retinopatinin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Bu aşamada damarlardan retinaya çok az miktarda kan sızmaya başlamıştır. Bu aşamada görmeyle ilgili herhangi bir sorun oluşmadığından tedaviye ihtiyaç duyulmamaktadır. Ancak diyabetik retinopatinin ilerlemesini önlemeye yönelik olarak kan şekeri, kolesterol seviyesi ve kan basıncı takibinin yapılması gerekmektedir.

Orta derecede proliferatif olmayan retinopati: Diyabetik retinopatinin ikinci aşamasını oluşturmaktadır. Bu aşamada retinadaki küçük kan damarları şişmekte olup kan akışı bloke olmaktadır. Bundan dolayı retinada fiziksel değişiklikler meydana

gelmektedir. Yaşanan bu değişime bağlı olarak retinanın küçük orta kısmında (makula) kan ve diğer sıvıların birikmesi sonucu diyabetik makula ödemi oluşmaktadır. Diyabetik makula ödemiyle ilgili olarak bu aşamada görme problemleri görülmektedir.

Şiddetli proliferatif olmayan retinopati: Bu aşamada yeni kan damarları ve yara dokusu oluşmaktadır. Kan damarlarının belirli bir kısmı ya da tamamı tıkanmaktadır. Kan damarlarının tamamen tıkanmasına maküler iskemi denmektedir. Kan damarlarında oluşan bu durum sonucunda görme alanında koyu lekeler (uçan cisimler) oluşmakta ve bulanık görmeye neden olmaktadır. Bu aşamada uygulanan tedavi yöntemleri ile görme stabilize edilebilmekte ancak görmeye yaşanan kayıp telafi edilememektedir. Bu aşamada görme kaybı oluşma olasılığınız çok yüksek olmaktadır.

Proliferatif Diyabetik Retinopati (PDR): Bu dönemde retina tabakasında bulunan kan damarlarının ileri derecede bozulması sonucu beslenemeyen bölgeler oluşmakta ve oluşan bu bölgeler yeni damarların gelişmesine neden olmaktadır. Bu damarlar çok ince ve kırılabilir olduklarından dolayı göz içinde aniden kanamalara yol açmaktadır. Bu süreci yaşayan hasta gözünün önünde beliren ve gözü nereye çevirse o yönde hareket eden karartılar fark etmektedir. Daha yoğun kanama yaşayan hastalar ise ciddi görme kaybı ve körlük yaşamaktadır (Date vd., 2018).

Yapmış olduğumuz bu çalışmada, diyabetik retinopati hastalığının tespit ve sınıflandırılmasına yönelik olarak derin öğrenme ve makine öğrenme algoritmalarının bir arada kullanıldığı hibrit model kullanılmıştır. Ayrıca veri setinde yer alan sınıflar arasındaki veri dengesizliği probleminin çözümüne yönelik olarak sentetik veri artımı gerçekleştirilmiştir.

Yapmış olduğumuz çalışmada transfer öğrenme modeline uygulanan görüntülerden özellik çıkarma, buradan elde edilen verilerdeki sınıflar arasında yer alan dengesizlik sorununa çözüm sağlama, bu verilerin makine öğrenme algoritmalarına uygulanarak sınıflandırma yapması açısından özgün bir çalışma olmaktadır. Ayrıca diyabetik retinopatinin tespit ve sınıflandırılmasına yönelik yapılacak diğer çalışmalarda elde ettiği yüksek doğruluktan dolayı diğer çalışmalarda farklı bir bakış açısı kazandırarak bilime katkı sağlayacağı düşünülmektedir ve ilgili çalışma ile DR'nin erken tespit ve teşhis edilmesi amaçlanmaktadır.

1.1. İlgili Çalışmalar

Pratt vd. (2016) yapmış oldukları çalışmada, diyabetik retinopati sınıflandırmak için kaggle üzerinde yer alan 80.000 DR görüntüsünün bulunduğu EyePACS veri setini ESA tabanlı bir model oluşturarak beşli sınıflandırma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda %95 duyarlılık ve %75 doğruluk değeri elde edilmiştir.

Gulshan vd. (2016) yapmış oldukları çalışmada, diyabetik retinopati sınıflandırmak için Messidor-2 (1748 adet görüntü) ve EyePACS-1 (9963 adet görüntü) veri setini kullanmışlardır. Sınıflandırmada derin öğrenme modeli olarak transfer öğrenme modellerinden Inception-V3 kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, EyePACS veri seti için %98,1 özgüllük ve %90,3 duyarlılık, Messidor-2 veri seti için %87 duyarlılık ve %98,5 özgüllük değeri elde etmişlerdir.

Abbas vd. (2017) yapmış oldukları çalışmada, diyabetik retinopati sınıflandırmak için farklı kaynaklardan elde edilen 750 DR görüntüsünün bulunduğu veri setini kullanmışlardır. DR'nin beş kategoride sınıflandırılması için gradyan lokasyon yönelimli

histogram teknikleri kullanarak çıkarılan derin görsel özelliklere dayalı bir yarı denetimli çok katmanlı derin öğrenme algoritması kullanmışlardır Çalışma sonucunda %92.4 AUC değeri elde edilmiştir .

Ghosh vd. (2017) yapmış oldukları çalışmada, diyabetik retinopayi sınıflandırmak için kaggle veri seti üzerinde yer alan 30.000 DR görüntü ile eğitim işlemi 3000 DR görüntüsü ile doğrulama işlemi yaptıkları veri seti kullanmışlardır. ESA tabanlı oluşturdukları model ile DR'yi ikili ve beşli olarak sınıflandırmışlardır Çalışma sonucunda ikili sınıflandırma için %95 beşli sınıflandırma için ise %85'lik bir doğruluk değerleri elde edilmiştir.

Masood vd. (2017) yapmış oldukları çalışmada, diyabetik retinopatiyi sınıflandırmak için EyePACS veri setini kullanmışlardır. Otomatik sınıflandırma için ESA tabanlı transfer öğrenme modeli olan Inception-V3 modelini kullanmışlardır. Beş kategorili sınıflandırma işlemine yönelik olarak yapmış oldukları çalışmada %48,2 doğruluk değeri elde etmişlerdir.

Yalçın vd. (2018) çalışmalarında, MESSIDOR, STARE, DIARETDB veri setlerinden elde ettikleri 500'ü hastalıklı ve diğer 500'ü hastaliksiz olmak üzere 1000 adet renkli fundus görüntüsü kullanmışlardır (Yalcin vd., 2018). DR'nin erken tespitine yönelik yapmış oldukları ikili sınıflandırmada derin öğrenmeye dayalı bir yöntem önermişlerdir. Çalışma sonucunda %98,5 doğruluk değeri elde edilmiştir.

Kwasigroch vd. (2018) yapmış oldukları çalışmada, diyabetik Retinopatiyi sınıflandırmak için EyePACS veri setini kullanmışlardır. TR'yi tespit etmek, mevcut aşamasını belirlemek için ESA tabanlı VCC-D mimarisini ve sistemin performansını artırmak için özel bir sınıf kodlama tekniği kullanmışlardır. Kullanılan mimariyle değerlendirme aşamasında %51 ve DR'yi tespit etmede %82 doğruluk değerini elde etmişlerdir.

Qummar vd. (2019) yapmış oldukları çalışmada, diyabetik retinopatiyi sınıflandırmak için EyePACS veri setini kullanmışlardır . Çalışmada retina görüntülerinden DR'nin farklı aşamalarını otomatik olarak tespit etmek için ESA tabanlı Resnet-50, Inception-v3, Xception, Dense-121, Dense-169 transfer öğrenme modellerini kullanmışlardır. DR'nin beş kategorili sınıflandırma işlemine yönelik ilgili modellerinden; Resnet-50 (%48), Xception (%51), Dense-121 (%65), Inception-v3 (%69) ve Dense-169 (%84) hassasiyet değeri elde etmişlerdir.

Shanthi ve Sabeenian (2019) yapmış oldukları çalışmada, diyabetik retinopatiyi sınıflandırmak için Messidor veri setini kullanmışlardır. Çalışmada veri setindeki retina görüntülerinden DR'nin 4 kategorili sınıflandırma aşamalarını otomatik olarak tespit etmek için Alexnet tabanlı mimariyi kullanmışlardır Çalışma sonucunda sağlıklı kategorisi için %96.6, evre 1 kategorisi için %96.2, evre 2 kategorisi için %95.6 ve evre 3 kategorisi için %96.6 için doğruluk değeri elde edilmiştir.

Taufiqurrahman vd. (2020) yapmış oldukları çalışmada, diyabetik retinopatiyi sınıflandırmak için Aptos 2019 veri setini kullanmışlardır. Veri setine yönelik herhangi bir ön işlem yapmamışlardır. Çünkü yapmış oldukları araştırmada, ön işleme yapmanın bu veri kümesindeki nihai sınıflandırma sonucunu önemsiz şekilde etkilediğini veya hatta düşürdüğünü bulmuşlardır. Ayrıca veri setine yönelik olarak görüntü büyütme ve yeniden örnekleme uygulamışlardır. Derin öğrenme modeli olarak MobileNETV2-SVM den oluşan hibrit bir model kullanmışlardır. Çalışma sonucunda diyabetik retinopatinin normal, hafif, orta, şiddetli ve proliferatif DR sınıflandırmalarına e-ISSN: 2148-2683

yönelik olarak bu model, 0.925'lik QWK skoru ve 85%'lik doğruluk değeri elde etmişlerdir.

İslam vd. (2020) yapmış oldukları çalışmada, fundus görüntülerinin bulunduğu APTOS 2019 veri setini kullanmışlardır. ESA tabanlı VGG-16 mimarisine sahip transfer öğrenme ve ardından yeni bir renk versiyonu ön işleme tekniğine yönelik model geliştirmişlerdir. Önerilen model ile DR'nin 5 kategorili sınıflandırma işlemini yapmışlardır. Çalışma sonucunda 0,9132683 doğruluk değeri elde edilmiştir.

Shaban vd. (2020) yapmış oldukları çalışmada APTOS 2019 veri setini kullanmışlardır. Veri seti 0 ile 4 arasında etiket değeri (No DR-0, Mild NPDR-1, Moderate NPDR-2, Severe NPDR-3 ve PDR-4) bulunan fundus görüntülerinde etiketli veriler arasında dengesizlik bulunmaktadır. Veri seti içerisinde yer alan 1 ve 2 etiket değerine sahip (Mild NPDR-1, Moderate NPDR-2) ayrıca 3 ve 4 etiket değerine sahip (Severe NPDR-3 ve PDR-4) görüntüler kendi aralarında birleştirilerek 3 kategorili bir veri seti elde etmişlerdir. 0 etiket değeri DR yok, 1 etiket değeri orta derece DR ve 2 etiket değeri ise şiddetli DR'yi temsil edecek şekilde yeniden oluşturarak sınıflar arasındaki dengesizliğe çözüm sağlamışlardır. Çalışmalarında; DR yok, orta DR ve şiddetli DR olarak sınıflandırıldığı DR'yi sınıflandırmak için 18 evrimsel katman ve 3 tam bağlantılı katmandan oluşan derin bir ESA mimarisi kullanmışlardır. Eğitim ve test aşamasında 5 ve 10 kat çapraz doğrulama kullanarak sırasıyla %88-89 doğrulama doğruluğu, %87-89 duyarlılık, %94-95 özgüllük değerleri elde etmişlerdir.

Yaqoob vd. (2020) yapmış oldukları çalışmada, diyabetik retinopayi sınıflandırmak için Messidor-2 ve EyePACS veri setini kullanmışlardır. Messidor-2 veri setini ikili, EyePACS veri setini ise beşli sınıflandırma için kullanmışlardır. Her iki sınıflandırma için ResNET-50 ve Random Forest'den oluşan hibrit bir model kullanmışlardır. Önerilen modelin ilgili veri setlerine uygulanması sonucunda ikili sınıflandırmada %96 doğruluk ve beşli sınıflandırmada ise %75.09 doğruluk değeri elde edilmiştir.

Özçelik ve Altan (2021) yapmış oldukları çalışmada, DR'nin daha erken teşhis ve tedavisi için fundus görüntülerinin bulunduğu APTOS 2019 veri setini kullanmışlardır. Geliştirilen model iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada modelin aşırı öğrenmesinin önüne geçmek için iki boyutlu sinyal işleme tekniğini görüntülere uygulamışlardır. İkinci aşamada ise ESA tabanlı VGG-19 mimarisine sahip transfer öğrenme modelini kullanarak DR'nin 5 kategorili sınıflandırma işlemini yapmışlardır. Önerilen modele yönelik sınıflandırma işlemi sonucunda doğruluk, kesinlik, geri çağırma ve F1-skoru değerleri sırasıyla %97,8, %97,6, %97,7 ve %97,6 olarak elde etmişlerdir .

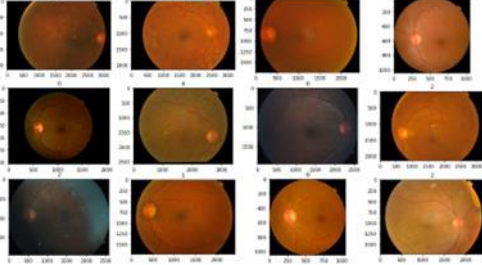
İlgili çalışmalar incelendiğinde, DR tespit ve derecelendirilmesine yönelik birçok çalışma yer almaktadır. Bu çalışmada, derin öğrenme ve makine öğrenme algoritmalarının bir arada kullanıldığı hibrit model kullanılmıştır. Ayrıca veri setinde yer alan sınıflar arasındaki veri dengesizliği probleminin çözümüne yönelik olarak sentetik veri artırımı gerçekleştirilmiştir. Önerilen çalışma ile Diyabetik Retinopatinin tespiti ve sınıflandırılması amaçlanmaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Veri Seti

Veri seti olarak Asya Pasifik Tele-oftalmoloji Derneğinin (APTOS) kaggle sitesi (APTOS2019, 2019) üzerinde körlük tespitine yönelik yapmış olduğu yarışmada halka açık olarak

sunduğu APTOS 2019 kullanılmıştır. İlgili veri seti fundus fotoğrafçılığı kullanılarak elde edilen toplamda 3.662 renkli retina görüntüsünden (PNG formatında) oluşmaktadır. Bu görüntüler; fundus fotoğrafçılığı kullanılarak çekilmiş 474 x 358 piksel ile 4288 x 2848 piksel çözünürlük arasında değişen normal retina ve diyabetik retinopatinin şiddet seviyelerine göre sınıflandırılarak oluşturulmuştur.



Şekil 1. APTOS 2019 veri setinden (0 ile 4 arasında etiketli) rastgele seçilmiş örnek görüntüler.(APTOS2019, 2019)

Uzmanlar tarafından her görüntü retinanın normal durumu ve diyabetik retinopatinin şiddeti açısından 0 ile 4 arasında derecelendirmiştir. Retinaya ait görüntülerin derecelendirme işlemi 5 sınıfa temsil edecek şekilde ayrılmıştır:

DR yok: Hastanın retinası normal.

Hafif DR: Hastanın hafif proliferatif olmayan retinopatisi vardır.

Orta DR: Hastanın orta derecede proliferatif olmayan retinopatisi var.

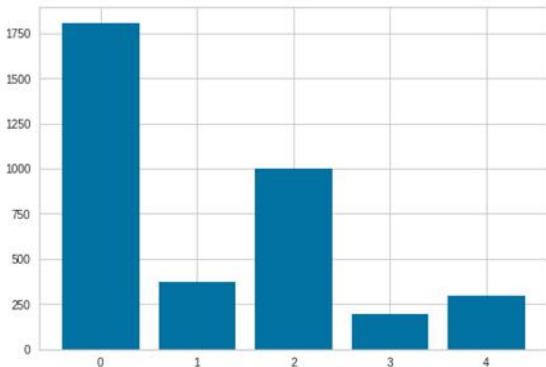
Şiddetli DR: Hastanın şiddetli proliferatif olmayan retinopatiji vardır.

Proliferatif DR: Hastada proliferatif retinopati var.

Normal, hafif, orta, şiddetli ve proliferatif DR sınıflarında sırasıyla toplam 1805, 370, 999, 193 ve 295 görüntü bulunmaktadır. Her bir sınıf içerisinde yer alan diyabetik retinopati görüntüne ait sayılar Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. Veri Setine ait sınıflar ve sınıflara ait görüntü sayıları.

Sınıf	Etiket	Adet	Yüzde %
DR yok	0	1805	49.290
Hafif DR	1	370	10.104
Orta DR	2	999	27.280
Şiddetli DR	3	193	5.270
Prolifere DR	4	295	8.056
Toplam		3.662	100 %



Şekil 2. APTOS 2019 veri seti etiket dağılımı

Modelimizde özellik çıkarma ve sınıflandırma işlemi için Aptos 2019 veri seti kullanılmıştır. Veri seti içerisinde yer alan sınıflardaki veri sayıları dengesiz bir dağılım göstermektedir. Şekil 2’de görüldüğü üzere veri setinde sınıf dengesizliği bulunduğundan SMOTE tekniği kullanılarak sınıflar arasındaki dengesizlik giderilmiştir.

2.2. Derin Öğrenme

Derin öğrenme, “yapay zekânın öğrenmeye dayalı alt çalışması olan makine öğrenmesine ait en yeni alt alanın adıdır” (Takcı, 2020). Derin öğrenme bilgi işleme konusunda canlıların sinir sistemlerinden esinlenerek kullanılan yapay sinir ağı algoritmaları kullanılmaktadır. Böylece, bilgi işlemeye yönelik olarak bilgisayarların her bir verinin neyi temsil ettiğini anlamasına ve kullanılan modellerin öğrenmesine imkân tanımaktadır (Daş vd., 2019).

Çoklu soyutlama yapısı ile derin öğrenme yaklaşımı, verinin belirgin özelliklerini öğrenmek için bir araya getirilmiş birden çok işleme katmanından oluşmaktadır. Ağdaki katman sayısının fazla olması o ağı derinliğini göstermektedir. Derin kavramı, ağda bulunan katmanların sayısını ifade etmektedir. Klasik yapay sinir ağları veya konvolüsyonel sinir ağları en fazla iki veya üç katmandan oluşmakta iken, derin sinir ağları ise yüzlerce alt katmandan oluşabilmektedir (Meltek & Halit, 2021; Şeker vd., 2017).

Derin öğrenme ağları, kullanılan alana göre çok katmanlı mimarinin yer aldığı modellerde tasarlanmaktadır. Bu ağların en önemli özelliği, derin yapıyı oluşturan katmanlar aracılığıyla probleme uygun öznelikleri ağı öğrenmesiyle ortaya çıkarmasıdır. Klasik öğrenme teknikleri, kendilerine verilen bilgiyi kullanmakta iken derin öğrenmede ise hangi bilgiyi kullanacağına kendisi karar vermektedir. Bu yüzden derin öğrenme klasik yöntemlere göre daha başarılı sonuçlar yansıtmaktadır (Kızrak & Bolat, 2018).

2.3. Evrişimsel Sinir Ağları

Evrişimsel sinir ağları (ESA), hayvanların görme sisteminden ilham alınarak oluşturulmuş; bilgisayarla görme ve görüntü işlemede en sık kullanılan derin öğrenme modelini oluşturmaktadır. Görüntülerin en düşük, en yüksek özelliklerini otomatik ve uyarlanabilir bir şekilde öğrenilmesi için tasarlanmıştır.

ESA’lar manuel olarak özellik çıkarma işlemi ortadan kaldırarak görüntüleri sınıflandırma için kullanılan özellikleri otomatik olarak tanımlayarak nasıl öğreneceğini kendi kendine yaparak çıkarmaktadır.

ESA’lar yapı olarak evrişim katmanı, havuzlama katmanı ve tam bağlı katman olarak üç tür katmandan (veya yapı taşlarından) oluşmaktadır. Evrişim ve havuzlama katmanı öznelik çıkarma işlemi gerçekleştirmek için tam bağlı katman ise sınıflandırma gibi nihai çıktıyı elde etmek için kullanılmaktadır (Yamashita vd., 2018).

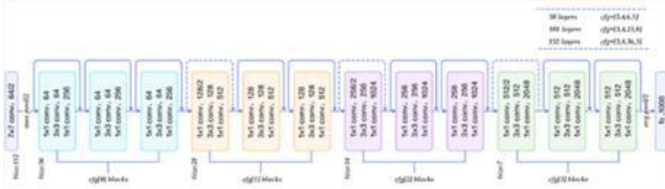
2.4. Transfer öğrenimi

Transfer öğrenimi, bir görev için eğitilmiş bir modelin, benzer yapıdaki bir görevi gerçekleştirmek için kullanılan modelin başlangıç noktası olarak kullanıldığı bir derin öğrenme biçimini oluşturmaktadır. Transfer öğrenme ile oluşturulan bir model güncellemek ve yeniden eğitmek, çoğunlukla sıfırdan oluşturulmuş bir ağı eğitmekten daha kolay ve hızlı olmaktadır.

Önceden eğitilmiş bir model genellikle ImageNet gibi çok büyük veri setinde eğitilmekte ve eğitim sonucunda elde edilen ağırlıklar, oluşturulan yeni bir ağ yapısında kullanılmaktadır. Transfer Öğrenme modellerinin özellik çıkarımı için kullanılmasında son katman çıkarılarak kullanılmaktadır. Diğer katmanlar ile meydana gelen yeni model daha sonra diğer görevlerin gerçekleştirilmesi için sabit özelliklerin çıkarıcısı olarak işlem yapmaktadır (Ribani & Marengoni, 2019). Çalışmamızda ResNET-50 modeli veri setinde yer alan görüntülerden özellik çıkarma amaçlı kullanılmıştır.

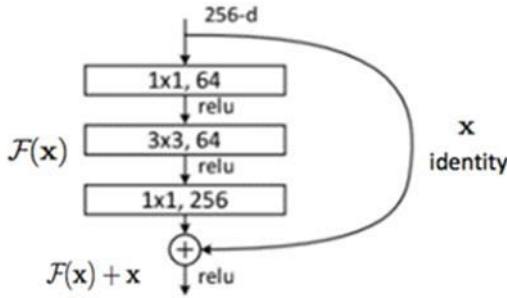
2.4.1. Resnet-50

Derin sinir ağları yapı olarak daha az katmana sahip sinir ağlarından daha yüksek performansı göstermektedir. Ancak ağ derinliğinin artmasıyla derin ağların eğitilmesinde modellerin performans düşümüne neden olan kaybolan gradyan sorununu oluşturmaktadır. ResNet-50 mimarisi Şekil 3'te gösterildiği üzere diğer derin sinir ağları modellerinden farklı olarak ardışık ağ mimarisi yerine bünyesinde artık blok yapısı bulundurmaktadır.



Şekil 3. ResNet-50 mimarisi (Rastogi, 2022)

Bu yapının kullanılmasının nedeni, ağırlık yapısı derinleştiğçe başarımın düşmesine neden olan kaybolan gradyan sorununa engel olmak ve başarımın düşeceği durumlarda aynı kalmasını sağlamaktır. ResNet modelleri kimlik kısa yol bağlantıları kullanarak bu sorunu çözüm sağlayarak daha derin ağların eğitilmesini sağlamaktadır.



Şekil 4. ResNet-50 artık blok yapısı

Bu kısa yol bağlantıları gösterildiği üzere bir katmanın ağ katmanındaki çıktıyı (x) alıp mimari yapıya yönelik olarak kendinden sonra artık blok yapısı olarak kullanılan katmanları atlayarak ve artık blok katmanlarından elde edilen çıktı $F(x)$ ile toplanarak $F(x)+x$ şeklinde bir sonraki katmana girdi olarak kullanılmaktadır.

ResNet modelleri katman sayılarına göre birden çok yapıda bulunmaktadır. Çalışmamızda Şekil 4'te mimari yapısı gösterilen ve 50 katmana sahip ResNet-50 modeli giriş görüntülerinden özellik çıkarımı amaçlı kullanılmıştır (Veranyurt vd., 2020)

2.5. Sentetik Aşırı Örnekleme Yöntemi (SMOTE)

Örneklem sayılarında bulunan dengesizlik sınıflandırma işleminde kullanılan modelin performansına ve doğruluğuna

olumsuz yönde etki sağlamaktadır. Veri setlerinde yer alan ve sınıflar içerisinde dağılım gösteren verilerin, (He & Garcia, 2009) sayılarının eşit olmaması sınıf dengesizliği olarak ifade edilmektedir. Bu yöntemler, dengesiz örneklerin yer aldığı azınlık grubuna yönelik olarak yeniden örnek oluşturularak ilgili örneklemlerin dengeli hale getirilmesi işlemini oluşturmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan veri setine, yapay veri artırma yöntemlerinden biri olan SMOTE yöntemi uygulanarak sınıflar arasındaki dengesizlik giderilmiştir.

Gerçek dünya problemlerini sınıflandırılmasına yönelik çalışmalarda veri dengesizliği sınıflandırma algoritmalarının performansını düşürmektedir. Veri setinde azınlık örnekleme olduğunda, veri dağılımı dengelemek için genellikle aşırı örnekleme yöntemleri uygulanmaktadır (He & Garcia, 2009). SMOTE algoritması, veri seti içerisinde yer alan orijinal örneklemlerin sayılarını birbirine dengelemek için azınlık örneklemleri kopyalayıp sayıyı eşitlemek yerine, sentetik olarak azınlık örneklemlerden yeni örneklemler oluşturularak aşırı örnekleme yaklaşımını ana fikir olarak sunmaktadır (Fernández vd., 2018). SMOTE algoritması, veri setleri içinde yaralan örneklerden her azınlık örneğini alarak azınlık sınıfın k-en yakın komşularını (Çavuşoğlu & Kaçar, 2019) birleştiren bir çizgi parçaları boyunca sentetik örnekler üretmektedir. Bu yöntem neticesine aşırı örneklemlenmiş sentetik veriler ile veri setinde bulunan sınıflar arasındaki dengesizlik soruna çözüm üretilmektedir (Zhou vd., 2017).

2.6 Makine Öğrenmesi

Makine öğrenmesi (ML), açık şekilde programlanmadığı halde veri ve bilgi arasındaki temel ilişkileri sentezlemeyi, oluşturulan algoritmalarla otomatik şekilde öğrenmeyi ve öğrendiklerini pekiştiren sistemler geliştirmeyi yerine getiren bir yapay zekâ alt dalı olarak tanımlanmaktadır (Takcı, 2020).

Denetimli öğrenme (supervised learning): Denetimli öğrenmede amaç, bir dizi bağımsız girdi değişkeni üzerinden tanımlanan göreve dayanarak çıktı değerini tahmin etmektir (Pulat & Kocakoç, 2021)

Denetimsiz Öğrenme (unsupervised learning): Denetimsiz öğrenmede amaç; bir dizi girdi verileri arasındaki ilişkileri ve gizli örüntüleri açığa çıkarmaktır.

Yarı Denetimli Öğrenme (semi-supervised learning): Denetimli ve denetimsiz öğrenme algoritmalarının dezavantajlarıyla baş edebilmek için oluşturulmuş öğrenme türünü oluşturmaktadır.

Takviyeli Öğrenme (reinforcement learning): Bu öğrenme türü davranışsal psikolojideki ödül ilkesine dayanmaktadır. Karar verme sistemi elde edilen sonuçlar içerinden en yüksek ödülü veren sonucu tercih ederek öğrenim işlemini gerçekleştirir (Takcı, 2020; Veranyurt vd., 2020).

2.6.1. K-En Yakın Komşu Algoritması(K-NN)

Parametrik olmayan yani temel veriler üzerinde herhangi bir varsayımda bulunmayan denetimli öğrenme algoritma türünü oluşturmaktadır. Sınıflandırılması yapılacak örneğin veri kümesi içerisindeki her bir örneğe olan mesafesi hesaplanmaktadır. Hesaplama sonucunda kendine en yakın k adet komşuların bulunduğu sınıfa göre yeni örneğin sınıfı belirlenmiş olmaktadır. Kullanılan k ifadesi sınıflandırması yapılacak örneğin veri kümesi içerisindeki en yakın komşu adedini seçmek için kullanılmaktadır.(Çavuşoğlu & Kaçar, 2019).

2.6.2. Rastgele Orman Algoritması (RF)

Karar ağacı algoritmasının yapısının baz alındığı bir denetimli öğrenme algoritmasını oluşturmaktadır. Orijinal veri kümesinden birden fazla ön yüklemeli eğitim veri kümesi oluşturmaktadır. Oluşturulan her bir ön yüklemeli veri kümesi için bir ağaç üretmektedir. Oluşturulan bu ağaçların çoğunluk oylamasıyla sınıflandırma işlemi yapmaktadır. Kullanmış olduğu önyükleme yöntemiyle her bir karar ağacının benzersiz olmasını sağlamaktadır. Karar ağacı algoritması ile arasındaki temel fark düğüm seçimi ve bölümlerinin rastgele yapılmasıdır. Ayrıca Karar ağacı algoritmalarında yaşanan aşırı öğrenme sorunu bu algoritmada bulunmamaktadır

2.6.3. Ekstra Ağaçlar Algoritması (ET)

Rastgele orman algoritmasının farklı bir mimarisini oluşturmaktadır. Rastgele ağaç algoritmasından farklı oluşturulan düğümlerin dallara ayrılması aşamasında karar alma kriteri yerine rastgele dallanma yolunun seçilmesidir (Geurts vd., 2006).

2.7. Doğrulama

Sınıflandırma için kullanılan modeller ayrı ayrı çıktı sunmakta ve bu çıktılardan elde edilen metriklere ihtiyaç duyulmaktadır. Sınıflandırma metrikleri, bir modelin performansını değerlendirmek ve sınıflandırmanın ne kadar iyi veya ne kadar kötü olduğu hakkında bilgi elde edilmesini sağlamaktadır.

Tablo 2. Karmaşıklık Matrisi (Confusion Matrix)

Gerçek Değerler	Tahmin Edilen Değerler		
		Pozitif	Negatif
	Pozitif	(DP)	(YP)
Negatif	(YN)	(DN)	

Tablo 2’de gösterilen karmaşıklık matrisi modelin performansına yönelik kullanılmakta ve başarımlar değerlendirme metriklerine ait işlemler bu tablodan elde edilerek kullanılmaktadır.

Karmaşıklık matrisi, oluşturulan modellerin tahminlerinde elde edilen etiket değerine karşı gerçek etiketlerinin tablo halinde görselleştirilmesi olarak ifade edilmektedir. Tablo içerisinde yer alan kısaltmalar:

DP: Doğru Pozitif

YP: Yanlış Pozitif

YN: Yanlış Negatif

DN: Doğru Negatif

Literatürde hata matrisinde elde edilen değerlerin kullanılması sonucu modelin performansı ve başarısının değerlendirilmesinde kullanılan metriklerle ait denklemler:

Doğruluk (Accuracy) (A): Kullanılması ve uygulanması en basit metrik türünü oluşturmaktadır. Eğitim için kullanılan veri seti ile eğitilen modelin, test veri setindeki verileri doğru olarak sınıflandırma oranı olarak ifade edilmektedir.

$$\text{Doğruluk (A)} = \frac{|DP| + |DN|}{|DP| + |YP| + |DN| + |YN|}$$

Keskinlik (Precision) (P) : Doğru tahmin edilen pozitif örneklerin, toplam tahmin edilen pozitif örneklere oranı olarak ifade edilmektedir. Yani doğru pozitif değerlerin ne kadarını doğru tahmin ettiğini belirtmektedir.

$$\text{Keskinlik (P)} = \frac{|DP|}{|DP| + |YP|}$$

Duyarlılık (Recall) (R): Duyarlılık olarak da ifade edilen geri çağırma, sınıflandırma modelinin doğru pozitif sınıf etiketlerini yani incelenen olayın olma durumunu tahmin etmedeki performansını yansıtmaktadır. Dengesiz veri dağılımı bulunan veri setlerinin kullanıldığı sınıflandırma modellerinde önem arz etmektedir.

$$\text{Duyarlılık (R)} = \frac{|DP|}{|DP| + |YN|}$$

Duyarlılık ve özgüllük metriklerinden elde edilen değerlerinin harmonik ortalaması alınarak elde edilen metrik türünü oluşturmaktadır. Sınıflandırmada kullanılan veri setlerinde sınıflar arası dengesizlik var ise bu ölçüm metriği kullanılmaktadır.

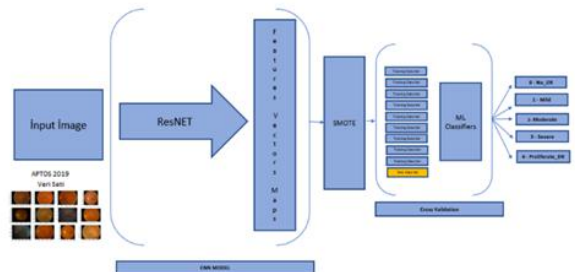
F-Ölçümü (F-Measure) (F): Duyarlılık ve özgüllük metriklerinden elde edilen değerlerinin harmonik ortalaması alınarak elde edilen metrik türünü oluşturmaktadır. Sınıflandırmada kullanılan veri setlerinde sınıflar arası dengesizlik var ise bu ölçüm metriği kullanılmaktadır.

$$\text{F-Ölçüm (F)} = \frac{2 * P * R}{P + R}$$

2.8 Metot

Diyabetik retinopatinin saptanması ve derecelendirilmesi için derin öğrenme ve makine öğrenmesinin birlikte kullanıldığı hibrit bir model kullanılmıştır. Hibrit modelde derin öğrenme modeli veri setindeki diyabetik retinopati görüntülerinden özellik çıkarımı olarak kullanılmaktadır.

Derin öğrenmede sınıflandırma işleminde kullanılan tam bağlı katman yerine derin öğrenme modelinden elde edilen özellikleri makine öğrenimi algoritmaları ile eğitim ve test işlemine tabi tutularak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

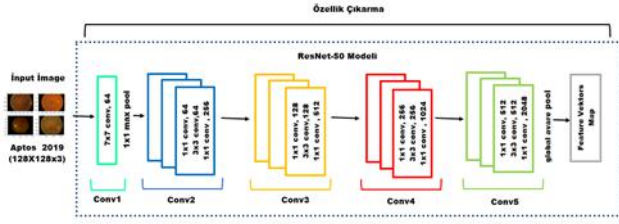


Şekil 5. Önerilen çalışmanın şeması

Veri setinde sınıf dengesizliği bulunduğundan sentetik veri artırma yöntemi kullanılarak sınıflar arasındaki dengesizlik giderilmiştir. Dengeli hale getirilen veriler üzerinde algoritmalar çalıştırılmış ve model değerlendirme aşamasında 10 kat çapraz doğrulama (10-fold cross validation) kullanılmıştır. Şekil 3’te önerilen çalışmanın şeması yer almaktadır.

2.8.1 Özellik çıkarma

Ön işlem olarak veri setinde bulunan retinaya ait 3662 adet fundus görüntüsü Resnet-50 modeline uygulanmak için 128x128x3 boyutlarında standart hale getirilmiştir. Şekil 4'te görüldüğü üzere ResNET-50, veri setindeki diyabetik retinopati görüntülerinden özellik çıkarımı amacıyla kullanılmaktadır. ResNet-50 mimarisinden transfer öğrenme yöntemi ile elde edilen taban katmalarının ağırlık değerleri dondurulmuştur. Daha sonra ilgili veri seti ResNet-50 modeline uygulanmış ve Global ortalama havuzlama (global aware pool) katmanından bu görüntülere ait özellikler elde edilmiştir. Çalışma sonucunda 3662 adet görüntüye ait 2048 adet özellik elde edilmiştir.



Şekil 6. Özellik çıkarımı için kullanılan ResNet-50 mimarisini

2.8.2 Veri artırma

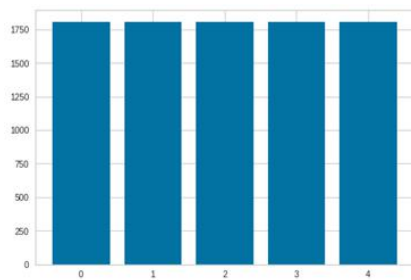
Elde edilen görüntüleri sınıflandırma işlemi için makine öğrenme algoritmaları uygulamadan önce SMOTE veri artırma tekniği kullanılarak sınıflar arasındaki dengesizlik giderilmiştir. SMOTE sentetik veri artırma tekniğinin bir türü olan aşırı örnekleme yöntemi (over sampling) ile veri setindeki her bir sınıfa ait veriler 1.805 adede eşitlenmiştir.

Tablo 3. SMOTE işlemi sonrası veri seti sayısı ve sınıf dağılımı

Sınıf	Adet	Yüzde %
0	1805	20.00
1	1805	20.00
2	1805	20.00
3	1805	20.00
4	1805	20.00
Toplam	9.025	100 %

Bu eşitlemeyle veri setimizde yer alan dengesizlik sorunu çözülmüş ve Tablo 3'te görüldüğü üzere toplamda 9.025 adet görüntü ve her bir görüntüye ait 2048 adet özellik elde edilmiştir.

Böylece veri setinde yer alan 5 sınıf dağılımındaki görüntü sayıları eşitlenmiştir.



Şekil 7. SMOTE işlemi sonrası veri seti.

2.8.3 Sınıflandırma

Çalışmada performans karşılaştırması yapabilmek amacıyla; K En Yakın Komşu algoritması, Rastgele orman Algoritması ve

Ekstra Ağaçlar Algoritması ayrı ayrı uygulanmıştır. Sınıflandırma algoritmaları veri artırma yöntemiyle elde edilen veriler üzerinde çalıştırılarak model değerlendirme için 10 kat çapraz doğrulama işlemi yapılmıştır. Çalışma sonunda makine öğrenimi algoritmalarının başarı sonuçları kıyaslanarak çalışma tamamlanmıştır. 10-Katlamalı Çapraz Doğrulama (Stratified 10-Fold Cross Validation) tekniği kullanılarak doğruluk (accuracy), duyarlılık (recall), F1-Skoru (F1-Score) ve hesaplama zamanı metrikleri üzerinden değerlendirilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Sonuçlar

Sınıflandırma için kullanılan veri seti üzerinde veri artırma yöntemi kullanılarak sınıf sayıları eşitlenmiş ve ResNET-50 transfer öğrenme modeli yardımıyla veri işleme yapılmıştır. Daha sonra elde edilen 9.025 adet verinin yer aldığı yeni veri seti 10 kat çapraz doğrulama ile makine öğrenimi algoritmalarıyla eğitim ve test işlemine tabi tutularak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işlemine yönelik elde edilen bulgular Tablo 4'te gösterilmektedir.

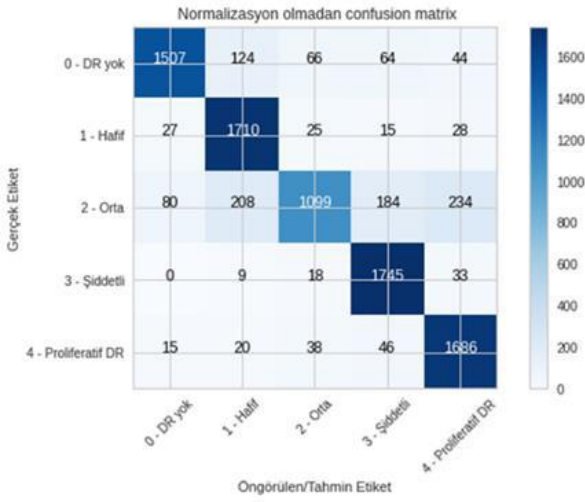
Tablo 4. Sınıflandırma işlemi yapılan algoritmalara ait sonuçlar

Derin öğrenme Modeli	Makine Öğrenmesi Algoritması (Sınıflandırıcı)	Sonuçlar		
		Doğruluk	Duyarlılık	F1-Score
ResNET-50	K En Yakın Komşu algoritması	0.86	0.86	0.85
	Rastgele orman Algoritması	0.92	0.92	0.92
	Ekstra Ağaçlar Algoritması	0.93	0.93	0.93

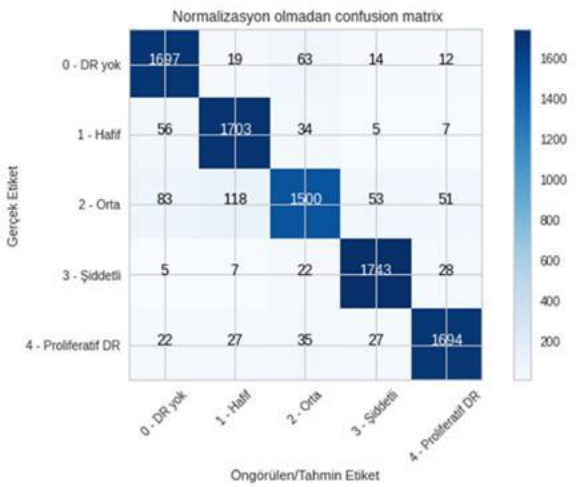
Tablo 4 incelendiğinde kullanılan yöntemler arasında yönelik olarak performans kıyaslaması yapabilmek amacıyla kullanılan makine öğrenme algoritmaları ve elde edilen sonuçları yer almaktadır.

Uygulanan algoritmalar içinde performans değerlendirme kriterlerine Ekstra Ağaçlar Algoritması %93'lük doğruluk, %93 duyarlılık ve %93'lük F1-skoru ile en başarılı sonucu yansıtmıştır.

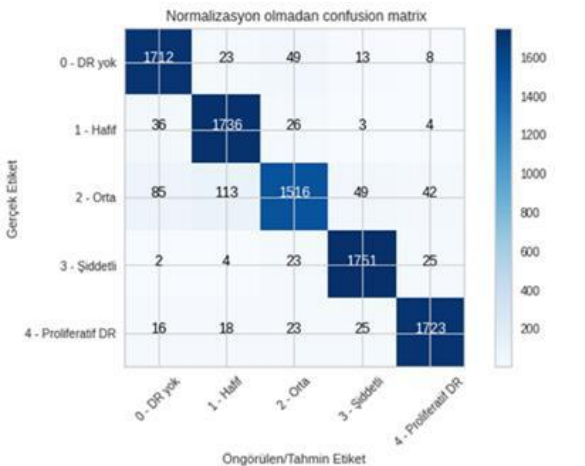
Veri seti içinde yer alan gerçek etiket değerleri ile sınıflandırma işleminde kullanılan algoritmaların uygulanması sonucunda tahminlere yönelik elde edilen etiket değerlerin yer aldığı ve başarımlar değerlendirme metriklerinin hesaplandığı karmaşıklık matrisleri Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10'da gösterilmektedir.



Şekil 8 K En yakın komşu algoritması ait karmaşıklık matrisi



Şekil 9. Rastgele orman Algoritmasına ait karmaşıklık matrisi



Şekil 10. Ekstra Ağaçlar Algoritmasına ait karmaşıklık matrisi

3.2. Tartışma

Diyabetik retinopati kan şekeriindeki dengesizliğe bağlı olarak meydana gelen görme bozukluğudur. Hastalığın tanısı manuel yöntemlerle doğru şekilde yapılamadığı için bu konuda derin öğrenme algoritmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmamızda görüntülere dayalı olarak hastalık teşhisi yapılmış ve sonuçlar raporlanmıştır. Sistemin eğitim ve test başarısını artırmak için bir transfer öğrenme modeli olan Resnet-50 e-ISSN: 2148-2683

kullanılmış olup model özellik çıkarımında destek olmuştur. Ayrıca, sınıf dengesizliği problemini ortadan kaldırmak için her bir sınıfta yer alan kayıtlar eşitlenmiş ve deneyler eşit sayıda elemanı olan sınıflar arasında yapılmıştır.

Yapılan çalışmanın sınıflandırma aşamasında üç farklı sınıflandırma algoritması kullanılarak sonuçlar 10-kat çapraz doğrulamaya göre elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre; transfer öğrenme modelinin ve veri setindeki dengesizlik probleminin çözülmesinin sınıflandırma başarısına olumlu etki ettiği görülmüştür. Sınıflandırma sonuçlar literatür seviyesinde ve üstündedir. Dolayısıyla çalışmanın motivasyonuna uygun olarak derin öğrenme yöntemlerine dayalı hastalık teşhisi yüksek doğrulukla yerine getirilmiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, diyabetik retinopati hastalığının derecelendirilmesine yönelik derin öğrenme ve makine öğreniminin birlikte kullanıldığı hibrit bir model önerilmiştir. Çalışmada kullanılan özellik çıkarımı için kullanılan ResNet-50 modeline retinaya ait 3662 adet renkli fundus görüntüsü uygulanmış ve bu görüntülere ait özellikler transfer öğrenme yöntemiyle elde edilmiştir. Çalışma sonucunda 3662 adet görüntü ve her bir görüntüye ait 2048 adet özellik elde edilmiştir. 3662 adet görüntü SMOTE yöntemi kullanarak sınıflar arasında dengesiz veri dağılımı sorunu giderilmiştir. SMOTE yönteminde yoğun olan sınıftaki eleman sayısına denk gelecek şekilde azınlık sınıftaki eleman sayısını artırma işlemi yapılmıştır. Bu teknik sonunda veri setimizdeki her bir sınıf için görüntü adedi yoğun olan sınıftaki eleman sayısı olan 1805 adet görüntüye eşitlenerek toplamda 9.025 adet veri ve her bir veriye ait 2048 adet özellik elde edilmiştir. Daha sonra bu veriler makine öğrenme algoritmalarından K en yakın komşu, Rastgele orman ve Ekstra ağaçlar Algoritmasına ayrı ayrı ait karmaşıklık matrisi ve 10 kat çapraz doğrulama işlemi uygulanarak eğitim ve test işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda algoritmaların başarı sonuçları kıyaslanmıştır. Diyabetik retinopati hastalığının şiddetine göre beş kategori 'Proliferatif', 'Şiddetli', 'Orta', 'Hafif' ve 'Diyabetik retinopati yok' sınıflandırma işlemi sonucunda %93 lük doğruluk %93 lük F1-skoru elde edilmiştir.

*Bu çalışma; ikinci yazarın danışmanlığındaki birinci yazarın Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yapmış olduğu "Evişimsel Sinir Ağları Kullanarak Diyabetik Retinopati Hastalığının Tespiti" başlıklı yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

Kaynakça

- Abbas, Q., Fondon, I., Auxiliadora Sarmiento, S., Soledad Jiménez, S., & Alemany, P. (2017). Automatic recognition of severity level for diagnosis of diabetic retinopathy using deep visual features. *Med Biol Eng Comput*, 55, 1959–1974. <https://doi.org/10.1007/s11517-017-1638-6>
- APTOS2019. (2019). *Blindness Detection*. <https://www.kaggle.com/c/aptos2019-blindness-detection/overview/aptos-2019>.
- Çavuşoğlu, Ü., & Kaçar, S. (2019). Veri Madenciliği Algoritmaları ile Yeni Bir Saldırı Tespit Sistemi Tasarımı ve Performans Analizleri. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 1–1.

- <https://doi.org/10.21541/apjes.418519>
- Coşansu, G. (2015). Diyabet: Küresel bir salgın hastalık. *Okmeydanı Tıp Dergisi*, 31(ek sayı), 1–6.
- Daş, R., Polat, B., & Tuna, G. (2019). Derin Öğrenme ile Resim ve Videolarda Nesnelerin Tanınması ve Takibi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 31(2), 571–581. <https://doi.org/10.35234/fumbd.608778>
- Date, R., Tarihi, K., & Date, A. (2018). *İzmir democracy university health sciences journal iduhs*. 13–22.
- Fernández, A., García, S., Herrera, F., & Chawla, N. V. (2018). SMOTE for Learning from Imbalanced Data: Progress and Challenges, Marking the 15-year Anniversary. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 61, 863–905. <https://doi.org/10.1613/jair.1.11192>
- Geurts, P., Ernst, D., & Wehenkel, L. (2006). Extremely randomized trees. *Mach Learn*, 63, 3–42. <https://doi.org/10.1007/s10994-006-6226-1>
- Ghosh, R., Ghosh, K., & Maitra, S. (2017). *Automatic Detection and Classification of Diabetic Retinopathy stages using CNN*. <https://www.kaggle.com/c/diabetic-retinopathy-detection/data>
- Gulshan, V., Peng, L., Coram, M., Stumpe, M. C., Wu, D., Narayanaswamy, A., Venugopalan, S., Widner, K., Madams, T., Cuadros, J., Kim, R., Raman, R., Nelson, P. C., Mega, J. L., & Webster, D. R. (2016). Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs. *JAMA*, 316(22), 2402–2410. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.17216>
- He, H., & Garcia, E. A. (2009). Learning from Imbalanced Data; Learning from Imbalanced Data. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 21. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2008.239>
- IDF. (2021). *IDF Diabetes Atlas | Tenth Edition*. <https://www.idf.org/news/240:diabetes-now-affects-one-in-10-adults-worldwide.html><https://diabetesatlas.org/atlas/tenth-edition/>
- Islam, M. R., Hasan, M. A. M., & Sayeed, A. (2020). Transfer Learning based Diabetic Retinopathy Detection with a Novel Preprocessed Layer. *2020 IEEE Region 10 Symposium, TENSYP 2020*, 888–891. <https://doi.org/10.1109/TENSYP50017.2020.9230648>
- Kashif Yaqoob, M., Farooq Ali, S., Bilal, M., Shehzad Hanif, M., Al-Saggaf, U. M., Kashif, M., Kareem, I., & Moazam Fraz, M. (2020). *ResNet Based Deep Features and Random Forest Classifier for Diabetic Retinopathy Detection † “Feature-based optimized deep residual network architecture for diabetic retinopathy detection”*. 1–6. <https://doi.org/10.3390/s21113883>
- Kızrak, M. A., & Bolat, B. (2018). Derin Öğrenme ile Kalabalık Analizi Üzerine Detaylı Bir Araştırma. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 263–286. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.419205>
- Kwasigroch, A., Jarzembinski, B., & Grochowski, M. (2018). Deep CNN based decision support system for detection and assessing the stage of diabetic retinopathy; Deep CNN based decision support system for detection and assessing the stage of diabetic retinopathy. *İçinde 2018 International Interdisciplinary PhD Workshop (IIPHDW)*. <https://doi.org/10.1109/IIPHDW.2018.8388337>
- Masood, S., Luthra, T., Sundriyal, H., & Ahmed, M. (2017). *Identification of Diabetic Retinopathy in Eye Images Using Transfer Learning*.
- Meltek, S., & Halit, Ç. (2021). *Matlab Ortamında Derin öğrenme Uygulamaları*. İksad Yayınevi.
- NEI. (2021). *Diabetic Retinopathy*. <https://www.nei.nih.gov/learn-about-eye-health/eye-conditions-and-diseases/diabetic-retinopathy>
- Özçelik, Y. B., & Altan, A. (2021). Diyabetik Retinopati Teşhisi için Fundus Görüntülerinin Derin Öğrenme Tabanlı Sınıflandırılması. *European Journal of Science and Technology*, 29, 156–167. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1011806>
- Pratt, H., Coenen, F., Broadbent, D. M., Harding, S. P., & Zheng, Y. (2016). Convolutional Neural Networks for Diabetic Retinopathy. *Procedia Computer Science*, 90(July), 200–205. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.014>
- Pulat, M., & Kocakoç, İ. D. (2021). Türkiye’de Makine Öğrenmesi ve Karar Ağaçları Alanında Yayınlanmış Tezlerin Bibliyometrik Analizi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F YÖNETİM VE EKONOMİ*, 28(2), 287–308.
- Qummar, S., Khan, F. G., Shah, S., Khan, A., Shamshirband, S., Rehman, Z. U., Khan, I. A., & Jadoon, W. (2019). A Deep Learning Ensemble Approach for Diabetic Retinopathy Detection. *IEEE Access*, 7. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2947484>
- Rastogi, A. (2022). *Resnet50*. <https://blog.devgenius.io/resnet50-6b42934db431>
- Ribani, R., & Marengoni, M. (2019). A Survey of Transfer Learning for Convolutional Neural Networks. *Proceedings - 32nd Conference on Graphics, Patterns and Images Tutorials, SIBGRABI-T 2019*, 47–57. <https://doi.org/10.1109/SIBGRABI-T.2019.00010>
- Şeker, A., Diri, B., & Balık, H. H. (2017). Derin Öğrenme Yöntemleri ve Uygulamaları Hakkında Bir İnceleme. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(3), 47–64. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/394923>
- Shaban, M., Ogur, Z., Mahmoud, A., Switala, A., Shalaby, A., Khalifeh, H. A., Ghazal, M., Fraiwanid, L., Giridharan, G., Sandhu, H., & El-Bazid, A. S. (2020). *A convolutional neural network for the screening and staging of diabetic retinopathy*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233514>
- Shanthi, T., & Sabeenian, R. S. (2019). Modified Alexnet architecture for classification of diabetic retinopathy images. *Computers and Electrical Engineering*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2019.03.004>
- Sibel, İ. (2014). Diyabetik Retinopati ve Etiyopatogenezi. *Kocatepe Tıp Dergisi*, 15(2), 207–217.
- Takcı. (2020). *TEORİ VE UYGULAMADA VERİ MADENCİLİĞİ*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Taufiqurrahman, S., Handayani, A., Hermanto, B. R., & Mengko, T. L. E. R. (2020). Diabetic Retinopathy Classification Using A Hybrid and Efficient MobileNetV2-SVM Model. *IEEE Region 10 Annual International Conference, Proceedings/TENCON, 2020-Novem*, 235–240. <https://doi.org/10.1109/TENCON50793.2020.9293739>
- TEMĐ. (2020). *Diabetes Mellitus Ve Komplikasyonlarının Tanı, Tedavi Ve İzlem Kılavuzu (2020). 14. Baskı (Çevrimiçi Yayın) : 25 Haziran 2020*.
- TÜRKĐAB. (2019). *Diyabet Tanı ve Tedavi Rehberi*.
- Veranyurt, Ü., Deveci, A. F., & Esen, M. F. (2020). MAKİNE ÖĞRENMESİ TEKNİKLERİYLE HASTALIK SINIFLANDIRMASI: RANDOM FOREST, K-NEAREST NEIGHBOUR VE ADABOOST ALGORİTMALARI UYGULAMASI DISEASE CLASSIFICATION BY MACHINE LEARNING TECHNIQUES: RANDOM FOREST, K-NEAREST NEIGHBOR AND ADABOOST ALGORITHMS APPLICATIONS. *Usaysad Derg*, 6(2),

275–286. <http://dergipark.gov.tr/usaysad>

- WHO. (2021). *Diabetes*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>
- Yalcin, N., Alver, S., & Uluhatun, N. (2018). Classification of retinal images with deep learning for early detection of diabetic retinopathy disease. *26th IEEE Signal Processing and Communications Applications Conference, SIU 2018*.



The Identification of Red-Meat Types using The Fine-Tuned Vision Transformer and MobileNet Models

Nagham Alhawas ^{1*}, Zekeriya Tüfekci ²

^{1*} Çukurova University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Adana, Turkey, (ORCID: 0000-0002-7407-1392), nagham_hs@hotmail.com

² Çukurova University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Adana, Turkey, (ORCID: 0000-0001-7835-2741), ztufekci@cu.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1112892)

ATIF/REFERENCE: Alhawas, N. & Tüfekci, Z. (2022). The Identification of Red-Meat Types using The Fine-Tuned Vision Transformer and MobileNet Models. *European Journal of Science and Technology*, (36), 237-242.

Abstract

For reasons related to poverty or lack of quality control over food in some countries of the world, there is still food adulteration. Low-cost meats such as donkey or pork are marketed as lamb or beef. This is morally dangerous but may be more dangerous for some people who are allergic to certain types of meat or who have religious reservations. With the rapid development of artificial intelligence techniques, it is possible to build a model capable of differentiating between different types of meat. This study aims to build a model capable of differentiating between different types of red meat. It also aims to compare performance between the very state of art CNN in computer vision with the transformer architecture. For this goal, a limited dataset from an online repository was obtained. The dataset contains RGB images of beef, horse, and pork meats. The images were processed, and various data augmentation techniques were applied. Then vision transformer ViT and mobile net models with and without fine-tuning were built. To measure the models' behavior, several performance evaluation criteria were applied. The best testing accuracy is 97% achieved by the fine-tuned ViT model. This study showed the effectiveness of applying the transformer architecture and especially the fine-tuned ViT model in the areas of image classification even on a limited dataset.

Keywords: Computer vision, , fine-tuning, Vision Transformer, ViT, mobilenet.

İnce Ayarlı Görüntü Transformatörü ve MobileNet Modelleri Kullanılarak Kırmızı Et Türlerinin Belirlenmesi

Öz

Dünyanın bazı ülkelerinde yoksulluk veya gıda üzerinde kalite kontrolünün olmaması ile ilgili nedenlerden dolayı, hala gıda tağşişi var. Eşek veya domuz eti gibi düşük maliyetli etler kuzu veya sığır eti olarak pazarlanmaktadır. Bu ahlaki açıdan tehlikelidir, ancak belirli et türlerine alerjisi olan veya dini çekinceleri olan bazı kişiler için daha tehlikeli olabilir. Yapay zeka tekniklerinin hızla gelişmesiyle farklı et türleri arasında ayırım yapabilen bir model oluşturmak mümkün. Bu çalışma, farklı kırmızı et türleri arasında ayırım yapabilen bir model oluşturmayı amaçlamaktadır. Aynı zamanda, bilgisayarlı görü alanındaki en son teknoloji CNN ile transformatör mimarisi arasındaki performansı karşılaştırmayı da amaçlamaktadır. Bu amaç için, çevrimiçi bir depodan sınırlı bir veri seti elde edildi. Veri seti sığır, at ve domuz etlerinin RGB görüntülerini içermektedir. Görüntüler işlendi ve çeşitli veri büyütme teknikleri uygulandı. Daha sonra ince ayarlı ve ayarsız görüntü dönüştürücü ViT ve mobil ağ modelleri üretildi. Modellerin davranışını ölçmek için çeşitli performans değerlendirme kriterleri uygulandı. En iyi test doğruluğu, ince ayarlı ViT modeli tarafından elde edilen %97'dir. Bu çalışma, dönüştürücü mimarisinin ve özellikle ince ayarlı ViT modelinin sınırlı bir veri setinde bile görüntü sınıflandırma alanlarında uygulanmasının etkinliğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayarla görme, ince ayar, Vision Transformer, ViT, mobilenet.

* Corresponding Author: nagham_hs@hotmail.com

1. Introduction

Around the world and throughout history, red meat has been a staple of human diets. The United States Department of Agriculture claims that all mammalian meats are classified as red meats because they contain higher myoglobin (Wikimedia Foundation, 2022). There are many types of red meat, such as beef, goat, pork, and others. With the diversity of red meat, there are concerns about identifying the types of red meat on the market. These phobias are frequently founded on religious beliefs, but they may simply be a result of a desire to avoid meat fraud. It's possible that what's on the label isn't what you're getting. So, the detection of food adulteration is important. Low-cost meats such as donkey or pig are marketed as lamb or beef in some countries, particularly those with insufficient meat quality control. This fraud is intended in foods. In another scenario, some Muslims living in countries where pork is sold may not be able to inquire or differentiate between the two types of meat. This distinction between varieties of red meat is significant to them since eating pig is prohibited by the Islamic religion, as well as several Christian and Jewish groups. Fortunately, by using various artificial intelligence approaches and leveraging technological advancements, it is now feasible to recognize the sort of red meat by merely snapping a picture of it at the store.

In (GC et al., 2021), researchers in United States used deep learning neural network for the classification of seven different beef cuts. As training, validation, and testing data, 1,113 beef cut colored photos gathered from google were utilized. The study used VGG16 and ResNet v2 to classify the beef cut images. The VGG16 shows better performance and scored 98.6% on 116 test images whereas ResNet achieved 95.7% testing accuracy.

In (Huang & Gu, 2022), the study used electronic nose data to extract number of features from a multichannel input matrix. The study presents a framework based on one dimensional CNN and random forest regressor for the quantitative identification of pork-added beef.

In (Asmara et al., 2018), the RGB and GLCM properties of a backpropagation neural network utilized to identify beef and pig flesh. The system's classification accuracy is 89.57 %.

(Fitrianto & Sartono, n.d.) build CNN model to classify two types of red meat, the beef and pork. The study uses 2550 data as training data, and 450 for testing. The highest accuracy achieved by the model is 97.5%.

Adulteration of red meat is a worldwide issue that affects private sector integrity and threatens those with food allergy or religious convictions. In this study we aim to utilize recent sophisticated artificial intelligence techniques to help in the identification between three different 3000 images of meat types. Also, this study presents a comparison study between the performance of vision transformer ViT and mobile Net models in the image classification on small dataset.

2. Material and Method

The dataset and methodology used in this study are presented in the following sections.

2.1. Dataset

A public repository was used to obtain the imagery dataset (IQBAL AGISTANY, 2022). This dataset was released in February 2022 and has not yet been examined. It contains 365 RGB images for three red meat classes: horse, beef, and pork. Figure 1 shows samples of the images in the dataset.



Figure 1 Samples from the Imagery Dataset

The dataset relatively small which present a real challenge for training deep learning model.

2.2. Methodology

Vision Transformer and MobileNet Models are used in the proposed methodology to develop a robust classifier that can distinguish between different varieties of red meat.

2.2.1 Vision Transformer ViT

The ViT model for vision task was first introduced in 2021 as a research paper at the ICLR 2021 conference (Dosovitskiy et al., 2020). The model appeared in 2022 as a good alternative and competitive to convolutional neural networks, which consider the state-of-art in computer vision (Zhou et al., 2021). The use of the ViT model in image classification tasks is very successful in the last two years and according to ImageNet competition in 2022, ViT is ranked as the best model for image classification tasks with 90.94% model accuracy and 1843M parameter and it takes 2.5k TPUv3-days. Figure 2 shows these results for all models. For this success in vision tasks, we decide to use the fine-tuned ViT which was trained on the ImageNet dataset.

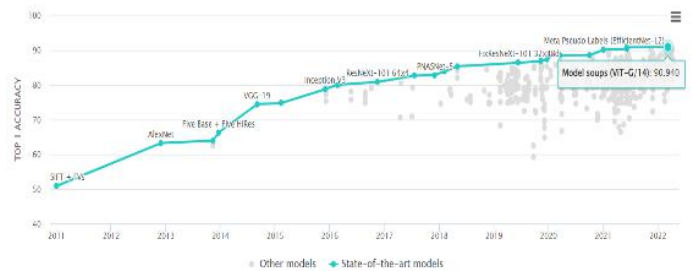


Figure 2 Leader dashboard in Image Classification on ImageNet (paperswithcode, 2022)

Without employing convolution layers, the ViT method utilizes the Transformer architecture for sequences of image patches. First the images in the dataset should be split into fixed sizes (patches). It creates lower-dimensional linear embeddings from these flattened image patches after flattening them. It uses a state-of-the-art transformer encoder to input the sequence. The

overall architecture for the ViT model is shown in Figure 3.

Table 1 Project's software and hardware parameters

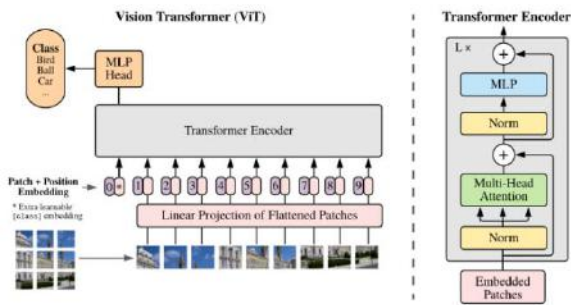


Figure 3 The Overall architecture of ViT model (Dosovitskiy et al., 2020)

Hardware / software	Parameter
Operating System	Windows 11 pro x 64
CPU	11th Gen Intel® Core™
GPU	NVIDIA GeForce RTX
Programming language	Python
IDE	Jupyter
Deep learning library	TensorFlow

2.2.2 MobileNet

In CVPR 2017, a group of Google engineers released MobileNet which is known as a lightweight model. Apart from the first layer, which is a full convolutional layer, it is also known as Depth wise Separable Convolution Network since it serves as the network's main building block. The network executes a single convolution on each RGB input channel independently, using the mean of depth-wise and pointwise convolutions. Unlike previous models that filter, and merge data based on convolutional kernels in one step to build a new representation, the MobileNet filters and combines data in two distinct stages (Howard et al., 2017). The summary of the mobileNet layers architecture is shown in Figure 4.

Type / Stride	Filter Shape	Input Size
Conv / s2	3 × 3 × 3 × 32	224 × 224 × 3
Conv dw / s1	3 × 3 × 32 dw	112 × 112 × 32
Conv / s1	1 × 1 × 32 × 64	112 × 112 × 32
Conv dw / s2	3 × 3 × 64 dw	112 × 112 × 64
Conv / s1	1 × 1 × 64 × 128	56 × 56 × 64
Conv dw / s1	3 × 3 × 128 dw	56 × 56 × 128
Conv / s1	1 × 1 × 128 × 128	56 × 56 × 128
Conv dw / s2	3 × 3 × 128 dw	56 × 56 × 128
Conv / s1	1 × 1 × 128 × 256	28 × 28 × 128
Conv dw / s1	3 × 3 × 256 dw	28 × 28 × 256
Conv / s1	1 × 1 × 256 × 256	28 × 28 × 256
Conv dw / s2	3 × 3 × 256 dw	28 × 28 × 256
Conv / s1	1 × 1 × 256 × 512	14 × 14 × 256
5 × Conv dw / s1	3 × 3 × 512 dw	14 × 14 × 512
Conv / s1	1 × 1 × 512 × 512	14 × 14 × 512
Conv dw / s2	3 × 3 × 512 dw	14 × 14 × 512
Conv / s1	1 × 1 × 512 × 1024	7 × 7 × 512
Conv dw / s2	3 × 3 × 1024 dw	7 × 7 × 1024
Conv / s1	1 × 1 × 1024 × 1024	7 × 7 × 1024
Avg Pool / s1	Pool 7 × 7	7 × 7 × 1024
FC / s1	1024 × 1000	1 × 1 × 1024
Softmax / s1	Classifier	1 × 1 × 1000

Figure 4 The Summary of MobileNet model (Howard et al., 2017)

The deep learning model's performance may be judged better with a larger dataset. Because we have a limited dataset, the transfer learning and fine-tuning strategy is used, which is the most popular deep learning trick when dealing with a limited dataset. It makes use of prior knowledge while freezing some layers and training the last layers with a low learning rate to adjust the model to the new role.

2.3. Experiments

As discussed in the methodology section, ViT model and MobileNet models were used. Even though the dataset is considered limited, the experiments on the two models were applied with and without fine-tuning to see the differences in performance. The software and hardware configuration that were used to complete the project's experiments is shown in Hata! Başyuru kaynağı bulunamadı..

The dataset is split into training, validation, and testing. The training set contains 335 images and 30 images of testing. The validation data is separated from training data with validation_split () fraction equal to 0.1. Figure 5 shows the total images for training per class.

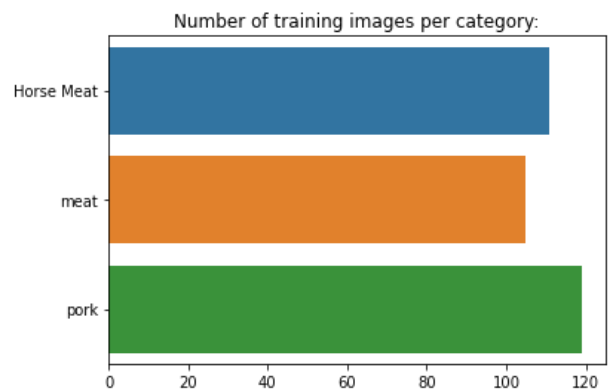


Figure 5 The number of the training images per category

Data augmentation techniques such as pixels normalization, zooming, and rotating were used to increase the number of images to avoid the model's overfitting (Kaur et al., 2021). The training details and evaluation matrices are done as follows:

2.3.1. The Models' Training Details

2.3.1.1. Building and training ViT Model

Even though we are interested in the fine-tuned ViT model, a ViT model without fine-tuning was built from scratch as well to compare the performance of both. For the simple ViT model, the hyperparameter of the model were all configured precisely. The images were resized to 72×72 and the projection dimension is 64. The transformer layer size was configured as 2× projection dimensions. After that, the multilayer perceptron was implemented with two layers with Gaussian Error Linear Unit (GELU). ViT model uses the transformer architecture with self-attention layer to represent the input image as sequence of patches to perform on it. Patch layer is implemented with 6 X 6 patch size, 144 patches per image, and 108 elements per patches. The result of visualizing one image under this consideration is shown in Figure 6.

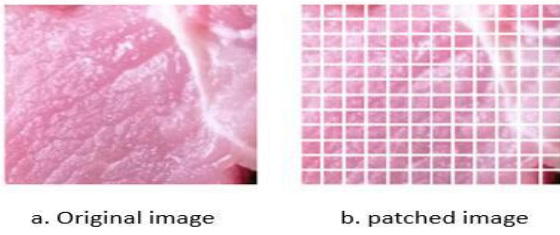


Figure 6 Sample result of using the patch layer

Then the patch encoder layer was implemented, which will linearly transform a patch into a vector equal to the size of projection dimension that was sited before and add a learnable position embedding to it. Finally, the ViT model were built with multiple transformer blocks with SoftMax to produce the final probabilities output the model was trained with 100 epochs.

For the fine-tuned model, the vit_b32 model from vit_keras was loaded without including the top with SoftMax as activation function and the image size set to 224 x 224 (Andreas Steiner, 2022). One of the fundamental components of transformers is attention, especially self-attention. It's a computational primitive that helps a network understand the hierarchies and alignments found in input data by quantifying paired entity interactions (Gaudenz Boesch, 2022). Figure 7 shows the result of visualizing the attention maps for two test sample images.

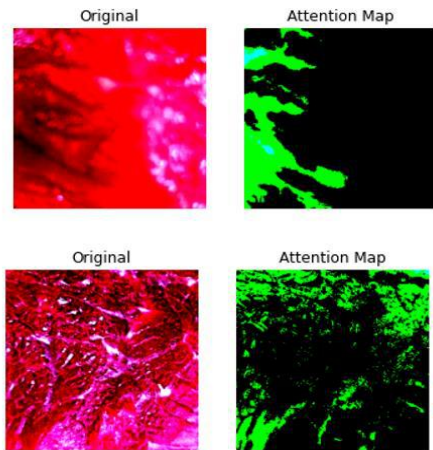


Figure 7 Visualization of attention map for test images

Then the fine tuned ViT model is built with the retained weights on imagenet data set. The model compiled with learning rate is 1 x 10⁻⁴, Rectified Adam as an optimizer, and number of epochs equal 100. Figure 8 shows the full summary of the fine-tuned model.

Layer (type)	Output Shape	Param #
vit_b32 (Functional)	(None, 768)	87455232
flatten_11 (Flatten)	(none, 768)	0
batch_normalization_6 (Batch Normalization)	(None, 768)	3072
dense_73 (Dense)	(None, 11)	8459
batch_normalization_7 (Batch Normalization)	(None, 11)	44
dense_74 (Dense)	(None, 3)	36

Total params: 87,465,843		
Trainable params: 87,465,285		
Non-trainable params: 1,558		

Figure 8 The fine-tuned ViT model summary

2.3.1.2. Building and Training Mobile Net Model

The image tensors were processed with the mobile pre-processing function to be fed to the model. The pretrained mobile net model is loaded with image net weights and the last layers were cut off and re-trained with small learning rate with Adam as an optimizer. The total number of parameters is 3,231,939 and only 1,860,099 trainable parameters. This is the fine-tuned version of the mobilenet model, however, the model without fine tuning were used which means all the 3,231,939 parameters were set as trainable and without any pretrained weights. This is done to compare the performance of each case.

2.3.2. Evaluation Matrices

Different performance assessment matrices are utilized to assess each model's performance. Model accuracy is defined as the number of classifications a model correctly predicts divided by the total number of predictions. The precision is a percentage of relevant instances (true positives) among all the examples expected to belong to a particular class. The recall is defined as the percentage of instances predicted to belong to a class divided by the total number of examples that belong to that class. The equations used to measure the accuracy, precision, recall, and f1 equations are illustrated in 2,3,4,5 Eq. The testing data's confusion matrix is plotted for the two models. The Confusion Matrix is a statistic that describes the prediction performance of a machine learning model. Knowing the difference between true positives, false positives, true negatives, and false negatives is very helpful to understand the model's performance. The analogy of the used confusion matrix is shown in Figure 9. The time taken for each model to complete the training phase is measured to compare the performance of each one. As a final performance measurement, the model accuracy and loss during the training phase were plotted.

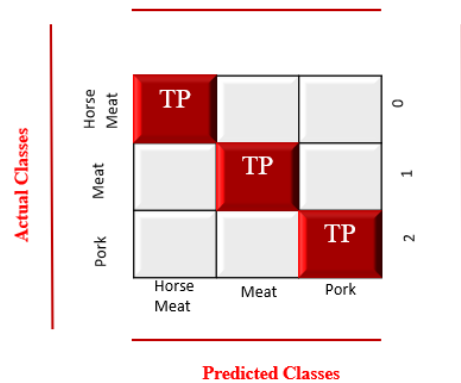


Figure 9 Confusion Matrix for the three classes

$$Accuracy = \frac{\text{correct predictions}}{\text{all predictions}} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$Precision = \frac{\text{true positives}}{\text{true positives} + \text{false positives}} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$Recall = \frac{\text{True positives}}{\text{true positives} + \text{false positives}} \quad (\text{Eq.4})$$

$$F1 = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}} \quad (\text{Eq. 5})$$

3. Results

Using advanced techniques, two main experiments were used to classify the three red meat classes. The same software and hardware setups were utilized in all experiments, as shown in **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı..** Distinguishing beef, horse, and pork cuts meat can be a delicate process even using the naked eye. Therefore, the challenge to obtain the most accurate distinction classifier between the three types is the criterion for the success of this study. As we mentioned in the previous section, the ViT model was built from scratch, and on the side, the Fine-Tuned ViT model was used and built. As for the ViT model that was built from scratch, it took 14:13 minutes for to train the model with 100 epochs. This model achieved 97.67% training accuracy, 91.18% for validation, and 83.3% testing accuracy. While the fine-tuned ViT model took about 2 hours to train the model with 100 epochs. The model gives extremely better performance than the ViT model without fine-tuning. It scored 100% accuracy for training and validation. For testing the model scores 97%. It was noticeable that the performance of the fine-tuned ViT model did not improve after the 68 epochs, and the Accuracy remained conservative and stable at 100%. With an early stop, the training could have been stopped, but we wanted to compare the performance of all models with the 100 epochs. The confusion matrix for the fine-tuned ViT model on testing image samples of the three classes is shown in Figure 10. When looking at these results, only one of the other ten images of beef was misclassified as pork, which is an acceptable amount of error.

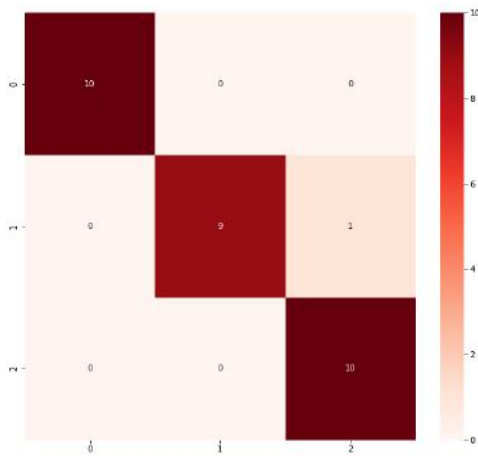


Figure 10 The confusion matrix of the fine-tuned ViT model

The full classification report for the fine-tuned ViT model is illustrated in Figure 11.

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	1.00	1.00	10
1	1.00	0.90	0.95	10
2	0.91	1.00	0.95	10
accuracy			0.97	30
macro avg	0.97	0.97	0.97	30
weighted avg	0.97	0.97	0.97	30

Figure 11 Classification results for the fine-tuned ViT model

On the other hand, the result of mobilenet model without fine tuning was not good enough to rely on the model. The model took 25:52 minute for training stage and scored 99% for training

accuracy and 100% for validation. However, the model achieved fail in testing and give 33% accuracy which indicate overfitting. While the fine-tuned mobilenet gives better performance it took 11:15 minute to achieve 100% for training and validation accuracy. Also, it's clear that the accuracy didn't change after the 90th epoch and remain 100% for training and validation as shown in Figure 12.

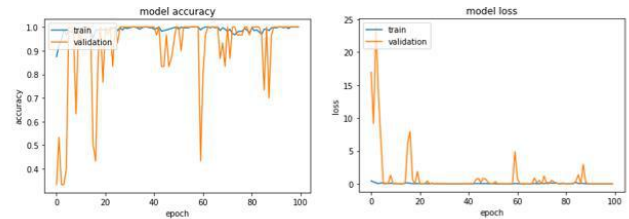


Figure 12 The Fine-tuned mobilenet model training accuracy and loss

The model scored 83% for testing accuracy. The confusion matrix of the model on the tree classes for the testing samples is shown in Figure 13.

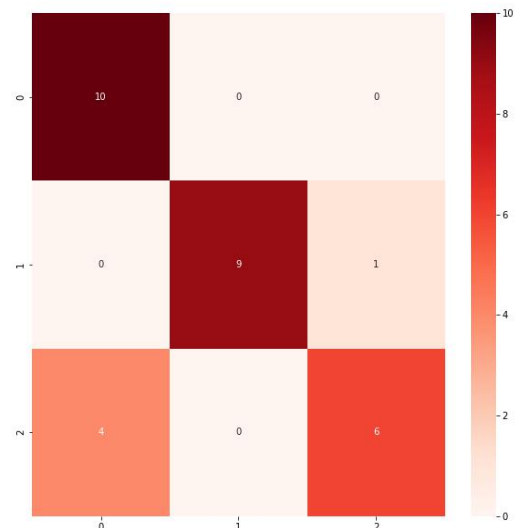


Figure 13 Confusion matrix of fine-tuned mobilenet

The complete classification results of the fine-tuned mobilenet model are shown in Figure 14.

	precision	recall	f1-score	support
0	0.71	1.00	0.83	10
1	1.00	0.90	0.95	10
2	0.86	0.60	0.71	10
accuracy			0.83	30
macro avg	0.86	0.83	0.83	30
weighted avg	0.86	0.83	0.83	30

Figure 14 classification results for the fine-tuned mobilenet model

4. Discussion

The results of the conducted experiments to classify 3 different types of red meat types showed that the study achieved its goals. Two fine-tuned classifiers ViT and mobilenet models were built. These experiments were preceded by the build of the

same two classifiers without fine-tuning. However, the results showed that the use of both classifiers without fine-tuning led to overfitting and so, the models fail to learn on the test data. This is not surprising for us since we have a limited dataset. Therefore, in cooperating fine-tuning with ViT and mobilenet models gives better performance. The fine-tuned ViT model achieved better performance than fine-tuned mobilenet. It scored 97% for testing whereas the fine-tuned mobilenet achieved 83.3%. No doubt fine-tuned ViT model took longer time for training compared to the fine-tuned mobilenet model. There is a huge difference between the number of parameters in both models. The fine-tuned ViT model has 87,465,285 trainable parameters whereas the fine-tuned mobilenet has 1,860,099 trainable parameters and this difference to an expected difference in the time required to train each model. However, it was enough for half of 100 epochs to reach the same result for ViT model, but this is not the case for the fine-tuned mobilenet model. The results comparison between the two fine-tuned models with 100 epochs is shown in Table 2.

Table 2 The result of fine-tuned ViT and mobilenet models

Model	Training accuracy	validation accuracy	Testing accuracy	time
Fine-tuned Vit	100%	100%	97%	2:50 h
Fine-tuned mobilenet	100%	100%	83%	11:15m

The Experiences have shown that vision transformer architecture, in the fine-tuned model is indeed a model that competes with CNN in the field of computer vision and could perform even better.

5. Conclusion

Some stores located in some poor countries or those suffering from wars or others, resort to selling pork as beef for the cheaper price of the former compared to the latter. In some religions, there are some types of red meat that are forbidden to their adherents. In one way or another, determining the type of meat displayed in stores is considered a matter that contributes to food security and enhances the credibility of sellers. After the great development in computer vision techniques and artificial intelligence, it became possible to create a program that enables users to determine the types of meat displayed by taking a picture of the meat only. In this study, we constructed fine-tuned ViT model to differentiate between beef, horse, and pork. The classifier achieved 97% testing accuracy despite the small and limited dataset. This model can be used for study reasons or to make applications to differentiate between types of meat for religious, health, or ethical reasons related to consumer food security.

References

Andreas Steiner. (2022). *Vision Transformer and MLP-Mixer Architectures*. https://github.com/google-research/vision_transformer.
 Asmara, R. A., Romario, R., Batubulan, K. S., Rohadi, E., Siradjuddin, I., Ronilaya, F., Ariyanto, R., Rahmad, C.,

& Rahutomo, F. (2018). Classification of pork and beef meat images using extraction of color and texture feature by Grey Level Co-Occurrence Matrix method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 434(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/434/1/012072>
 Dosovitskiy, A., Beyer, L., Kolesnikov, A., Weissenborn, D., Zhai, X., Unterthiner, T., Dehghani, M., Minderer, M., Heigold, G., Gelly, S., Uszkoreit, J., & Houlsby, N. (2020). *An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale*. <http://arxiv.org/abs/2010.11929>
 Fitrianto, A., & Sartono, B. (n.d.). *International journal of science, engineering, and information technology Image Classification of Beef and Pork Using Convolutional Neural Network in Keras Framework*. <https://journal.trunojoyo.ac.id/ijseit>
 Gaudenz Boesch. (2022). *Vision Transformers (ViT) in Image Recognition – 2022 Guide*. <https://viso.ai/deep-learning/vision-transformer-vit/>.
 GC, S., Saidul Md, B., Zhang, Y., Reed, D., Ahsan, M., Berg, E., & Sun, X. (2021). Using Deep Learning Neural Network in Artificial Intelligence Technology to Classify Beef Cuts. *Frontiers in Sensors*, 2. <https://doi.org/10.3389/fsens.2021.654357>
 Howard, A. G., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T., Andreetto, M., & Adam, H. (2017). *MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications*. <http://arxiv.org/abs/1704.04861>
 Huang, C., & Gu, Y. (2022). A Machine Learning Method for the Quantitative Detection of Adulterated Meat Using a MOS-Based E-Nose. *Foods*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/foods11040602>
 IQBAL AGISTANY. (2022, February). *Pork, Meat, and Horse Meat Dataset*. <https://www.kaggle.com/datasets/iqbalagistany/pork-meat-and-horse-meat-dataset>.
 Kaur, P., Khehra, B. S., & Mavi, Er. B. S. (2021). Data Augmentation for Object Detection: A Review. *2021 IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)*, 537–543. <https://doi.org/10.1109/MWSCAS47672.2021.9531849>
 paperswithcode. (2022, March 2). *Image Classification on ImageNet*. <https://paperswithcode.com/sota/image-classification-on-imagenet?P=centroid-Transformers-Learning-to-Abstract>.
 Wikimedia Foundation. (2022, March 3). *Red meat*. https://en.wikipedia.org/wiki/Red_meat.
 Zhou, D., Kang, B., Jin, X., Yang, L., Lian, X., Jiang, Z., Hou, Q., & Feng, J. (2021). *DeepViT: Towards Deeper Vision Transformer*. <http://arxiv.org/abs/2103.11886>



Dizel Enjektör Yakıt Deliğinin Aşındırıcı Akış ile İşlenmesi (AFM) Sonrası Kalıntı Macundan Temizlenmesine Yönelik Makinenin Geliştirilmesinde Kullanılacak Kompakt Isı Eşanjörü Tasarım Analizi

Alp Büyükbayraktar¹, Hasan Melih Kınagu², İbrahim Altın³, Abdurrahman Alper Özalp⁴, Elif Büyük Ögüt^{5*}, Nezih Kamil Salihoğlu⁶, Gülçin Deniz⁷, Semih Alan⁸, Ahmet Gökhan Poyraz⁹, Mehmet Atak¹⁰, Serhat Ekmekçi¹¹, Gülcan Uludağ Mutaf¹²

¹ Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7344-0694), alp23bbayraktar@gmail.com

² Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0594-4927), melihkinagu@hotmail.com

³ Doğu Pres Otomotiv ve Teknik Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7017-2607), ibrahimaltin@dogupres.com

⁴ Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4976-9027), aozalp@uludag.edu.tr

^{5*} Kocaeli Üniversitesi, Hereke Asım Kocabıyık MYO, Makine ve Metal Tek. Bölümü, Kocaeli, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5647-4040), elif.ogut@kocaeli.edu.tr

⁶ Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7730-776X), nkamils@uludag.edu.tr

⁷ Doğu Pres Otomotiv ve Teknik Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9724-7717), gulcindeniz@dogupres.com

⁸ Doğu Pres Otomotiv ve Teknik Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bursa, Türkiye (ORCID:0000-0001-7792-9377), semihalan@dogupres.com

⁹ Doğu Pres Otomotiv ve Teknik Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2369-8814), gokhanpoyraz@dogupres.com

¹⁰ Doğu Pres Otomotiv ve Teknik Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1558-3379), mehmetatak@dogupres.com

¹¹ Doğu Pres Otomotiv ve Teknik Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3887-8647), serhatekmekci@dogupres.com

¹² Doğu Pres Otomotiv ve Teknik Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2876-462X), gulcanuludag@dogupres.com

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1113144)

ATIF/REFERENCE:, Büyükbayraktar, A., Kınagu, H.M., Altın İ., Özalp, A.A., Ögüt, E.B, Salihoğlu N.K., Deniz, G. Alan S., Poyraz A.G., Atak M., Ekmekçi, S. & Mutaf, G.U., (2022) Dizel Enjektör Yakıt Deliğinin Aşındırıcı Akış ile İşlenmesi (AFM) Sonrası Kalıntı Macundan Temizlenmesine Yönelik Makinenin Geliştirilmesinde Kullanılacak Kompakt Isı Eşanjörü Tasarım Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 243-254.

Öz

AFM prosesi sonrasında enjektör gövdesi, yakıt deliğinde kalıntı halde bulunan AFM macununun delikten uzaklaştırılması, bu macunun toplanması suretiyle yeniden kullanımı, bununla birlikte 250 mikron ile 500 mikron arasındaki kalıntı partikül sayısını azaltmak suretiyle temizlik kriterlerini karşılayacak nitelikte yakıt deliğinin temizlenmesine yönelik bir temizlik prosesi geliştirilmesi üzerine şekillenmiştir. Mevcut durumda, parçanın ilgili temizlik kriterini sağlaması için uzun ve yüksek maliyetli genel yıkama işlemi yürütülmekte olup, buna rağmen temizlik kriteri zorlukla sağlanabilmektedir. Temizlik konusunda karşılaşılabilecek muhtemel problemler çalışmadan elde edilecek bulgular sayesinde, tasarım ve analiz aşamasında öngörülerek önlenmesi hedefiyle kurgulanmıştır. Kompakt ısı eşanjörü etkinliğinin irdelenerek çözücü akışkanın etkinliğinin irdelenmesine yönelik yürütülen deneysel tasarımlarda Taguchi yönteminden faydalanılması uygun görülmüş ve toplamda 8 farklı Kompakt ısı eşanjörünün deneysel tasarım ve analizlerinden çözücü akışkan olan Contox SLF adlı akışkanın optimum boru içerisindeki boru çıkış sıcaklığı minimum enerji tüketimi göz önüne alınarak tayin edilmiştir. Ayrıca Ansys Fluent paket programı üzerinde, enjektör gövdesi yakıt deliğinin iki boyutlu modeli kullanılarak tek fazlı bir akış analizi yürütülmüştür. Elde edilen veriler, delik içi akış karakteristiğinin ve ağ yapısının oluşturulması için girdi teşkil etmiştir. Sürekli rejimde çözücü uygulaması ile hassas temizlik prosesi geliştirme çalışmalarında Taguchi yöntemi ile tasarlanan kompakt ısı eşanjörlerinin etkinlikleri hesaplanarak, çözücü akışkanın boru içerisindeki ısı, basınç ve hız davranışları incelenmiştir. Çözücü akışkanın boru içerisine giriş hızı ve kompakt ısı eşanjörüne verilen yüzey ısı akıları hesaplanıp, çözücü akışkanın boru çıkış sıcaklığı tespit edilmiştir. Tasarlanan Kompakt ısı eşanjörleri çözücü akışkanın kritik sıcaklığına olan etkisi kontrol edilmiş olup tasarımdaki parametrelerin etkisi irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kompakt Isı Eşanjörü, AFM Prosesi, Contox SLF, Taguchi Yöntemi, Ansys Fluent.

Design Analysis of a Compact Heat Exchanger to be Used in the Development of a Machine for Cleaning the Diesel Injector Fuel Hole from Residue Paste after Abrasive Flow Treatment (AFM)

Abstract

After the AFM process, the injector body has been shaped on the development of a cleaning process for the cleaning of the fuel hole, which will meet the cleaning criteria by removing the AFM paste remaining in the fuel hole from the hole, collecting this paste and reusing it, along with reducing the number of residual particles between 250 microns and 500 microns. . In the current situation, a long and costly general washing process is carried out in order for the part to meet the relevant cleaning criterion, although the cleaning criterion can be met with difficulty. Possible problems in cleaning were designed with the aim of preventing them by foreseeing them in the design and analysis phase, thanks to the findings obtained from the study. In the experimental designs carried out to examine the efficiency of the solvent fluid by examining the efficiency of the compact heat exchanger, it was deemed appropriate to use the Taguchi method and from the experimental designs and analyzes of 8 different compact heat exchangers in total, the pipe outlet temperature of the solvent fluid Contox SLF in the optimum pipe was determined by considering the minimum energy consumption. . In addition, a single-phase flow analysis was carried out using the two-dimensional model of the injector body fuel hole on the Ansys Fluent package program. The obtained data provided input for the formation of the in-hole flow characteristic and the network structure. The efficiency of compact heat exchangers designed with the Taguchi method in the development of sensitive cleaning process with solvent application in continuous regime was calculated and the heat, pressure and velocity behaviors of the solvent fluid in the pipe were investigated. The inlet velocity of the solvent fluid into the pipe and the surface heat fluxes given to the compact heat exchanger were calculated, and the pipe outlet temperature of the solvent fluid was determined. The effect of the designed compact heat exchangers on the critical temperature of the solvent fluid has been checked and the effect of the parameters in the design has been examined.

Keywords: Compact Heat Exchanger, AFM Process, Contox SLF, Taguchi Method, Ansys Fluent.

1. Giriş

Isı eşanjörleri santral, klima, petrokimya endüstrisi, soğutma, proses endüstrisi, güneş enerjili su ısıtıcı, kimyasal reaktörler ve nükleer reaktör gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Isı eşanjörlerinin ısı transfer performansının artırılması enerji tasarrufu sağlayabilir, işlem süresini kısaltabilir, termal performansı iyileştirebilir ve çalışma ömrünü uzatabilir. Isı transfer uygulamaları için yüksek performanslı termal sistemlere olan talebe bağlı olarak, bu sistemlerin ısı transfer davranışına ilişkin pratik uygulamaları için ısı transfer verimliliğine yönelik çalışmalar yapılmakta ve yöntemler geliştirilmektedir. özellikle binalar, endüstriler ve otomotivlerdeki uygulamalar için, optimum ısı eşanjörü tasarımı, enerji tasarrufu açısından minimum pompalama gücü (yani minimum basınç düşüşü) ve verimli ısı transferi açısından büyük bir öneme sahiptir.

Ranganayakulu ve Seetharamu [1] Çapraz akışlı plakalı kompakt ısı eşanjörünün analizinde, ısı eşanjörünün duvarı boyunca iki boyutlu uzunlamasına ısı iletiminin , giriş sıvısının homojen olmayan akışının ve sıcaklık dağılımının kombine etkilerini dikkate alarak, sonlu elemanlar yöntemini kullanılarak gerçekleştirmişlerdir. Sıvı akışındaki olası sapmalar göz önüne alındığında, ısı eşanjörünün çeşitli tasarım ve çalışma koşulları için uzunlamasına ısı iletimi, akışkanlık ve yüksek sıcaklık farkının etkilerini hesaplamışlardır. Bazı tipik uygulamalarda performans farklılıklarının oldukça önemli olduğunu bulmuşlardır.

Singh vd. [2] Kompakt ısı eşanjörlerinde daha iyi enerji kullanımı için genel kapsamlı bir araştırma yapmışlardır. Kompakt ısı eşanjörlerinde sıcaklık ve akış açısından mevcut olan tekdüzeliklerin ve bunların çeşitli enerji transfer ekipmanlarının performansı üzerindeki etkilerinin gözden geçirilmesini ele almaktadırlar. Kompakt ısı eşanjörlerinin girişindeki akış dağılımı ve akış şemasının anlaşılması ve ısı eşanjörünün davranışının

tahmin edilmesini de gözden geçirmişlerdir. Sıcaklık ve akışkanlık için farklı modeller tartışılmıştır. Sıcaklık ve akışın tekdüzeliklerinden dolayı kararlı durum ve geçici termal performans üzerine araştırmalar da ayrıca incelenmiştir.

Eksenel ısı iletimi etkileri de dahil olmak üzere, yüksek verimli karşıt akışlı ısı eşanjörlerinin etkisizliği gözden geçirmiştir. Sabit malzeme özelliklerinin temel varsayımı ve eşanjör ile çevresi arasında ısı değişiminin olmaması altında, kapalı form denklemleri hem dengeli hem de dengesiz akış için değerlendirmiştir. Kriyojenik uygulamalar için yüksek verimli ısı eşanjörlerinin tasarımı, ısı eşanjörünün geleneksel çalışmasında genellikle ihmal edilebilecek bir etki olan ısı eşanjörünün tasarımı ve sıvıları aracılığıyla akış yönünde eksenel ısı iletiminin dikkate alınmasını gerektirdiğini ortaya sunmuştur. En ciddi performans bozulması, her iki sıvı da aynı ısı kapasitesi oranına sahip olduğunda ortaya çıktığını vurgulamıştır.[3]

Hidrokarbonlar, soğutma, klima ve ısı pompası uygulamaları için alternatif akışkanlar olarak kabul edilir. Saf bütan, propan veya bunların karışımları kabul edilebilir, ancak yanıcı özelliklerinden dolayı, sistemlerin soğutucu akışkanın yükü en aza indirilecek şekilde tasarlanması gerekir. Bu nedenle, bu tür sistemlerde kompakt ısı eşanjörleri ve gelişmiş geometriler benimsenmiştir. Saf hidrokarbonlar ve bunların karışımları için iki fazlı ısı transfer hesaplamaları için analiz edilmektedir. Geliştirilmiş borular ve kompakt ısı eşanjörleri de dahil olmak üzere çeşitli geometrilerde buharlaşma ve yoğunlaşma ısı transferini tahmin etmek çeşitli modeller önerilmektedir [4].

Dixit ve Ghosh,[5] yaptıkları çalışmalarda günümüzde enerji kaynaklarının tükenmesi, onları korumak için itici güç haline geldiklerini ifade etmişlerdir. Sistem verimliliğinin artırılması, minyatürleştirilmenin başarılı bir şekilde çözüm sağladığı enerji sürdürülebilirliğinin sağlanabileceği bir yöntem olduğunu savunmaktadırlar. Minyatür ısı eşanjörleri, yüksek termal

performansları nedeniyle, enerji verimli sistemler sağlama potansiyeline sahip olabileceği ve buna ek olarak, kompaktlık, küçük boyut ve daha az ağırlık özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılabileceklerini ileri sürmüşlerdir. Ismail vd. [6] kompakt plakalı kanatlı ısı eşanjörlerinin basınç düşüşü ve ısı transfer özellikleri açısından pompalama gücü üzerindeki etkileri üzerine çalışmaları incelemiştir.

Bu çalışmanın amacı, sürekli rejimde çözücü uygulaması ile hassas temizlik prosesi geliştirme çalışmalarında Taguchi yöntemi kullanılarak tasarlanan kompakt ısı eşanjörlerinin etkinlikleri hesaplanarak, çözücü akışkanın boru içerisindeki ısı, basınç ve hız davranışları incelenmiştir. Çözücü akışkanın boru içerisine giriş hızı ve kompakt ısı eşanjörüne verilen yüzey ısı akıları hesaplanıp, çözücü akışkanın boru çıkış sıcaklığı tespit edilmiştir. Tasarlanan Kompakt ısı eşanjörleri çözücü akışkanın kritik sıcaklığına olan etkisi kontrol edilmiş olup, tasarımdaki parametrelerin etkisi irdelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1 AFM Macununun Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

AFM macununun reolojik özellikleri deneysel olarak tayin edilememiştir. Macun, belirli bir kuvvete kadar şekil değiştirmemekte, kuvvet ancak eşik değeri geçtikten sonra şekil değişimi gözlenmektedir. Bununla birlikte, macun üzerinden kuvvet kaldırıldığında şeklini büyük ölçüde korumaktadır. Başka bir deyişle, malzeme kuvvet uygulanmadığında katı, kuvvet uygulandığında akışkan özellikleri gösterdiğinden, macunun akma sınırı olan ve kayma ile incelenen Newton tipi olmayan bir akışkan (yield – pseudoplastic) olduğu bilinmektedir.

Newton tipi akışkanlarda gerilme tensörü τ , (1) no.lu denklemdeki gibidir.

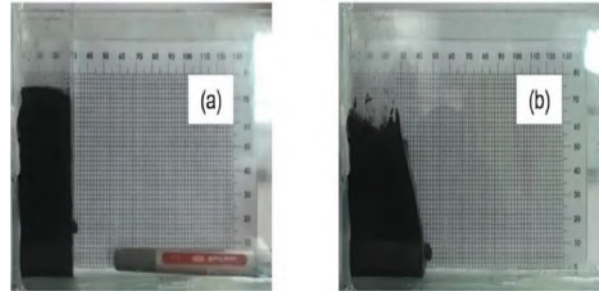
$$\tau(\dot{\gamma}) = 2\mu(\dot{\gamma}) \quad (1)$$

Burada; $\dot{\gamma}$ ve μ ifadeleri sırasıyla kayma hızı (s^{-1}) ve dinamik viskoziteyi (Pa.s) temsil etmektedir. Kayma ile incelenen Newton tipi olmayan akışkan davranışı sergileyen AFM macununu simüle etmek için (2) no.lu denklemde verilen Carreau Newton tipi olmayan akış modeli kullanılmıştır.

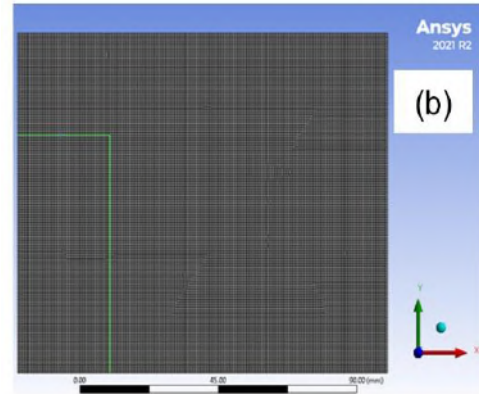
$$\mu(\dot{\gamma}) = \mu_{\infty} + (\mu_0 - \mu_{\infty})[1 + \lambda^2 \dot{\gamma}^2]^{\frac{n-1}{2}} \quad (2)$$

Burada; $n, \mu_0, \mu_{\infty}, \lambda$, ifadeleri sırasıyla Power-Law endeksi, sıfır kayma hızındaki dinamik viskozite (Pa.s), sonsuz kayma hızındaki dinamik viskozite (Pa.s) ve zaman sabiti (s) değişkenlerini temsil etmektedir. Malzemenin akış karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla bir deney düzeneği hazırlanmıştır. 20 mm aralıklarla paralel bir şekilde yerleştirilmiş iki cam plaka ile oluşturulan deney düzeneği, derinlik boyutunda herhangi bir akışa müsaade etmediğinden 2 boyutlu akış karakterize etmektedir. Bu deney düzeneğine 70 mm yüksekliğinde ve 30 mm genişliğinde doldurulan AFM macunu serbest akma koşullarında incelenmiş, $t=0$ s anından itibaren serbest akış takip edilerek kayıt altına alınmıştır (Şekil 1). Ardından, deney düzeneğinin iki boyutlu modeli oluşturulmuş ve Ansys Meshing programı kullanılarak 21.280 adet dörtgen hücreye ayrılmıştır (Şekil 2). AFM bölgesinde patch oluşturulabilmesi için 70 mm yükseklik ve 30 mm genişliğindeki alan ayrıştırılmıştır. Ayrıştırılan bölgeye AFM macunu, diğer

bölgeye program veri tabanında yer alan hava akışkanı tanımlanmıştır.



Şekil 1. AFM macununun akışkan özelliklerinin belirlenmesi için oluşturulan deney düzeneğinde $t=0$ s (a) ve $t=120$ s (b) andaki macun akışı



Şekil 2. AFM macunu akışkan özelliklerinin belirlenmesi için oluşturulan iki boyutlu modele ait ağ yapısı

AFM macunu için Denklem (2)'de verilen değişkenlere ait değerler bilinemediğinden, malzemenin gerçek akış koşulları ile kalibrasyonu esnasında bu değerlerin farklı seviyeleri incelenmiştir. Başlangıçta literatürde yer alan değerler (n : 0,2, λ : 0,04, μ_0 : 26013, μ_{∞} : 650) program içerisine tanımlanmış ve malzeme çözüm için hazır hale getirilmiştir.

Modelde herhangi bir giriş sınır koşulu tanımlanmamış, modelin tüm kenarları duvar sınır şartı olarak tanımlanıp kaymazlık şartı aktif hale getirilmiştir. Analizlerde laminer ve sıkıştırılmaz akış tercih edilmiş, model olarak "Volume of Fluid" iki fazlı akış tayin edilmiştir. Birincil faz olarak hava, ikincil faz olarak AFM macunu tanımlanmış, birleşik hız ve basınç denklemlerinde SIMPLE yarı kapalı çözüm yöntemi uygulanmış ve terimlerin ayrıştırılmasında ikinci derece çözümlerden faydalanılmıştır. Yakınsatma faktörleri için varsayılan değerler (basınç 0,75; momentum 0,75; türbülans özellikleri 0,8) alınmış; yakınsama kriteri de 10^{-6} olarak seçilmiştir. Gerçekleştirilen hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) analizlerinde sıkıştırılmaz akışta süreklilik ve iki boyutlu momentum denklemleri çözdürülmüş olup, bunlarla ilgili bağıntılar (3) ile (9) no.lu denklemler arasında verilmiştir.

Süreklilik denklemi:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \quad (3)$$

Burada; ρ, t, u, v, w ifadeleri sırasıyla yoğunluk, zaman, x-eksenindeki hız bileşeni, y-eksenindeki hız bileşeni ve z-eksenindeki hız bileşenini temsil etmektedir.

Akış iki boyutlu, zamana bağlı ve sıkıştırılmaz tercih edildiği için (3) no.lu denklem (4) no.lu forma dönüşmüştür.

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (4)$$

Momentum denklemi:

x-bileşeni:

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \rho g_x + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (5)$$

y-bileşeni:

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \rho g_y + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \quad (6)$$

z-bileşeni:

$$\rho \left(\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial z} + \rho g_z + \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \quad (7)$$

Burada; P, g, μ ifadeleri sırasıyla basınç, kütle kuvveti ve dinamik viskoziteyi temsil etmektedir.

Akış iki boyutlu, zamana bağlı ve sıkıştırılmaz tercih edildiği için, (5) ve (6) no.lu denklemler dikkate alınmış ve bu denklemler sırasıyla (8) ve (9) no.lu denklemlerle ifade edilen formlara dönüşmüştür.

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \rho g_x + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (8)$$

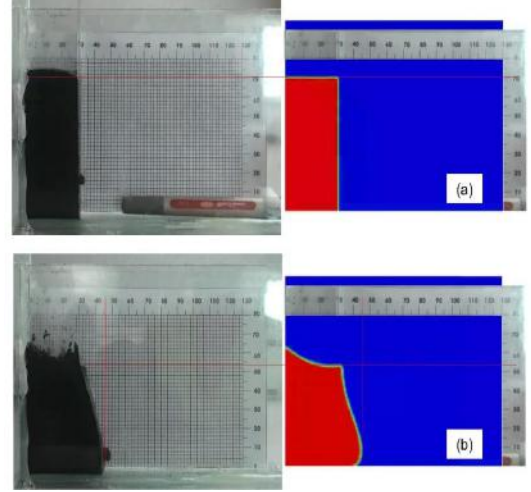
$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \rho g_y + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad (9)$$

Zamana bağlı yürütülen analizlerde, zaman adımı 0.0005 s ve her adım 20 iterasyon olacak şekilde, toplamda 120 saniyelik; zamana bağlı, yerçekimine bağlı serbest akış analizleri yürütülmüştür.

Zamana bağlı analizlerin sonucunda, macunun 120 saniye sonrasındaki serbest akış görüntüsü ile deney sonuçları karşılaştırılmıştır. Macun viskozite değişkenleri için literatürde yer alan viskozite değerleri kullanıldığında, analiz sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında uyum gözlenmemiştir. Çözüme hızlı ulaşmak amacıyla, Tablo 1'de verilen farklı macun değişkenleri kullanılarak analizler 8 kez tekrarlanmış ve serbest akış takip edilerek elde edilen her bir nümerik sonuç deneysel sonuç ile karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışma sonucunda, macunun x-ekseninde 46 mm ve y-ekseninde 52 mm mesafeye kadar aktığı tespit edilmiştir. Bu akışı profili, simülasyonlarda 8. denemede gözlenmiş olup (Şekil 3). macun viskozite değişkenleri aşağıdaki gibi tayin edilmiştir:

- Power-Law Endeksi, n: 0,010
- Zaman Sabiti, s: 4,00
- Sıfır Kayma Hızındaki Dinamik Viskozite, Pa.s: 16000

- Sonsuz Kayma Hızındaki Dinamik Viskozite, Pa.s: 15000



Şekil 3. AFM macunu yerçekimi ile serbest akış deneysel çalışması ve Deneme 8'de belirtilen parametre seviyeleri kullanılarak yürütülen zamana bağlı, yerçekimine bağlı serbest akış nümerik analiz kıyaslaması, $t= 0$ s (a) ve $t= 120$ s (b).

Tablo 1. Macun viskozite tayini için yürütülen deneysel çalışmaya ve zamana bağlı, yerçekimine bağlı serbest akış simülasyonlarına ait parametre seviyeleri ve bunlara ait akış sonuçları

Macun Malzemesi: Yoğunluk [kg/m ³]: 1300)	Deneme 1	Deneme 2	Deneme 3	Deneme 4	Deneme 5	Deneme 6	Deneme 7	Deneme 8
Time Constants	0.04	1,00	2,00	4,00	6,00	4,00	4,00	4,00
Power-Law Index, n	0,200	0,100	0,100	0,050	0,010	0,005	0,005	0,010
Infinity Viscosity Pa.s	650	1000	1000	1000	7000	7000	8000	15000
Zero Viscosity Pa.s	26013	12000	8000	8000	8000	8000	9000	16000
t=120 s Maks. x-Mesafesi	106	83	74	56	56	56	54	46
t=120 s Min. y-Mesafesi	12	28	34	42	42	42	46	52

2.2. Çözücü Akışkanın Akış Tipinin Belirlenmesi ve Hesaplanması

Çözücüyle temizleme işlemi için Tablo 2’te verilen 1 parametresi 4 seviye, 4 parametresi 2 seviyeli Taguchi L8 karışık seviyeli deney tasarımı dikkate alınmıştır. (Şekil 4). ve (Şekil 5). de gösterildiği üzere Taguchi L8 tablosuna denk gelen 2 ve 4 borulu elektrikli ısıtıcı Kompakt ısı eşanjörü tasarımları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

Tablo 2. Çözücü ile temizleme işlemi için oluşturulan Taguchi L8 deney tasarımı

Boru No	Isıl Güç (W)	Boru Uzunluk (cm)	Boru Çapı (mm)	Boru Sayısı	Toplam Debi (l/s)
1	30	5	5	2	0,013
2	30	10	10	4	0,011
3	26	5	10	4	0,013
4	26	10	10	2	0,011
5	22	10	5	4	0,013
6	22	5	10	2	0,011
7	18	10	10	2	0,013
8	18	5	5	4	0,011



Şekil 4. 2 Borulu Elektrikli Isıtıcı Kompakt Isı Eşanjörü Tasarımı



Şekil 5. 4 Borulu Elektrikli Isıtıcı Kompakt Isı Eşanjörü Tasarımı

Kompakt ısı eşanjörüne ait datalarda iki farklı hacimsel debi analiz edilmiştir. İlki 0.013 l/s ve diğeri 0.011 l/s’dir. Boruların çapları 5 mm ve 10 mm olmak üzere iki farklı şekilde tasarlanmıştır. Çapları farklı olan iki tipteki borudan iki farklı hacimsel debi tanımlanmıştır. Taguchi tablosunda tanımlanan debiler toplam debi olarak tanımlanmıştır. Bir tek boru için tanımlanan debi ise toplam debiyi boru sayısına bölerek (10) nolu denklemden elde edilmiştir. Bu da analizlerde akışkanın boru içerisine giriş hızını tek bir boru için tanımlamakta kullanılmıştır. Aşağıda sekiz farklı boru tasarımına ait çözücü akışkanın tek bir boru giriş hızları gösterilmiştir.

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = V \text{ (m/s)} \times A \text{ (m}^2\text{)} \quad (10)$$

$$1.3 \times 10^{-5} = V \times \pi \times (0.005)^2 / 4$$

$$V_{(0.013\text{l/s})} = 0.6624 \text{ m/s olarak hesaplanır.}$$

Aynı şekilde diğer akışkan hızları da hesaplanırsa;

$$D=5\text{mm için}$$

$$D=10 \text{ mm için;}$$

$V_{(0,013 L/s)} = 0.6624 \text{ m/s}$ $V_{(0,013 L/s)} = 0.1656 \text{ m/s}$
 $V_{(0,011 L/s)} = 0.5605 \text{ m/s}$ $V_{(0,011 L/s)} = 0.1401 \text{ m/s}$ olarak elde edilmiştir.

Tek Bir Boru İçin Giriş Hızları:

Giriş Hızı = Boru Giriş Hızı / Boru Sayısı

Yukarıdaki formüle göre hesaplanarak sekiz farklı çalışmada kullanılacak olan çözücü akışkanın boru giriş hızları Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Çözücü akışkanın Tek bir borudaki boru giriş hız değerleri

Sıra No	Boru Uzunluğu (cm)	Boru Çapı (mm)	Boru Sayısı	Toplam Debi (l/s)	Giriş hızları (m/s)
1	5	5	2	0,013	0,3312
2	10	10	4	0,011	0,0350
3	5	10	4	0,013	0,0414
4	10	10	2	0,011	0,0700
5	10	5	4	0,013	0,1656
6	5	10	2	0,011	0,0700
7	10	10	2	0,013	0,0828
8	5	5	4	0,011	0,1401

Analizlerde kullanılacak akışkan olarak Contox SLF çözücü akışkanını Ansys Fluent paket programında tanımlamak için aşağıdaki termodinamik özellikler kullanılmıştır.

ρ : 780 (kg/m³) μ : 0.85 mPa/s

C_p : 2090 (J/kg K) k : 0.149 (W/mK)

Boru giriş hızları tayin edildikten sonra akışın laminar veya türbülanslı olma durumu incelenmektedir. Çözücü akışkan sekiz farklı datada Reynolds sayısı aşağıdaki (11) nolu denklemden yararlanarak kritik 2320 değerinden düşük olduğu için laminar akış olarak tanımlanmıştır.

$$Re = \rho V D / \mu \quad (11)$$

$Re_1 = 1.519,62$ laminar akış

$Re_2 = 312,17$ laminar akış

$Re_3 = 379,90$ laminar akış

$Re_4 = 642,35$ laminar akış

$Re_5 = 759,81$ laminar akış

$Re_6 = 642,35$ laminar akış

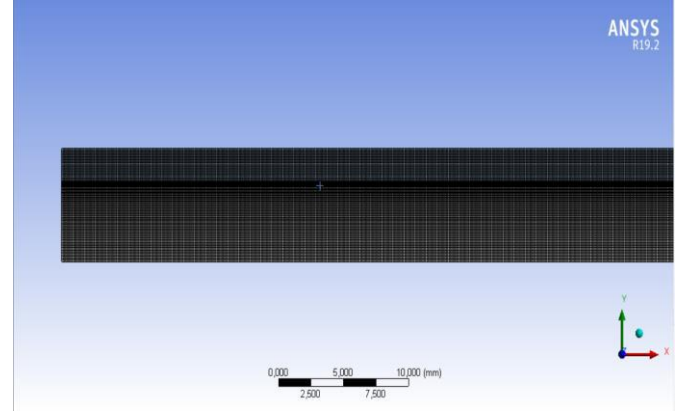
$Re_7 = 759,81$ laminar akış

$Re_8 = 642,81$ laminar akış olarak hesaplanmıştır.

e-ISSN: 2148-2683

2.3. Kompakt Isı Eşanjör / Isıtıcı Tasarımlarına ait Modellerin Ansys Fluent Analiz Programında Çözüm Ağı Yapısının Oluşturulması ve Ağdan Bağımsızlık Çalışmasının Yapılması

Tasarlanan Modellerde tüm ısıtıcılar bakır boru olarak tanımlanmıştır. Tasarımda çözücü akışkana ait olan akışkan alanı tanımlanmıştır. 2 Boyutlu incelenen çalışmada duvar kalınlığı ve akışkan bölgesi arasında kalan alana daha sık bir ağ yapısı uygulanarak incelenmiştir. Bütün duvar kenar ve yüzey ağırları atılarak tasarlanmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Isıtıcı Boruya ait 2 boyutlu HAD analizleri için oluşturulan ağ yapısı

Çalışmada modelin akış alanına uygun ağ yapısı için beş farklı ağ göz önünde bulundurulmuştur. Ağ çalışmasındaki yüzey ağlarına geçilmiş ve çapların oranı kadar bölünme sayısı seçilerek yüzey ağırları sisteme dahil edilmiştir. Çarpıklık (Skewness) değeri $2,7088 \times 10^{-2}$, Element Quality değeri 0,94989 ve Orthogonal Quality değeri 0,99876 olarak tanımlanmıştır. Çözücü akışkan hız sınır şartı 0,5 m/s tek bir boru için bu hızın altında olan her durumda çözücü akışkan alanına ait çıkış sıcaklıkları birbirine çok yakın değerler elde edilmiştir. Tablo 4'te verilen sonuçlar M3 için ağ yapısının ve ağ sayısından bağımsızlığının elde edildiği sonucuna varılmıştır.

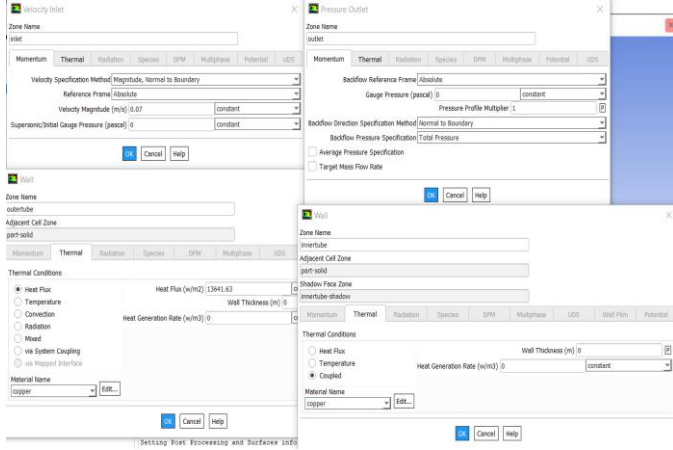
Tablo 4. Kompakt ısı eşanjörüne ait ağdan bağımsızlık çalışması

Ağ yapısı	Çıkış Sıcaklıkları (K)
M1-22454	319,830 K
M2-40050	319,840 K
M3-44730	319,842 K
M4-221591	319,843 K
M5-441990	319,843 K

2.4 Modellerin Sınır Koşulları ve Yönetici Denklemler

Isıtıcı borular aşağıdaki görselde bulunan boru içi giriş hızı değerleri çaplara göre "Velocity inlet" kısmında tanımlanırken akışkanın boru çıkış hızı "Pressure Outlet" olarak tanımlanmıştır. İki boyutlu yapılan çalışmada borular x eksenini etrafında döndürülerek Ansys'e tanımlı "Axisymmetric" butonu aktifleştirilerek boru için koşulları girilmiştir. Aşağıda (Şekil 7). de gösterilen tanımlı kısımda "Outertube" sınır koşuluna yine Ansys paket programından elde edilen "Reports" kısmından "Area" sekmesinden modele ait yüzey alanı elde edilerek verilen ısı güçleri ile birlikte sisteme ne kadarlık yüzey ısı akışı verileceği

hesaplanıp sınır koşulu olarak “*Outertube Wall*” bölümüne W/m^2 şeklinde yüzey ısı akıları tanımlanmıştır. Cidarın iç kısmı olan “*Innertube*” ise *Coupled* olarak tanımlanmış ve böylelikle sistemin sınır şartları oluşturulmuştur. Model sınır başlangıç koşulu olarak Ansys Fluent’e tanımlı “*hybrid initialization*” kısmı kullanılarak denklem sistemlerinin bir dizi yinelenmesini kolaylaştırdığından ve akış değişkenlerini, özellikle basınç alanı için daha iyi yakınsama yapmasından dolayı analizlerde tercih edilmiştir.



Şekil 7. Isıtıcı borunun sınır koşullarının Ansys Fluent programında gösterilmesi

İki boyutlu geometri Design Modeler ara yüzünde, sayısal analizler ise Fluent ara yüzünde yapılmıştır. Momentum ve enerji denklemleri ikinci mertebeden Upwind yaklaşımı, basınç hız denklemi ise SIMPLE algoritması ile çözülmüş olup laminar akış

modeli kullanılmıştır. Tüm değişkenler için yakınsama aralığı 10^{-4} sayısına ulaştığında çözümlerin yakınsadığı kabul edilmiş olup her bir data için 1000 iterasyon yapılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

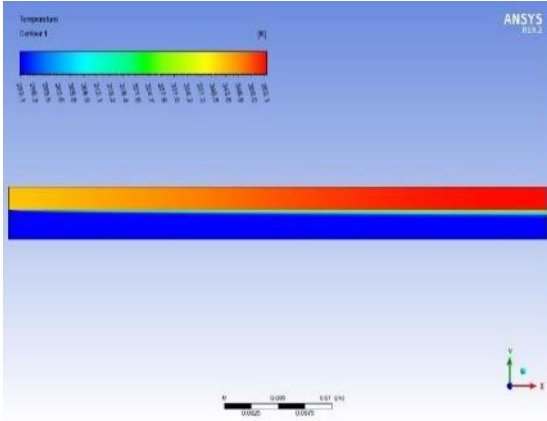
3.1. Sisteme Verilecek Yüzey Akılarının Tayini ve Analizi

Sisteme verilecek yüzey ısı akıları; Ansys paket programı içinde yer alan “*Reports*” kısmından “*Area*” sekmesinden modele ait yüzey alanı elde edilerek (m^2) verilecek olan ısı güçleri (W) bölünerek yüzeye ait ısı akıları, her bir data için oluşturulmuştur. Buna göre aşağıdaki tabloda her bir boru için yüzey alanı ve o yüzey alanına ait verilen ısı güçleriyle birlikte yüzey ısı akıları Tablo 5’te gösterilmiştir.

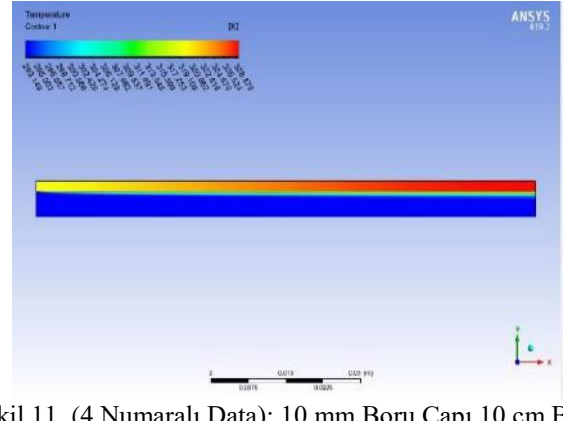
Yüzey akıları belirlenen sınır koşulları ile birlikte çözücü akışkanın ısıtıcı borudan çıkış sıcaklıkları ve hız değerleri aşağıdaki görseller ile verilmiştir. Şekillerden de görüldüğü üzere çözücü akışkan boru içerisinde hareketine başlarken elektrikli ısıtıcıdan gelen ısı güç ile birlikte boru çıkışında ilk giriş sıcaklığına göre daha fazla sıcaklık artışı olduğu bununla birlikte boru cidarında ve cidara yakın bölgelerde çözücü akışkanın sıcaklığının daha da fazla olduğu ve çözücü akışkanın ısınmasından dolayı sürekli olarak ısı güce maruz kaldığı ve boru çıkışında bakır borunun da boru girişine göre bir miktar daha fazla sıcaklık artışı olduğunu göstermektedir. (Şekil 9). da görüldüğü üzere en yüksek çözücü akışkan çıkış sıcaklığına sahip 2 numaralı boru olmakla birlikte en düşük sıcaklığa sahip boru ise (Şekil 14). de ki 7 numaralı boru olmaktadır.

Tablo 5. Taguchi L8 tablosuna ait farklı ısı güçleriyle oluşturulan yüzey akısı değerleri

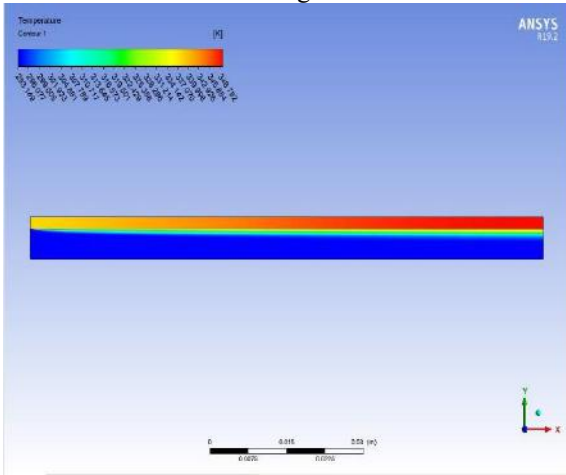
Boru No	Yüzey Alanları m^2	30W	26W	22W	18W
1	0.001413717	2220,65 (W/ m^2)			
2	0.00439823	6820.2 (W/ m^2)			
3	0.002199115		11822.93 (W / m^2)		
4	0.004399823		5911.46 (W / m^2)		
5	0.002827433			7780.90 (W m^2)	
6	0.002199115			10004.02 (W/ m^2)	
7	0.00439823				4092.55 (W / m^2)
8	0.001413717				12732.39 (W/ m^2)



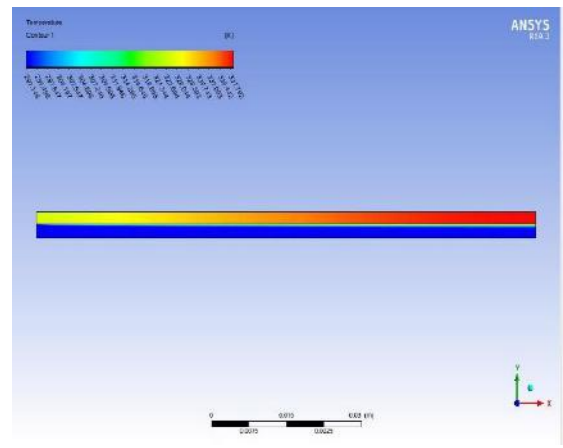
Şekil 8. (1 Numaralı Data): 5mm Boru Çapı 5 cm Boru uzunluğu 30 W Isıl Güç: Çözücü akışkanın ısıtıcı borudan çıkış sıcaklığı



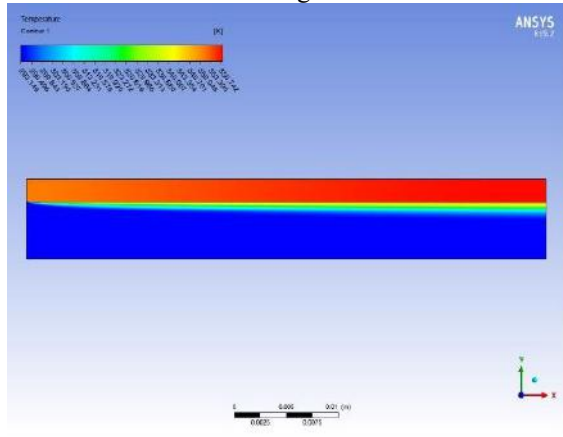
Şekil 11. (4 Numaralı Data): 10 mm Boru Çapı 10 cm Boru uzunluğu 26 W Isıl Güç: Çözücü akışkanın ısıtıcı borudan çıkış sıcaklığı



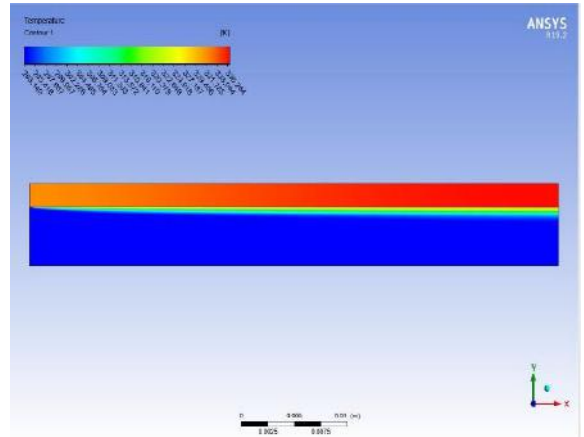
Şekil 9. (2 Numaralı Data): 10mm Boru Çapı 10 cm Boru uzunluğu 30 W Isıl Güç: Çözücü akışkanın ısıtıcı borudan çıkış sıcaklığı



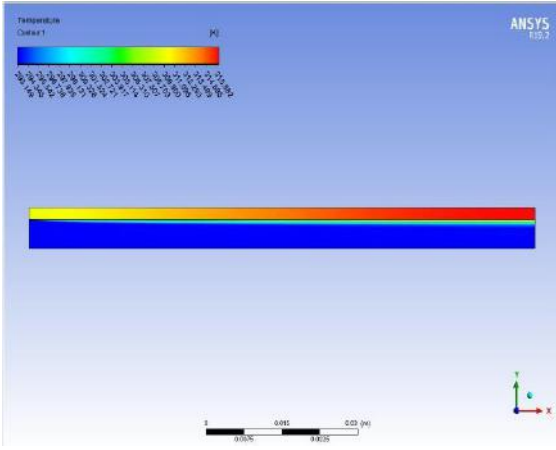
Şekil 12. (5 Numaralı Data): 5 mm Boru Çapı 10 cm Boru uzunluğu 22 W Isıl Güç: Çözücü akışkanın ısıtıcı borudan çıkış sıcaklığı



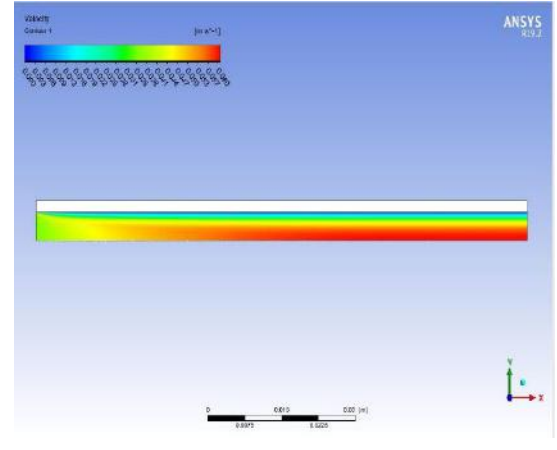
Şekil 10. (3 Numaralı Data): 10mm Boru Çapı 5 cm Boru uzunluğu 26 W Isıl Güç: Çözücü akışkanın ısıtıcı borudan çıkış sıcaklığı



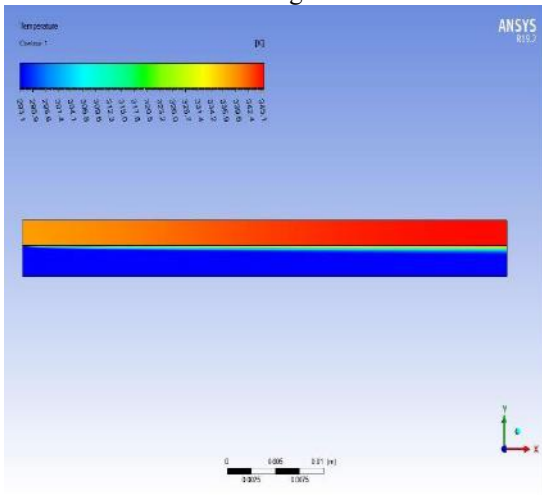
Şekil 13. (6 Numaralı Data): 10 mm Boru Çapı 5 cm Boru uzunluğu 22 W Isıl Güç: Çözücü akışkanın ısıtıcı borudan çıkış sıcaklığı



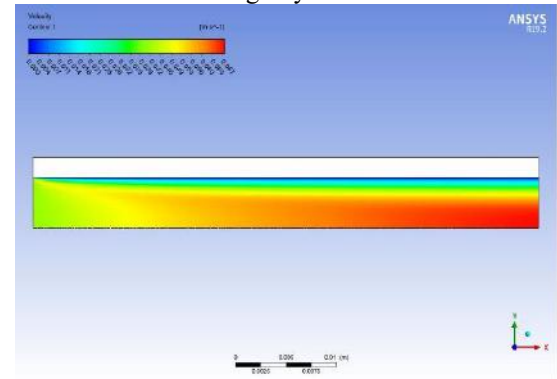
Şekil 14. (7 Numaralı Data): 10mm Boru Çapı 10 cm Boru uzunluğu 18 W Isıl Güç: Çözücü akışkanın ısıtıcı borudan çıkış sıcaklığı



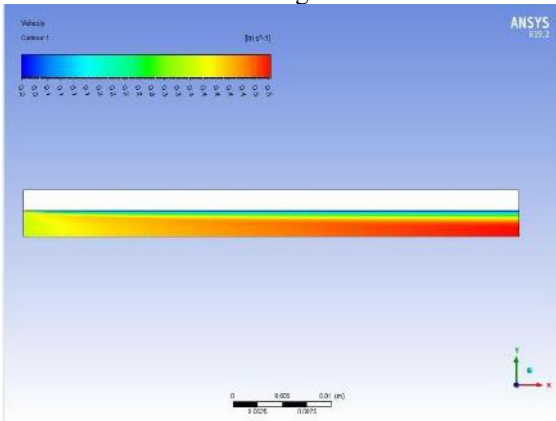
Şekil 17. (2 Numaralı Data): 10mm Boru Çapı 10 cm Boru uzunluğu 30 W Isıl Güç: Çözücü akışkanın ısıtıcı borudan çıkış hız gradyanı



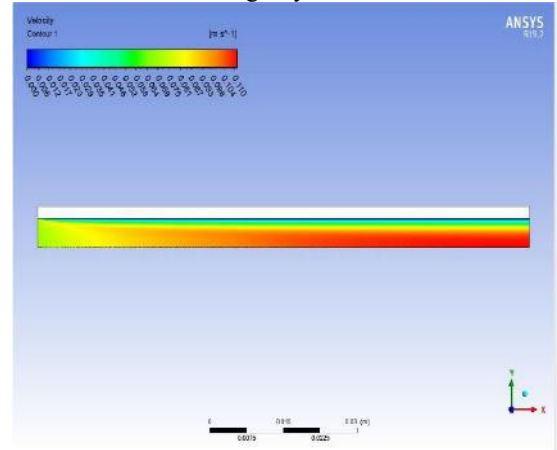
Şekil 15. (8 Numaralı Data): 5mm Boru Çapı 5 cm Boru uzunluğu 18 W Isıl Güç: Çözücü akışkanın ısıtıcı borudan çıkış sıcaklığı



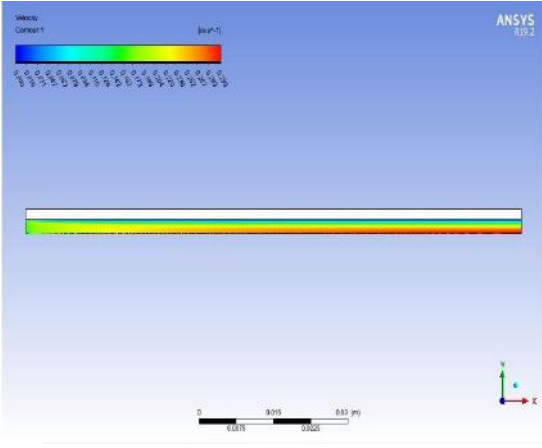
Şekil 18. (3 Numaralı Data): 10mm Boru Çapı 5 cm Boru uzunluğu 26 W Isıl Güç: Çözücü akışkanın ısıtıcı borudan çıkış hız gradyanı



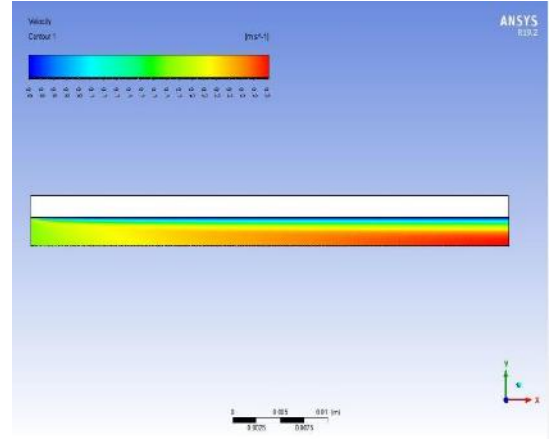
Şekil 16. (1 Numaralı Data): 5mm Boru Çapı 5 cm Boru uzunluğu 30 W Isıl Güç: Çözücü akışkanın ısıtıcı borudan çıkış hız gradyanı



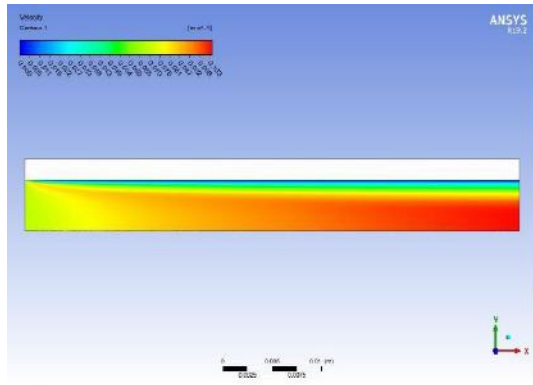
Şekil 19. (4 Numaralı Data): 10 mm Boru Çapı 10 cm Boru uzunluğu 26 W Isıl Güç: Çözücü akışkanın ısıtıcı borudan çıkış hız gradyanı



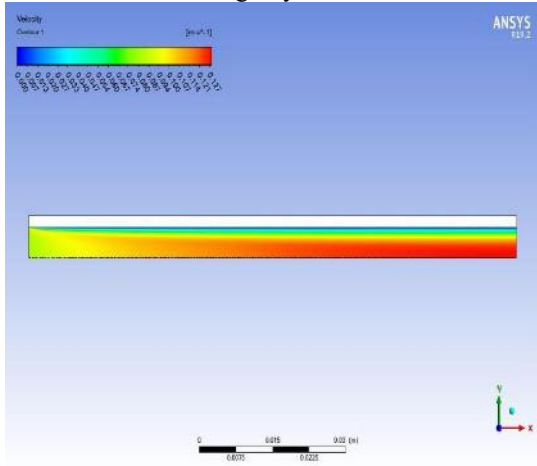
Şekil 20. (5 Numaralı Data): 5 mm Boru Çapı 10 cm Boru uzunluğu 22 W Isıl Güç: Çözücü akışkanın ısıtıcı borudan çıkış hız gradyanı



Şekil 23. (8 Numaralı Data): 5mm Boru Çapı 5 cm Boru uzunluğu 18 W Isıl Güç: Çözücü akışkanın ısıtıcı borudan çıkış hız gradyanı



Şekil 21. (6 Numaralı Data): 10 mm Boru Çapı 5 cm Boru uzunluğu 22 W Isıl Güç: Çözücü akışkanın ısıtıcı borudan çıkış hız gradyanı



Şekil 22. (7 Numaralı Data): 10mm Boru Çapı 10 cm Boru uzunluğu 18 W Isıl Güç: Çözücü akışkanın ısıtıcı borudan çıkış hız gradyanı

Hız gradyanları boru cidarında hızın sıfır olduğunu ve boru merkezine doğru yaklaştıkça çözücü akışkanın hızın arttığı ve basınç düşüşünün gerçekleştiği yukarıdaki hız kontür görüntülerinden gözlemlenmektedir.

Taguchi tablosuna göre en yüksek çözücü akışkanın çıkış sıcaklıkları Ansys Surface İntegral Bölümünde yer alan "Mass – Weighted Average" bölümünde bulunan kısımda çözücü akışkana ait çıkış sıcaklık ortalama değerleri aşağıdaki Tablo 6 da verilmiştir.

Tablo 6. Taguchi L8 tablosudaki ısı güç değerlerine göre çözücü akışkanın çıkış sıcaklıkları

	30W
1 Nolu Data	22,82 °C
2 Nolu Data	26,28 °C
	26W
3 Nolu Data	24,62 °C
4 Nolu Data	22,65 °C
	22W
5 Nolu Data	24,39 °C
6 Nolu Data	22,32 °C
	18W
7 Nolu Data	21,54 °C
8 Nolu Data	24,03 °C

Yukarıdaki grafik ve tablolardan da görüldüğü üzere boru içerisindeki en az hıza sahip olan 2 numaralı boru, çok daha fazla ısınmıştır. Ayrıca boru çapı ve boru uzunluğunun diğerlerine göre yüksek olması sebebiyle yine çözücü akışkana ait olan çıkış sıcaklığı da diğer datalara göre daha yüksek bir çıkış sıcaklığına sahip olmuştur.

3.2. Sisteme Verilecek Yeni Yüzey Akılarının Tayini

Analizlerde kullanılan Contox SLF akışkanının kritik sıcaklığı olan 40°C değerine ulaşabilmek tüm datalara eşit miktarda ısı güç verilmiş olup, başlangıçta öngörülen ısı güçler belli bir oranda artırılmıştır. Hem daha fazla veriyi görebilmek hem de hangi

boruların hangi ısı güçte kritik sıcaklığa ulaştığı veya ulaşmadığı tespit edilmiştir. Buna göre sekiz dataya ait verilen artırılmış yeni ısı güçler ve bu ısı güçlere ait yüzey ısı akı değerleri Tablo 7' de gösterilmiştir. Bu akı değerlerine karşılık gelen boru çıkış sıcaklıkları yine verilen ısı güçlerin aynı yüzey alanlarına oranlayarak Tablo 8 de belirtilmiştir.

Tablo 8. 30W - 60W - 90W -120 W verilen ısı güç değerleri ile oluşturulan çözücü akışkanın boru çıkış sıcaklıkları (Tek Bir Boru için)

	30W	60W	90W	120W
1 Nolu Boru	22,82 °C	25,64 °C	28,46 C°	31.30 °C
2 Nolu Boru	26,28 °C	33,32 °C	40,03 C°	46.67 °C
3 Nolu Boru	25,34 °C	30,86 °C	36,64 C°	42.03 °C
4 Nolu Boru	23,16 °C	26,36 °C	29,7 C°	32.96 °C
5 Nolu Boru	25,80 °C	31,45 °C	37,30 C°	42.77 °C
6 Nolu Boru	23,17 °C	26,47 °C	29,78 C°	33.09 °C
7 Nolu Boru	22,67 °C	25,38 °C	28,26 C°	30.98 °C
8 Nolu Boru	26,18 °C	32,82 °C	39,53 C°	46.19 °C

Tablo 7. 30W - 60W - 90W -120 W verilen ısı güçlere karşılık gelen yüzey ısı akıları (W/m²)

	Yüzey Alanları(m ²)	30W	60W	90W	120W
1	0.001413717	2220,6 (W/ m ²)	42441.30 (W/ m ²)	63661.96 (W/ m ²)	84882 (W/ m ²)
2	0.00439823	6820.2 (W/ m ²)	13641.85 (W/ m ²)	20462.77 (W/ m ²)	27283 (W/ m ²)
3	0.002199115	13641.63 (W/ m ²)	27283.26 (W/ m ²)	40924.90 (W/ m ²)	54566 (W/ m ²)
4	0.004399823	6820.2 (W/ m ²)	13641.8 5 (W/ m ²)	20462.77 (W/ m ²)	27283 (W/ m ²)
5	0.002827433	10610.33 (W/ m ²)	21220.66 (W/ m ²)	31830.99 (W/ m ²)	42441.2 (W/ m ²)
6	0.002199115	13641.63 (W/ m ²)	27283.2(W/ m ²)	40924.90 (W/ m ²)	54566.5 (W/ m ²)
7	0.00439823	6820.2 (W/ m ²)	13641.85 (W/ m ²)	20462.77 (W/ m ²)	27283.7 (W/ m ²)
8	0.001413717	2220,65 (W/ m ²)	42441.30 (W/ m ²)	63661.96 (W/ m ²)	84882.6 (W/ m ²)

4. Sonuç

Dizel enjektör yakıt deliğinin aşındırıcı akış ile işlenmesi (AFM) sonrası kalıntı macundan temizlenmesine yönelik makinenin geliştirilmesinde kullanılacak kompakt ısı eşanjör tasarımında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Sıcaklık konturlarından da gözlemlendiği gibi akışkanın sıcaklığı boru içerisinde artarken borunun da sıcaklığı boru çıkış noktasında artmaktadır. Akışkan ısınarak ilerlediği için boru içerisindeki bu durum gözlemlenmiştir.

- Görüldüğü üzere en fazla çıkış sıcaklığına sahip datalar 2 ve 8 numaralı datalar olmuştur. Bunun sebebi çözücü akışkanın debisinden kaynaklıdır. 2 ve 8 numaralı datalar en düşük debi ve en düşük boru giriş hızına sahiptir. Bundan dolayı akışkan boru içerisinde daha yavaş hareket ederken daha fazla ısı güce maruz kalmaktadır.

- 2 nolu boru 8 nolu boruya göre bir miktar daha fazla ısınmıştır. Fakat bu ısınma çok küçük miktardadır. 8 nolu boru hacim olarak 2 nolu borudan küçük olmasına rağmen verilen ısı akısıyla bu sıcaklık farkını kapatmıştır.

- Bilindiği üzere, Contox SLF akışkanının kritik sıcaklığı 40°C'dir. Bu akışkanın sanayide kullanımı için kritik sıcaklığın %85'i güvenli bölge olarak tayin edilmiştir. Dolayısıyla, akışkanın sıcaklığı maksimum 34 °C mertebesinde çalışması uygun görülmüştür.

-Minimum enerji tüketimi için kompakt elektrikli ısıtıcı tasarımı için yapılan analizler incelendiğinde çalışmada en etkin 60 W ısı güç ve 2 no.lu tasarım seçilmesinin uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

5. Teşekkür

“Dizel Enjektör Yakıt Deliğinin Aşındırıcı Akış ile İşlenmesi (AFM) Sonrası Kalıntı Macundan Temizlenmesine Yönelik Proses ve Makinenin, Temizlik ve Atık Yönetim Kriterleri Çerçevesinde, Geliştirilmesi” başlıklı 5210005 nolu 1505 projemize vermiş oldukları desteklerinden dolayı TÜBİTAK’a teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] Ch. Ranganayakulu and K.N. Seetharamu, “The Combined Effects Of Longitudinal Heat Conduction, Flow Nonuniformity And Temperature Nonuniformity In Crossflow Plate-Fin Heat Exchangers” *Int. Comm. Heat Mass Transfer*, Vol. 26, No. 5, pp. 669-678, 1999
- [2] S.K. Singh, M. Mishra, P.K. Jha, “Nonuniformities in compact heat exchangers—scope for better energy utilization: A review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 40, pp. 583-596, 2014.
- [3] P.G. Kroeger, (1967) “Performance Deterioration in High Effectiveness Heat Exchangers Due to Axial Heat Conduction Effects”, In: Timmerhaus, K.D. (eds) *Advances in Cryogenic Engineering*. *Advances in Cryogenic Engineering*, vol 12. Springer, Boston, MA.
- [4] B. Thonon, “A review of hydrocarbon two-phase heat transfer in compact heat exchangers and enhanced geometries” *International journal of Refrigeration* 31 (4), 633-642, 2008.
- [5] T. Dixit and I. Ghosh, “Review of micro- and mini-channel heat sinks and heat exchangers for single phase fluids”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.41, pp. 1298-1311, 2015.
- [6] L.S. Ismail, R. Velraj, C. Ranganyakulu, “Studies on pumping power in terms of pressure drop and heat transfer characteristics of compact plate-fin heat exchangers—A review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 14, 1, pp. 478-485, 2010.



Düz Bir Mikrokanal İçerisindeki Hibrid Nanoakışkanın Akış ve Isıl Karakteristiklerinin İncelenmesi

Hakan Türker¹, Elif Büyük Ögüt^{2*}

¹ Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilimdalı, Kocaeli, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2111-8492), hakan-turker@hotmail.com

^{2*} Kocaeli Üniversitesi, Hereke Asım Kocabıyık MYO, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Kocaeli, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5647-4040), elif.ogut@kocaeli.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1112755)

ATIF/REFERENCE: Türker, H., Ögüt, E.B. (2022). Düz Bir Mikrokanal İçerisindeki Hibrid Nanoakışkanın Akış ve Isıl Karakteristiklerinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 255-261.

Öz

Bu çalışmada düz bir mikrokanal içerisindeki hibrid nanoakışkanın ısı ve akış karakteristikleri incelenmiştir. Bunun için hibrid nanoakışkanlar kullanılmıştır. Baz sıvıya nanoakışkan kullanımı ile suyun ısıl iletkenliği artırılarak ısı transferinde iyileştirmeler sağlanmaktadır. Birden fazla nanopartikülün çeşitli hacim fraksiyonlarında baz sıvıya ilave edilmesi ile hibrid nanoakışkan kavramı ortaya çıkmaktadır. Bu sayede tek çeşit partikül ile elde edemediğimiz ısı verim artışını elde etme fırsatı yakalamaktayız. Çalışmada baz akışkan olarak su kullanılmış olup nanopartikül olarak Al₂O₃ ve CuO kullanılmıştır. Hacim fraksiyonu olarak %1, %2, %3, %4, %5 oranlarında baz akışkana nanopartikül ilave edilmiştir. Laminer akış rejiminde gerçekleştirilen sayısal çalışmada Reynolds sayıları 100, 300, 700, 1000 olarak ele alınmıştır. Bu çalışmada sonlu hacimler metoduna dayanan ANSYS Fluent yazılımı kullanılmıştır. Analizler tek fazlı akış yöntemi esasına göre yapılmıştır. Sonuçlar değişen Re sayısı aralığında Nusselt Sayısı, ısı taşınım katsayısı ve basınç düşümü grafikleri ile sunulmuştur. Re sayısının artması ve baz akışkan içerisindeki nanopartikülün hacimsel fraksiyon oranının artması ile taşınım katsayısı önemli bir şekilde artmıştır. Artan Re sayılarında bu etki daha da belirgin hale gelmektedir. Artan hacim fraksiyonlarında Nu sayısında bir azalma söz konusu olmaktadır. Ortalama Nu sayısındaki bu azalma, suya nanopartikül ilave edilmesi sonucunda akışkanın ısı iletim katsayısında meydana gelen artışın, akışın ısı taşınım katsayısında meydana gelen artıştan daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Baz akışkan içerisindeki nanopartikül oranının artması ile basınç düşümü artmaktadır. Basınç düşümündeki bu duruma sebebiyet veren ise viskozitede meydana gelen artıştır.

Anahtar Kelimeler: Hibrid nanoakışkan, ANSYS Fluent, Mikrokanal, Laminer akış, Isı transferi.

Investigation of Flow and Thermal Characteristics of Hybrid Nanofluid in a Straight Microchannel

Abstract

In this study, the thermal and flow characteristics of the hybrid nanofluid in a straight microchannel were investigated. For this, hybrid nanofluids were used. Improvements in heat transfer are provided by increasing the thermal conductivity of water with the use of nanofluids in the base fluid. By adding more than one nanoparticle in various volume fractions to the base liquid, the concept of hybrid nanofluid emerges. In this way, we have the opportunity to achieve the increase in thermal efficiency that we cannot achieve with a single type of particle. In the study, water was used as the base fluid and Al₂O₃ and CuO were used as nanoparticles. Nanoparticles were added to the base fluid as volume fractions of 1%, 2%, 3%, 4%, and 5%. In the numerical study performed in the laminar flow regime, Reynolds numbers are considered as 100, 300, 700, 1000. In this study, ANSYS Fluent software based on the finite volume method was used. Analyzes were made on the basis of single-phase flow method. The results are presented with Nusselt Number, heat transfer coefficient and pressure drop graphs in varying Re number ranges. The convection coefficient increased significantly with the increase of the Re number and the increase in the volume fraction ratio of the nanoparticle in the base fluid. This effect becomes more pronounced with increasing Re numbers. There is a decrease in Nu number with increasing volume fractions. This decrease in the average Nu number is due to the fact that the increase in the heat transfer coefficient of the fluid as a result of adding nanoparticles to the water is greater than the increase in the heat transfer coefficient of the flow. The pressure drop increases with the increase of the nanoparticle ratio in the base fluid. The reason for this situation in pressure drop is the increase in viscosity.

Keywords: Hybrid nanofluid, ANSYS Fluent, Microchannel, Laminar flow, Heat transfer.

1. Giriş

İmalat sektöründeki Ar-Ge faaliyetleri neticesinde ısı değiştiriciler ebat olarak mikro boyutta imal edilmeye başlanmıştır. Hidrolik çapı 1-100 µm arasında değere sahip olan kanallar mikro kanal olarak adlandırılmaktadır. Kullanım ömrünün uzun olması, hafif olması, daha ucuz olmaları sebebiyle mikro ölçekli kanallardan oluşan sistemler literatür ve pratikteki üstünlükleri dolayısıyla mühendislikte kendine önemli bir yer açmıştır. Mikro kanallar 2000'li yılların başında itibaren kullanımı git gide yaygınlaşmaya başlamıştır. Mikro kanallar geleneksel kanallar ve boru akışlarına kıyasla daha verimli bir ısı transferi mekanizmasına sahiptir. Günümüzde elektronik bileşenler ve cihazların soğutulması üzerine birçok deneysel ve sayısal çalışmanın yapıldığı, dünya çapında sürekli olarak araştırma geliştirme konusunda ilgi uyandıran bir konudur. Mikro ölçekteki kanallar ve borulardaki akışların geleneksel kanallar ve borular ile kıyaslanması, ısı transferi mekanizmaları arasındaki farklılıklar, bu farklılıkların kanunlar ile çözümlenmeye çalışılması ve bunun mikro ölçekteki ısı değiştiricilerinin tasarımının geliştirilmesinde kullanılması düşüncesi bu alanda çok fazla sayıda araştırma yapılmasına sebebiyet vermiş ve tüm bunların neticesi olarak yeni teknolojilerin gelişimi için oldukça faydalı olmuştur. Mikro kanalların kullanıldığı birçok endüstriyel uygulama alanı mevcuttur. Mikro elektromekanik sistemlerin (MEMS) soğutulması oldukça mühim bir husustur. Bu sistemler büyük ölçüde ısı açığa çıkarmaktadır. Geleneksel soğutma yöntemleri ve ısı transferi mekanizmaları bu sistemleri soğutmada yetersiz kalmaktadır. Isı transferi mekanizmalarında verimi artırma yöntemleri aktif ve pasif olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Pasif yöntemler genellikle yüzey alanının artırılması, akış alanı içerisine kanatçık yerleştirilmesi, akışkanın termofiziksel özelliklerinin değiştirilmesi gibi durumları içerirken aktif yöntemler de dışarıdan cebri bir temas söz konusudur. Mikro boyuttaki kanallar küçük boyut ve ağırlıkları, akışkan debisinin düşük olması ve yüksek ısı akıları nedeniyle MEMS teknolojisinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Ancak mikro kanalların MEMS teknolojisinde kullanımını cazip kılan avantajlarının yanı sıra küçük hidrolik çap, basınç düşümü, çift fazlı akışlarda kaviteasyon ve akış analizi için kullanılacak teorilerin belirsizliği gibi birtakım dezavantajları da söz konusudur. Isınma probleminin ortaya çıktığı önemli endüstriyel uygulamalardan birisi de elektronik cihazların yarı iletken bileşenleridir.

Vinoth ve Sachuthananthan [1] yaptıkları çalışmada yeni tasarlanmış beşgen, üçgen kesitlere sahip eğik kanatlı bir mikro kanallı ısı alıcının ısı transferi ve akış özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada nanoakışkan ve hibrid nanoakışkan ayrı ayrı kullanılmıştır. Kullanılan nanoakışkanlar; CuO-Su, Al₂O₃-Su olmakla beraber Al₂O₃-CuO/Su hibrid nanoakışkanı kullanılarak deneysel bir çalışma yapmışlardır. Deneysel sonuçlar eğik kanatlı beşgen mikro kanallı geometride, üçgen kanatlı geometri ile karşılaştırıldığında, beşgen kanallı geometri için ısı transfer hızının ve basınç düşüşünün sırasıyla %12,3 ve %16,5 arttığını bildirmişlerdir. Buna ilaveten hibrid nanoakışkan kullanımının daha yüksek ısı transfer hızları ortaya çıkardığı görülmüştür. Pompa gücü hibrid nanoakışkan ve nanoakışkan arasında % 4,1'lik bir sapma göstermiştir.

Krishna ve ark. [2] dairesel mikro kanallı bir ısı alıcıda soğutucu akışkan olarak hibrid nanoakışkanın laminar akışı için ısı transferi ve basınç düşüşü özelliklerinin incelenmesi için sayısal bir çalışma yürütmüşlerdir. Soğutucunun performansı, %1

ile %3 arasında değişen hacim fraksiyonlarında ve farklı kütleli debiler için çok duvarlı karbon nano tüpler (MWCNT)-CuO/Su bazlı hibrid nanoakışkan kullanarak inceleme yapmışlardır. Reynolds sayısının pompalama gücü ve ısı transfer hızı üzerindeki etkisi, MWCNT-CuO/Su bazlı hibrid nanoakışkanların farklı karışım oranları için incelenmiş ve MWCNT/Su ve CuO/Su hibrid olmayan nanoakışkanlar (mono nanoakışkan) için benzer çalışmalar yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre hibrid nanoakışkanların mono nanoakışkanlara göre ısı transferinde bir artış olduğunu ve ısı transferinin hacim fraksiyonundaki artışla arttığını göstermektedir. Nusselt sayısındaki maksimum artışı, hibrid MWCNT-CuO/Su nanoakışkanının %3 hacim fraksiyonunda olduğunu bulmuşlardır. Sırasıyla CuO/Su ve MWCNT/Su mono nanoakışkanları ile karşılaştırıldığında %4,68 ve %12,64'lük bir artış olduğunu bildirmişlerdir. Basınç düşüşü sonuçlarında ise hibrid MWCNT-CuO/Su nanoakışkanının CuO/Su nanoakışkanlarına kıyasla daha az basınç düşüşüne sahip olduğunu ve suya kıyasla 300 Pa'lık bir basınç düşüşü artışının bulunduğunu ifade etmişlerdir. Bu sonuçlar ile mononanoakışkanlar ve suya kıyasla hibrid nanoakışkanlarla pompalama gücünde önemli bir artış olmadığını bildirmişlerdir.

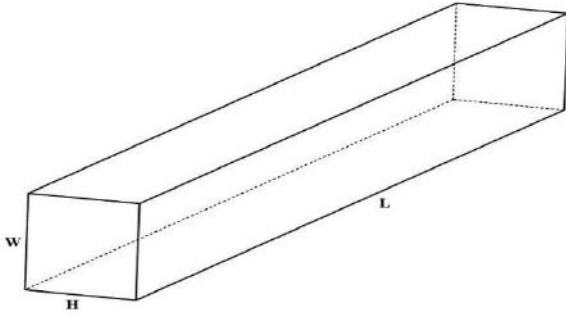
Zargartalebi ve Azaiez [3] nanopartikül özelliklerinin soğutma performansı üzerindeki etkilerini, iki bileşenli bir nanoakışkan modeli kullanarak incelemişlerdir. Nanopartikül dağılımının ısı transferi üzerinde önemli etkilere sahip olduğu ve homojen nanoakışkan modellerinden farklı bir davranış sergilediğini ifade etmişlerdir. Nanoparçacıkların ısı transferi üzerindeki etkisinin akış rejimine bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Nanoakışkan viskozitesinin de ısı transferinin iyileştirilmesi üzerinde olumsuz etkileri olduğunu göstermişlerdir ve bu etkinin atalet kuvvetleri arttıkça daha da çoğaldığını bildirmişlerdir.

Sadiq Al-Baghdadi ve ark. [4] kanal içerisinde farklı nanopartikül kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada SiO₂, Al₂O₃ ve CuO'in baz akışkana ilavesi ile ortaya çıkan nanoakışkanlar arasındaki ısı ve akış karakteristiklerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre Al₂O₃ ve CuO, SiO₂'ye kıyasla daha üstün bir verim ortaya koymuştur. Al₂O₃ ve CuO, suya ve SiO₂ ye göre ısı taşınım katsayısında daha yüksek değerler ortaya çıkarırken Nu sayısında düşüş meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Martinez ve ark. [5] sabit kesitli, farklı yükseklikteki dikdörtgen mikro kanallarda su bazlı bir nanoakışkanın laminar üç boyutlu akışını incelemişlerdir. Bunun yanı sıra mikro kanallarla ısı alıcıların termal ve hidrolik performansı üzerinde dağılmış TiO₂ nanopartiküllerinin konsantrasyonunu analiz etmişlerdir. Çalışma ile birlikte sürtünme faktörü, nusselt sayısı, taşınım ısı transfer katsayısı ve sıcak duvarın ortalama sıcaklığı belirlenmiştir. Sonuçlar hem nanoakışkanların kullanımının hem de mikrokanal yüksekliğinin azaltılmasının, düşük Reynolds sayılarında ısı transferini olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

2. Materyal ve Metot

Mevcut çalışma düz mikrokanal geometrisine sahip bir kanalda farklı Re sayılarında ve farklı hacim fraksiyonlarındaki hibrid nanoakışkanın ısı ve akış karakteristikleri için sayısal bir çalışma olarak ele alınmıştır. ANSYS Fluent 2019 R3 yazılımı kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Suyun ve nanoakışkanın oluşturduğu akışkan tek faz olarak ele alınmıştır. Baz akışkan olarak su kullanılmıştır. Nanopartikül olarak Al₂O₃ ve CuO kullanılmıştır. Ele alınan düz mikrokanal geometrisi Şekil 1 de sunulmuştur.



Şekil 1. Düz mikrokanal geometrisi

Mikrokanal tasarım ölçüleri Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Mikrokanal tasarım ölçüleri

Hidrolik Çap (D _h)	W	H	L
[m μ]	[m μ]	[m μ]	[mm]
100	100	100	40

2.1. Yönetici Denklemler ve Matematiksel Modelleme

Sıkıştırılmaz akış için süreklilik denklemi;

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

x momentum denklemi;

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \nabla^2 u \quad (2)$$

y momentum denklemi;

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} + \nu \nabla^2 v \quad (3)$$

z momentum denklemi;

$$u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial z} + \nu \nabla^2 w + g\beta(T - T_0) \quad (4)$$

Enerji denklemi;

$$u \frac{\partial \theta}{\partial x} + v \frac{\partial \theta}{\partial y} + w \frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{1}{\text{RePr}} \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right) \quad (5)$$

Mevcut çalışmada makro sistemlerde kullanılan eşitliklerin geçerli olabilmesi için Knudsen Sayısının (Kn) hesaplanması gerekmektedir. Kn sayısı Denklem 6 ile ifade edilmiştir.

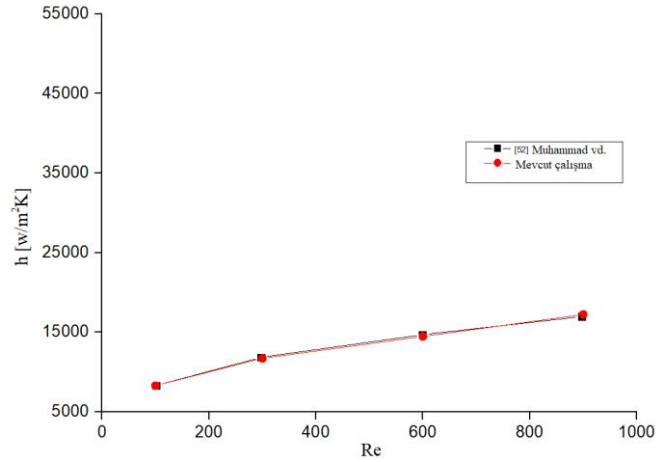
$$\text{Kn} = \frac{\lambda}{L} \quad (6)$$

Burada λ ortalama serbest yolu L karakteristik uzunluğu ifade etmektedir [6].

Suyun moleküler ortalama serbest yolu (λ) 0,278 nm’dir. Karakteristik uzunluk, hesaplamalarda hidrolik çap olarak ele alınmıştır. Kn sayısı, baz sıvı moleküllerinin molekül ortalama serbest yolunun karakteristik uzunluğa oranı olarak tanımlanmaktadır. Kn sayısı Denklem 6 ile hesaplanarak su için bu değer 1.39×10^{-6} olarak hesaplanmıştır. $\text{Kn} < 10^{-3}$ sınırları içerisinde, sürekli akış rejimi geçerli olmaktadır. $\text{Kn} < 10^{-3}$ aralığında akışkan hareketi kayma sınır koşulları ihmal edilerek Navier-Stokes denklemleri kullanılabilir. Akış sıkıştırılmaz, sürekli ve üç boyutlu olarak ele alınmıştır. Termofiziksel özelliklerin sıcaklıkla ve zamanla değişmediği varsayımı yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında yapılan modellemenin, ısı transferi ve akışkanlar mekaniği modellemesinin doğruluğunu kıyaslamak

adına literatürden doğruluğunu deneysel bir çalışma ile pekiştirmiş nümerik bir analizden faydalanılmıştır. Bu çalışmada araştırmacılar nanoakışkanın düz ve dalgalı mikrolanallarda davranışını ve verimini incelemişlerdir [7].



Şekil 2. Mevcut çalışmanın doğrulanması

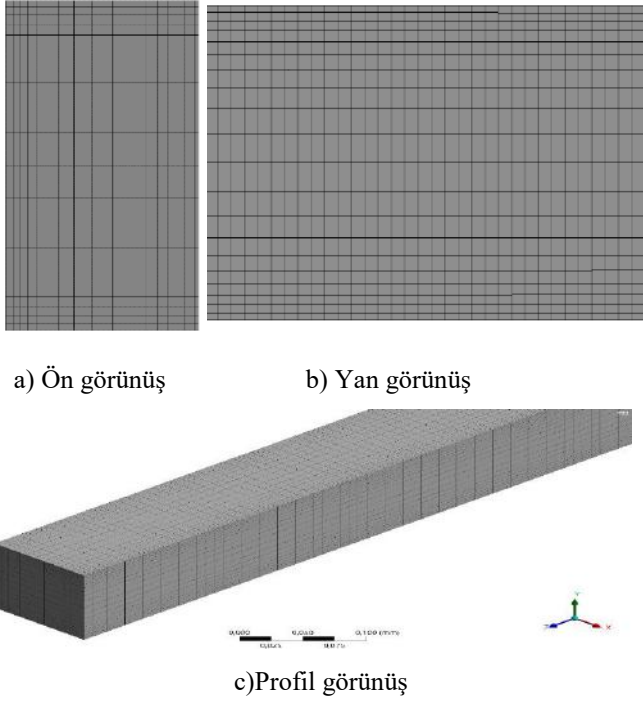
ANSYS Fluent paket programında yapılan analizlerden elde edilen verilerin doğruluğunu ispatlamak amacıyla daha önce yayınlanmış ve kabul görmüş çalışmanın sonuçlarıyla kıyaslama yapılmış ve Şekil 2’de sunulmuştur. Sonuçların birbiri ile oldukça uyumlu olduğu grafikten de açıkça görülebilmektedir. Yapılan bu çalışmada sonuçların ağdan bağımsız olduğunu belirlemek için farklı ağ yapı ve sayılarındaki analiz sonuçları Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Ağ bağımsızlığı

Hücre sayısı	Basınç düşümü (ΔP)[Pa]	ΔP (%)
0098640	22484,17	-
0242400	22593,94	0,485815
0428480	22620,58	0,117789
0721440	22655,62	0,154631
1014220	22670,14	0,064070
1520760	22672,17	0,008975
3200000	22689,10	0,074604

Yapılan ağdan bağımsızlık testine göre Tablo 2. incelendiğinde hücre sayısı 1520760 olan model ile hücre sayısı 1014220 olan model arasındaki farkın %0,008975 olduğu görülmüştür ki bu değer oldukça küçük bir değerdir. Hücre sayısı 3200000 olan model ile hücre sayısı 1520760 olan model arasındaki fark ise 0,074604 olarak bulunmuştur. Buradaki fark %0,008975 ten daha fazladır. Fakat buna rağmen bu değer oldukça küçüktür ve hücre sayısı 2 katına çıkarıldığında bu değer elde edilmiştir. Yani hücre sayısının 2 katına çıkarılması ile basınç düşümü sadece 16 Pa kadar değişmiştir. Tüm bu sebeplerden dolayı yapılan analizler 1520760 hücre adetine ait olan modellemeye göre yapılması uygun bulunmuştur.

Modellemede kullanılan ağ yapısı Şekil 3 ile ifade edilmiştir.



Şekil 3. Düz mikrokanaalın hücrelere ayrılmış görünümü

Bu çalışma kapsamında ele alınan sistemde baz akışkan olarak su kullanılmıştır. Nanopartikül olarak Al_2O_3 ve CuO kullanılmış olup, eşit miktarda suya ilave edilmiştir. Yani suya karıştırılan toplam hacim fraksiyonunun yarısını Al_2O_3 diğer yarısını ise CuO oluşturmaktadır. Suya karıştırılan nanopartikül hacim fraksiyonları %1, %2, %3, %4 ve %5 olarak ele alınmıştır. Suyun ve kullanılan nanopartiküllerin termofiziksel özellikleri 25 °C için Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Su, Al_2O_3 ve CuO termofiziksel özellikleri [8], [9]

	Yoğunluk(ρ) [kg/m ³]	Özgül ısı (C_p) [J/kg.K]	Termal İletkenlik (k) [W/m.K]	Dinamik viskozite (μ) [kg/m s]
Su	997,1	4189	0,613	$8,91 \times 10^{-4}$
Al_2O_3	3600	765	36	-
CuO	6500	533	17,65	-

2.2. Hibrid Nanoakışkanların Termofiziksel Özelliklerinin Tayini ve Yönetici Denklemler

Bu çalışma kapsamında kullanılan nanopartiküllerin suda homojen olarak dağıldığı kabulü yapılmış olup, iş akışkanı tek faz olarak ele alınmıştır. Çift faz ve tek fazlı modellemeler üzerine birçok araştırma yapılmış olup, deneysel ve sayısal karşılaştırmalı sonuçları literatürde mevcuttur. Hibrid nanoakışkanın termofiziksel özelliklerinin tayini için aşağıdaki denklemler kullanılmıştır [10], [11].

Mevcut çalışmada klasik iki fazlı akış formülasyonları kullanılarak akışkanların etkin yoğunluğu hesaplanmıştır. Yoğunluğun sıcaklıkla değişmediği varsayımı yapılmıştır.

$$\rho_{hnf} = (1 - \phi)\rho_f + \phi\rho_{np} \quad (7)$$

Denklem 7 ile hibrid nanoakışkanın yoğunluğu ifade edilmiştir. Burada ρ_{hnf} hibrid nanoakışkanın yoğunluğu, ϕ hacim fraksiyonu, ρ_f baz akışkanın yoğunluğu ve ρ_{np} hibrid nanopartiküllerinin yoğunluğudur.

$$(\rho C_p)_{hnf} = (1 - \phi)(\rho C_p)_f + \phi(\rho C_p)_{np} \quad (8)$$

Denklem 8 ile hibrid nanoakışkanın özgül ısı hesaplanmıştır.

$$\mu_{hnf} = \frac{\mu_f}{(1 - \phi)^{2,5}} \quad (9)$$

Viskozite Brinkman modeli kullanılarak belirlenmiştir. Denklem 9 ile ifade edilen eşitlikte μ_{hnf} hibrid nanoakışkanın viskozitesi ve μ_f baz akışkanın viskozitesidir.

$$k_{hnf} = \frac{k_{np} + (n-1)k_f - (n-1)(k_f - k_{np})\phi}{k_{np} + (n-1)k_f + (k_f - k_{np})\phi} \quad (10)$$

Termal iletkenlik Hamilton ve Crosser denklemi ile hesaplanmıştır. Denklem 10 ile ifade edilen eşitlikte k_{hnf} hibrid nanoakışkanın ısı iletim katsayısı, k_{np} hibrid nanopartikülün ısı iletim katsayısı, n şekil faktörü, k_f baz akışkanın ısı iletim katsayısıdır.

Al_2O_3 ve CuO 'nun Denklem (7-10) ile ifade edilen termofiziksel özellikleri aşağıdaki denklemler ile ifade edilmektedir.

$$\phi = \phi_{Al_2O_3} + \phi_{CuO} \quad (11)$$

$$\rho_{np} = \frac{\phi_{Al_2O_3}\rho_{Al_2O_3} + \phi_{CuO}\rho_{CuO}}{\phi} \quad (12)$$

$$k_{np} = \frac{\phi_{Al_2O_3}k_{Al_2O_3} + \phi_{CuO}k_{CuO}}{\phi} \quad (13)$$

$$(\rho C_p)_{np} = \frac{\phi_{Al_2O_3}(\rho C_p)_{Al_2O_3} + \phi_{CuO}(\rho C_p)_{CuO}}{\phi} \quad (14)$$

Nanoakışkan, içeriğinde hem katı hem de sıvı faz barındıran çift-fazlı bir karışımdır. Fakat, nanoakışkanın içerisinde bulunan katı nanopartikül boyutları genellikle 100 nm'den daha küçük (mevcut çalışmada 29-45 nm) olan nanopartiküllerden oluşmaktadır. Nanoakışkan içerisindeki nanopartikül boyutları 100 nm'den daha küçük olduğundan, nanoakışkan bir karışım gibi değil saf bir akışkan gibi davranmaktadır. Bundan dolayı nanoakışkan akışı tek fazlı akış denklemleri kullanılarak modellenilebilir [12].

Yönetici denklemler kütle, momentum ve enerjinin korunumu temellerine dayanarak oluşmaktadır. Bu çalışma kapsamında, akış üç boyutlu, sürekli, laminar ve sıkıştırılmaz akışkanın özellikleri sıcaklıktan bağımsız, viskoz yayılım etkileri ve radyasyon etkileri ihmal edilebilir olduğu kabulleri yapılarak ele alınmıştır.

Ortalama ısı taşınım katsayısı değeri Denklem 15 ile tayin edilmiştir.

$$h = \frac{Q}{T_w - \frac{T_{giris} + T_{cikis}}{2}} \quad (15)$$

Denklem 15 ile ifade edilen eşitlikte h ısı taşınım katsayısı, Q birim alan başına meydana gelen ısı transferi yani ısı akısı, T_w akışkan ve mikrokanaal cidarı arayüzündeki duvar sıcaklığı, T_{giris} giriş sıcaklığı ve son olarak T_{cikis} iş akışkanının mikrokanaalı terk ettiği sıcaklıktır.

Nusselt sayısı Denklem 16, Reynolds sayısı Denklem 17 ile tayin edilmiştir.

$$Nu = \frac{hD_h}{k} \quad (16)$$

$$Re = \frac{\rho V D_h}{\mu} \quad (17)$$

2.3. Başlangıç ve Sınır Şartlarının Tayini

Yönetici denklemlerin uygun bir şekilde çözülebilmesi için ele alınan problemin ısı transferi ve akışkanlar mekaniği temellerine göre uygun bir şekilde sınır şartlarının ve başlangıç koşullarının verilmesi gerekmektedir. Mikrokanaalın alt yüzeyi için sınır şartı

olarak sabit ısı akısı altında 1000 W/m^2 olarak nüfuz ettiği düşünülmüştür. Mikrokanalın diğer üç yüzeyine ise adyabatik sınır şartı tanımlanmıştır. Akış rejimi olarak laminar akış şartlarında gerçekleştiği Re sayısının 100 ile 1000 arasında değiştiği kabul edilmiştir. Akışkanın mikrokanala giriş sıcaklığı 25°C olarak ele alınmıştır.

Mikrokanal girişi için;

$$\mathbf{u} = \frac{\mu Re}{\rho D_h}, \mathbf{v} = \mathbf{0}, \mathbf{w} = \mathbf{0} \text{ ve } T_{\text{akışkan}} = 25^\circ\text{C}$$

Mikrokanal çıkışı için;

$$P_{\text{etkin}} = P_{\text{etkin, çıkış}} = 0$$

Mikrokanalın alt cidarı için;

$$\mathbf{u} = \mathbf{0}, \mathbf{v} = \mathbf{0}, \mathbf{w} = \mathbf{0}, T_{\text{cidar}} = T_{\text{akışkan}} \text{ ve}$$

$$\dot{q}'' = -k_{\text{cidar}} \frac{\partial T_{\text{cidar}}}{\partial n} = 1000 \text{ W/m}^2$$

Mikrokanalın adyabatik kenarları için;

$$\mathbf{u} = \mathbf{0}, \mathbf{v} = \mathbf{0}, \mathbf{w} = \mathbf{0}, T_{\text{cidar}} = T_{\text{akışkan}}$$

$$\dot{q}'' = -k_{\text{cidar}} \frac{\partial T_{\text{cidar}}}{\partial n} = 0,$$

olarak belirlenmiştir.

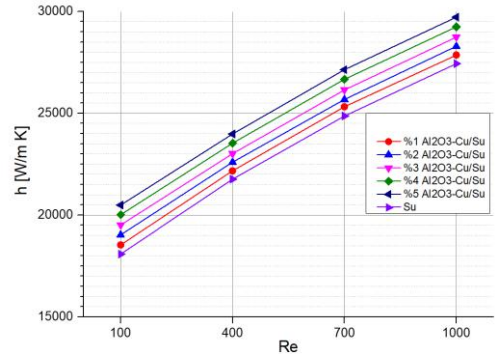
2.4. Fluent İçin Matematiksel Modelin Oluşturulması

Bu çalışma kapsamında ele alınan sistemin sayısal analizi için ANSYS Fluent yazılımı kullanılmıştır. Sonlu hacimler metoduna göre hesaplamalar yapılmıştır. Sınır şartları, kullanılan yönetici denklemler, hesaplamalı akışkanlar dinamiği esasına göre çözülmüştür. Fluent için oluşturulan hücre yapıları dikdörtgen şeklinde olup Şekil 3'de sunulmuştur. Sınır tabaka ayrımalarının yakalanabilmesi için cidara yakın bölgelerde daha sık ağ yapısı oluşturulmuştur.

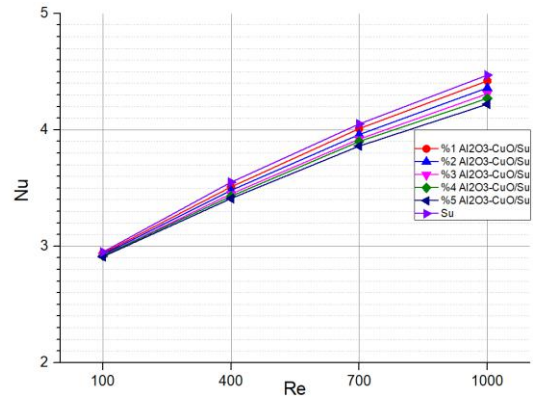
Akış sıkıştırılmaz kabul edilmiştir. Bunu yanında akış sürekli ve daimi olarak ele alındığı için çözümler basınç tabanlı çözücü kullanarak hesaplamalar yapılmıştır. Korunum denklemleri ayrıklaştırılmasında 'second under upwind' metodu ve akış çözümlenmesinde Green-Gauss hücre yöntemi, basınç-hız ayrıklaştırılmasında SIMPLE algoritması uygulanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları Ve Tartışma

Düz bir mikrokanalın Re sayısının ve hacim fraksiyonunun farklı değerleri için ortalama ısı taşınım katsayısı Şekil 4 ile sunulmuştur. Grafikten de açıkça görüleceği gibi Re sayısının artması ve baz akışkan içerisindeki nanopartikülün hacimce oranının artması ile taşınım katsayısı bariz bir şekilde artmıştır. Re sayısının artırılması ile bu fark daha da artmaktadır. Bu beklenen bir durumdur, çünkü Re sayısının artması cidar ile iş akışkanı olan sıvı arasındaki etkileşimi arttırarak konvektif ısı transfer etkilerini arttırmaktadır. Re=100 için ısı taşınım katsayısında su için %11,73 değerinde bir artış sağlanmıştır. Bu değer Re=1000 için %7,68 değerinde bir artış sağlanmıştır.



Şekil 4. Isı taşınım katsayısının Re sayısına bağlı olarak farklı hacim fraksiyonlarına göre değişimi

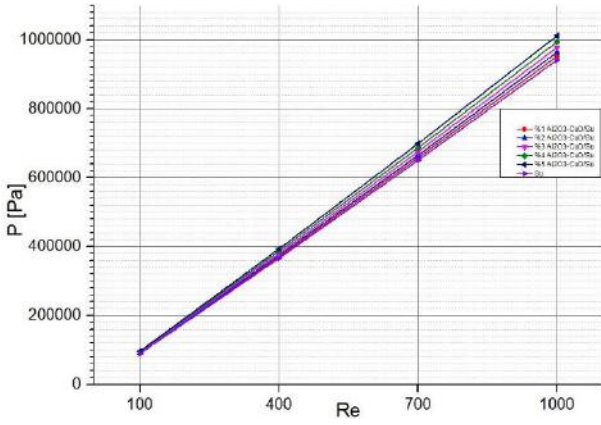


Şekil 5. Nu sayısının Re sayısına bağlı olarak farklı hacim fraksiyonlarına göre değişimi

Düz mikrokanalın Re sayısının ve hacim fraksiyonunun farklı değerleri için ortalama Nusselt sayısı Şekil 5' de sunulmuştur. Grafikten de anlaşılacağı üzere sabit Re sayısında hacim fraksiyonunun artması ile Nusselt sayısı düşmektedir. En yüksek Nusselt sayısı değeri su için elde edilmiştir. Re=100 için su ve %5'lik nanopartikül eklenmesi kıyaslanacak olursa %1,35 gibi bir azalma söz konusudur. Re=1000 değeri için ise Nu sayısındaki bu azalma %5,59 olmaktadır. Ortalama Nusselt sayısındaki bu azalma, suya nanopartikül ilave edilmesi sonucunda akışkanın ısı iletim katsayısında meydana gelen artışın, akışın ısı taşınım katsayısında meydana gelen artıştan daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

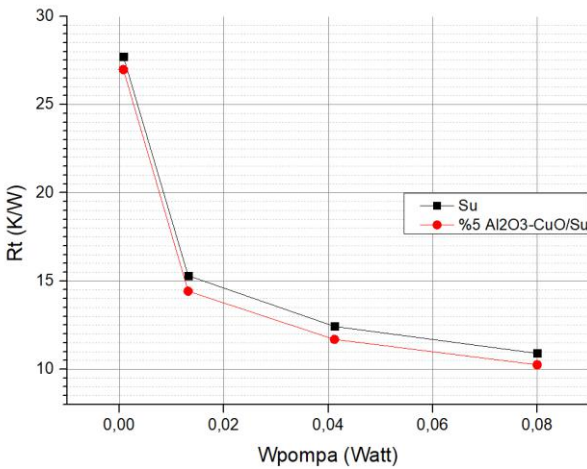
Tablo 4. $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CuO}$ nanopartikülü ilavesi ile suyun ısı iletim katsayısı ve ısı taşınım katsayısında meydana gelen yüzdesel değişimler

φ (%)	Δk (%)	Δh (%)
1	2,69	2,42
2	5,4	4,95
3	7,95	7,30
4	10,38	9,65
5	12,8	11,73



Şekil 6. Basınç düşümünün Re sayısına bağlı olarak farklı hacim fraksiyonlarına göre değişimi

Düz mikrokanala Al₂O₃-CuO/Su hibrid nanoakışkanının farklı hacim fraksiyonlarında ilavesinin, Re sayısına bağlı olarak basınç düşümü Şekil 6. ile sunulmuştur. Baz akışkan içerisindeki nanopartikül oranının artması ile basınç düşümü artmaktadır. Basınç düşümündeki bu duruma sebebiyet veren ise viskozitede meydana gelen artıştır. Re=100 için baz akışkan ve hibrid nanoakışkan ilavesi ile basınç düşümü %6,84 oranında artmıştır. Re=1000 için ise bu değer %6,95 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7. Baz akışkan ve maksimum hacim fraksiyonunda pompalama gücüne karşılık gelen ısı direnç değerleri

Analiz sonuçlarından anlaşılacağı üzere, su ve hibrid nanoakışkan kıyaslaması yapıldığında nanopartikül ilavesi akışın ısı taşınım katsayısını artırarak ısı performansının iyileşmesine neden olurken, buna paralel olarak akışkanın viskozite değerini arttırmasından dolayı basınç düşümünü arttırarak hidrodinamik açıdan olumsuz bir etken sergilemektedir. Bu şartlar altında baz akışkana ilave edilen nanopartikülün genel anlamda olumlu ya da olumsuz sonuçlanıp sonuçlanmadığını anlamak için belirli bir pompalama gücüne tekabül eden ısı direnç değerleri iyi bir yol göstericidir. Şekil 7'den de görüleceği üzere baz akışkana nanopartikül ilavesi ile ısı direnç azalmaktadır. Belirli bir pompalama gücünde hibrid nanoakışkan daha düşük ısı direnç gösterdiği için hidrodinamik olarak baz akışkandan daha üstün bir konumdadır.

4. Sonuç

Bu çalışmada düz bir mikrokanal içerisinde akan hibrid nanoakışkanın ısı ve akış karakteristikleri incelenmiştir. Tek fazlı akış analizinden elde edilen sonuçlara göre, Al₂O₃-CuO/Su hibrid nanoakışkanının, nanopartikül hacimsel oranının artmasıyla birlikte, akışın ısı taşınım katsayısı değeri artarken, aynı zamanda akışın basınç düşümü değerinin de arttığı görülmüştür. Bu durumda hangi parametrenin daha baskın olduğunun yani mikrokanaldaki akış için performansı yorumlamak adına belirli bir pompalama gücündeki ısı direnç hesaplanmıştır. Baz akışkana nanopartikül ilavesi ile belirli bir pompalama gücünde ısı direncin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Buda yapılan çalışmayla baz akışkana hibrid nanoakışkan ilavesinin hidrodinamik performansa olumlu yönde etki gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Kaynakça

- [1] R. Vinoth and B. Sachuthanathan, "Flow and heat transfer behavior of hybrid nanofluid through microchannel with two different channels", International Communications in Heat and Mass Transfer, v.123, pp.105194, 2021.
- [2] V. M. Krishna, M. Kumar, O. Mahesh, P. S. Kumar, "Numerical investigation of heat transfer and pressure drop for cooling of microchannel heat sink using MWCNT-CuO-Water hybrid nanofluid with different mixture ratio", Materials Today: Proceedings, 969-974, 2021.
- [3] M. Zargartalebi, J. Azaiez, "Heat transfer analysis of nanofluid based microchannel heat sink", International Journal of Heat and Mass Transfer, 2018, 1233-1242.
- [4] M. A R Sadiq Al-Baghdadi, Z. M H Noor, A. Zeiny, A. Burns and D. Wen "CFD Analysis of a Nanofluid-Based Microchannel Heat Sink", Thermal Science and Engineering Progress, vol. 20 p. 100685, 2020
- [5] V.A. Martínez, D.A. Vasco, C. M. García-Herrera, R. Ortega-Aguilera, " Numerical study of TiO₂-based nanofluids flow in microchannel heat sinks: Effect of the Reynolds number and the microchannel height", Applied Thermal Engineering, v.161, pp.114130, 2019.
- [6] S. Savithiri, A. Pattamatta , S.K. Das, "Scaling analysis for the investigation of slip mechanisms in nanofluids", Nanoscale Research Letters, v.6, pp. 471, 2011.
- [7] M.Z. Khan, M.Y. Younis, N. Akram, B. Akbar, U.A. Rajput, R. A. Bhutta, E. Uddin, M. A. Jamil, F.P.G. Márquez, F. B. Zahid, " Investigation of heat transfer in wavy and dual wavy micro-channel heat sink using alumina nanoparticles", Case Studies in Thermal Engineering, v.28, 101515, 2021
- [8] F. Ahmed, M. A. Abir, M. Fuad, F. Akter, P.K. Bhowmik, S.B. Alam, D. Kumar, "Numerical investigation of the thermo-hydraulic performance of water-based nanofluids in a dimpled channel flow using Al₂O₃, CuO, and hybrid Al₂O₃-CuO as nanoparticles" Heat Transfer ,1-26, 2021.
- [9] R. S. Vajjha, D. K. Das and D. P. Kulkarni, "Development of new correlations for convective heat transfer and friction factor in turbulent regime for nanofluids", International Journal of Heat and Mass Transfer, v.53, pp.4607-4618, 2010.
- [10] I. Behroyan, P. Ganesan, S. He, S. Sivasankaran, "Turbulent forced convection of Cu-water nanofluid: CFD model comparison", International Communications in Heat and Mass Transfer', v.67, pp.163-172, 2015.

- [11] E. Aminian, H. Moghadasi, H. Saffari, “Magnetic field effects on forced convection flow of a hybrid nanofluid in a cylinder filled with porous media: a numerical study”, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, v.141, pp. 2019-2031, 2020.
- [12] Uysal C., “Dikdörtgen Kesitli Mikrokanallarda ZnO-Etilen Glikol Nanoakışkanının Akış ve Isı Transferi Karakteristiklerinin Sayısal Olarak Modellenmesi”, Doktora Tezi, 2016, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.



Design and Structural Analysis of Trailer Sliding Underrun Protection Device Complied with ECE R58.03 Regulation

Eray Resul Özcan^{1*}, Sinan Serdar Özkan², Miraç Mutlu³

^{1*} Sakarya University of Applied Science, Faculty of Technology, Department of Mechatronic Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-6023-826X), y195010059@subu.edu.tr

² Sakarya University of Applied Science, Faculty of Technology, Department of Mechatronic Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3509-2374), sozkan@subu.edu.tr

³ Tirsan Treyler San. ve Tic. A.Ş., Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-0048-0361), mirac.mutlu@tirsan.com

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1112435)

ATIF/REFERENCE: Özcan, E. R., Özkan, S. S. & Mutlu, M. (2022). Design and Structural Analysis of Trailer Sliding Underrun Protection Device Complied with ECE R58.03 Regulation. *European Journal of Science and Technology*, (36), 262-268.

Abstract

In this study, a new, innovative design and structural analysis of trailer sliding rear underrun protection device (RUPD) that complied with UN ECE R58.03 regulation has been made. The technical design norms that determined by United Nations (UN) were considered the key factor for the design parameters. Finite Element Analyses (FEA) were carried out considering the strength test standards specified in the UN ECE R58.03 regulation. Stress distribution was evaluated in the analyzes applied to RUPD. According to stress result of the P1 test condition analysis, the highest stress value was obtained as 839 MPa on hinge mechanism's pins and also during the P2 condition the stress level on same pins were above 1100 MPa. Considering the stress datas from FEA, it was concluded that the design had to be revised. After revision the stress levels decreased, but levels were close to the yield strength of materials that used. Based on all data obtained, authors decided that design is trustworthy enough to be produced and physical tested, but after the physical testing additional minor revisions may be needed.

Keywords: Trailer, Rear Underrun Protection Device (RUPD), Finite Element Analysis (FEA), Bumper, Sliding RUPD.

ECE R58.03 Yönetmeliğine Uygun Treyler Kayar Arka Koruma Donanımı Tasarımı ve Yapısal Analizi

Öz

Bu çalışmada, UN ECE R58.03 yönetmeliğine uygun treyler arka koruma donanımı için yeni ve yenilikçi bir tasarım ve bu tasarımın yapısal analizi yapılmıştır. Birleşmiş Milletler (BM) tarafından belirlenen teknik tasarım normları, tasarım parametreleri kilit faktörler olarak kabul edilmiştir. Sonlu Eleman Analizleri (FEA) UN ECE R58.03 yönetmeliğinde belirtilen dayanım test standartları dikkate alınarak yapılmıştır. Donanıma uygulanan analizlerde stres dağılımı değerlendirilmiştir. P1 test durumu analizi stres sonucuna göre menteşe mekanizmasının pimlerinde en yüksek gerilim değeri 839 MPa olarak elde gözlemlenmiş ve P2 koşulunda aynı pimlerdeki gerilim seviyesi 1100 MPa'nın üzerinde hesaplanmıştır. FEA'dan gelen stres verileri dikkate alındığında tasarımın revize edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Revizyondan sonra stres seviyeleri azalma gözlemlenmiş, ancak seviyeler kullanılan malzemelerin akma dayanımına yakın olarak saptanmıştır. Elde edilen tüm verilere dayanarak, yazarlar tasarımın üretilecek ve fiziksel olarak test edilecek kadar güvenilir olduğuna karar vermişlerdir, ancak fiziksel testten sonra ek, revizyonlara ihtiyaç duyulabileceği not edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Treyler, Arka Koruma Donanımı, Sonlu Elemanlar Analizi (SEA), Tampon, Kayar Arka Koruma Donanımı.

* Corresponding Author: y195010059@subu.edu.tr

1. Introduction

Since the very beginning of transportation vehicle's history, accidents involving casualties has been seemed as the most important case to be avoided. The risk of being killed in traffic rise people's attention due to survival instinct.

Owing to technological developments, global pandemic restrictions, legal obligations etc. the risk of being killed in traffic accidents has decreased in worldwide. Especially drop in traffic because of pandemic restrictions seems as the key factor for this decrease. According to WHO (WHO, 2021), in some countries, Netherlands and Australia, accidents with casualties has increased. This data allows inferences to be made that drop in traffic is not the sole factor for death rates, also current technological developments and norms may not be sufficient enough.

From the motor traffic safety point of view, two important goals should be considered. The first one is to reduce the probability of a crash (active safety) and the other one is to minimize the car crash effects (passive safety). (Gidlewski, Jackowski, Posuniak, 2022) Passive safety requirements of vehicles are mainly covered by safety standards. The vehicles must obey the rules that established by governments and standard organizations and must equip the safety devices. Otherwise, the transport that has been produced is illegal to be in the traffic.

Standard safety equipments differ from each other based on the vehicle that being used or where they are being used on vehicles. In this paper, the rear underrun protection device (RUPD) at the rear of trailers is reviewed.

Rear underrun protection (RUP) aims to reduce the injury severity for the occupants of passenger cars that collide with a heavy goods vehicle (HGV). (Smith, Grover, 2008) When a smaller vehicle respect to trailers collide to the rear of trailer, the vehicle tends to slide under the trailer chassis due to gap between the chassis and ground. As shown in Fig.1, the collusion causes catastrophic damage to the vehicle and passengers in vehicle.



Fig. 1 2010 Chevrolet Malibu Front into 2007 Hyundai Trailer Rear Crash Test (Wegmuller, von der Weid, 2011)

As demonstrated in Fig. 2, RUPD is commonly made of two main components. The first one is cross members and second is support member. The structure consists of devices that are fixed to chassis components or other structures on the vehicle. (Feng, Liu, 2018) RUPD components can be manufactured from different materials and different production methods, provided that they remain within the safety regulations. The most common materials that has been used are steel, due to their strength, and aluminum, owing to light weight.

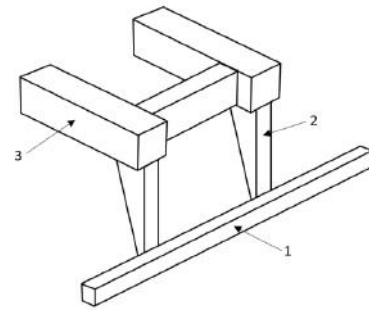


Fig. 2 Standard Rear Underrun Protection Device Representation. 1-Guard Bar, 2-Support Member, 3-Chassis (Gidlewski, Jackowski, Posuniak, 2022)

Depending on the working environment in which they used and the good they made to transport, trailers have different types of structures. Based on trailer variables and their requirements rear underrun protection devices must also have variants. Mainly RUPDs have two types. One of them is fixed, and the other one's adjustable.



Fig. Kässbohrer Container Chassis (Kässbohrer, 2022)

Adjustable RUPDs are largely used on non-extendable fixed container chassis. Fixed container chassis, demonstrated in Fig. 3, have robust frame system. Because of loading trailer with containers that have different dimension, displayed in Fig. 4, the dimension between rear end of container and RUPD changes. Even though in accordance with the regulations, dimension between containers' tail end and RUPD doesn't have to be in a range that set by regulations, due to traffic safety, the rear underrun protection is adjusted to the regulation dimension range.



Fig. 4 Container Chassis Loaded with 40 ft. (left) and 45 ft. (right) Containers.

Even though the safety regulations on RUPD differ among themselves, they are based on the same foundations. These regulations contain restrictions, requirements, classification, and approval for RUPD design, the vehicle categories that can be used in, installation on vehicles, test conditions etc. Also, penalties for

non-conformity of production can be found in these regulations. In this paper, UN ECE R58.03 (UN) was used as the reference for evaluating the capability of the RUPD.

According to UN ECE R58.03 norm, there are basic design requirements for the RUPDs for the rear underrun protective device (RUPD) to function as required.

At the rear of a motor truck there is a big ground clearance under the trailer’s load bed, which makes it possible for a passenger car to run into the space under the trailer. (Gidlewski, Jackowski, Posuniak, 2022) Thus RUPD’s placement is very significant. Protection devices’ the ground clearance cannot exceed 450 mm or departure angle up to 8° with a maximum ground clearance of 550 mm is deemed to satisfy the requirements, demonstrated in Fig. 5.

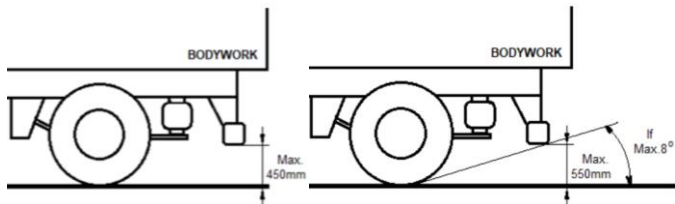


Fig. 4 Dimensional Limits of Ground Clearance of RUPD According to UN ECE R58.03 (UN)

Similarly ground clearance, the dimension between RUPD and trailer’s tail end has to be in limit values. ECE R58.03 requires that during rear impact the distance between RUPD and rear extremity of trucks not more than 400mm, but there is no specific energy absorption requirement (Abid, Roslin, 2019) unlike other regulations from world, i.e., FMVSS 223/224 (USA), CMVSS 223 (Canada), GB 11567-2017 (China).

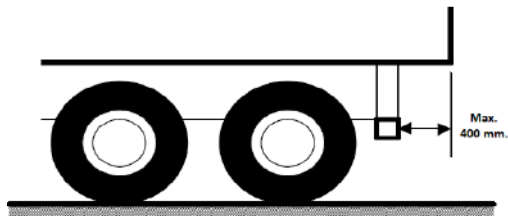


Fig. 5 Dimensional Limits Distance Between RUPD and Trailer Tail End According to UN ECE R58.03 (Pooudom, 2018)

RUPD’s width (Y from Fig. 6) cannot exceed the vehicle’s widest rear axle width, measured from the outer edge of the wheels, excluding the tire bulge near the ground, and cannot be shorter than 100 mm on either side.

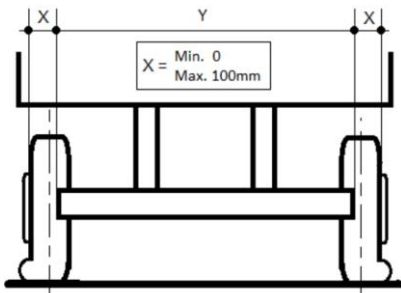


Fig. 5 Dimensional Width According to UN ECE R58.03 (UN)

RUPD Guard bars’ shape, material and production method can be changed due to technical requirements. But bars’ section height cannot be less than 120mm.

In order to design a RUPD that is convenient with ECE R58.03 regulation, device must meet all the above-mentioned requirements. Nonetheless relevance to basic design requirements is not sufficient enough, it also must pass the strength test. In strength test, protection devices are applied to different loads, Table 1, from different points of guard bar, as shown in Fig.6. When the loads are applied separately, under test load, the maximum total deformation can be 100 mm on the guard.

Table 1. UN ECE R58.03 Strength Test Conditions (UN)

Points	Force [kN]
P_1	100
P_2	100
P_3	180

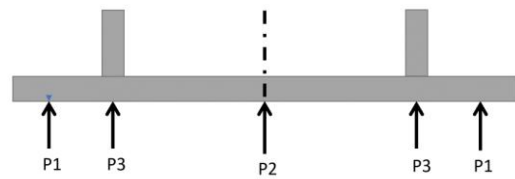


Fig. 6 Force Application Points R58.03 (Gidlewski, Jackowski, Posuniak, 2022)

In article named “Design and Structural Analysis of Trailer Sliding Underrun Protection Device Complied with ECE R58.03 Regulation”, authors’ aim was to design a new trailer sliding underrun protection device that lighter, cheaper, able to replace the current sliding RUPD and fully compatible with Tirsan and Kässbohrer trailers.

2. Material and Method

In this study, sliding rear underrun protection device design for trailers was made using S700 structural steel and finite element analysis (FEA) was performed on the design. To begin with, 3D computer aided design (CAD) model was designed in CREO. The created model was analysed using the finite element method under UN ECE R58 strength test conditions in the ANSYS program. The data obtained from FEA were interpreted and revisions were made.

2.1. Geometric Model Construction

By using Creo Parametric software, the geometric model of RUPD was created. In the design phase of this study, the existing fixed RUPD and hinge mechanisms were considered, and focus of this project was combining hinge mechanism and RUPD.

Basically, model consist of “C” cross section shaped guard bar bumper, hinge mechanism and support members that carry bumper.

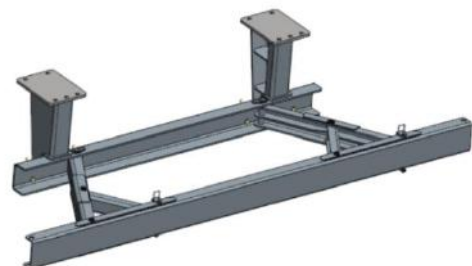


Fig. 7 Sliding Rear Underride Protection Device 3D Design

The bumper, shown in Fig.8, is the part that directly collide with external factors; thus, bumpers must have a rigid structure. In this design a “C” cross section bar was used as a bumper. In order to increase endurance of general structure, additional support brackets were also added. Especially hinge connection regions and the middle part that located between the hinges were predicted to be the most vulnerable zones of structure. Because of this prescience, the support brackets were added to these areas.

According to regulation, the bumper high must be above 120 mm. Taking this regulation account, bumper high was chosen as 140 mm and the thickness of sheet metal as 5 mm.



Fig. 8 Left, Bumper Cross Section. Right, Bumper

Demonstrated in Fig. 9, the hinge mechanism was based on 2-bar hinge mechanism. One short and one long arm are pinned to bumper and support member for each hinge. Pin connections allows the fix the bumper on open and close position, also rotating on the pin shaft that connects the support member and hinge, it enables the bumper to slide. Similar to bumper, “C” shaped cross section also was used for hinge arms. For long arm 8 mm, for short arm 6 mm thickness was chosen, since mainly the long arm bears the load coming from the bumper.



Fig. 9 Sliding RUPD Hinge Mechanism

The support members as name suggests, they’re the parts that carry bumper and support its stiffness. This parts’ stiffness is also very important due to the fact that they’re the main frame that fix the bumper to the chassis. A failure on support members causes a dysfunctional protection device. The support members consist of “C” shaped cross and carrier support legs. C cross is very similar to bumper, but there aren’t any support parts, also its thickness is 8 mm. As for carrier legs, it was made of from different shape of sheet metal parts.

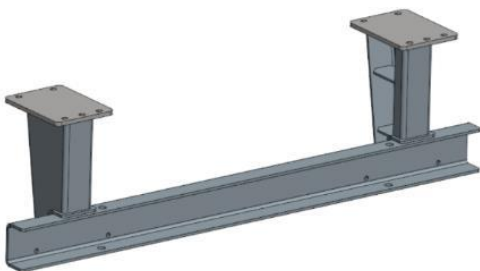


Fig. 10 Sliding RUPD Support Members

2.2. Materials

Table 2. Material’s Mechanical Properties

Standard	Grade	Rm	Re	v(%)	E
		Tensile Strength (Mpa)	Minimum yield strength (MPa)		
EN 10149-2	S700MC	900	700	27	200000
EN 10083-2:2006	C45	510	260	27	195000

The mechanical properties of S700 and C45 steel were used in the simulations are given in Table 2. In the rear underride protection device design, S700 steel is used for the overall structure and C45 steel is used for the pins.

2.3. Finite Element Model

As mentioned before, 3D model designed in Creo Parametric. In order to begin the finite element analysis in Ansys, the CAD data must be imported to ANSYS. Design in Creo was exported as “.step” file and then imported to the ANSYS, as shown in Fig. 11.

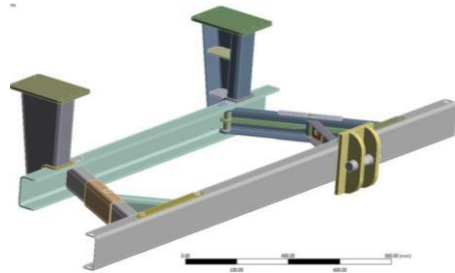


Fig. 11 RUPD Design Imported in ANSYS

The all components of RUPD design were meshed. Total 310798 nodes and 390561 solid elements were created in model.

2.3. Test Conditions

According to the requirements of the ECE R58.03 static strength test conditions, the loads that demonstrated in Table 1. applied to the bumper surface of RUPD design. Every load on different points were applied to the surface separately.

The worst case for this kind of sliding rear underrun protection is the opened position. Because mostly all load is carried by the hinge mechanism, device’s strength decreases. Thus, in this case all the loads were applied to the wide open position of sliding device.

The study focused on the stress displacement in the RUPD. As an analyse output, the study focused on the stress distribution on RUPD design.

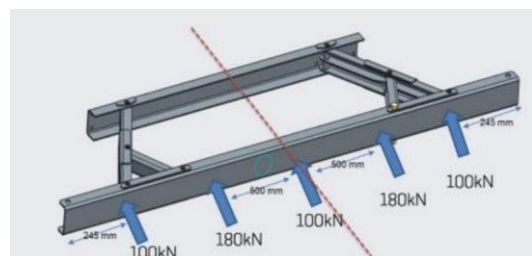


Fig. 12 Force Application Points and Loads on RUPD Static Strength Test

3. Results and Discussion

3.1. Results

Finite Element Analysis completed separately according to ECE R58.03 regulations static strength test loads that applied to the different points in ANSYS program. The result stress data was obtained from analysis as follows:

Analysis of results of stress distribution was not homogeneously distributed. In many case the stress occurred on pins caused the pins fail and stress spread other components local areas that connects with pins.

P1 case, shown in Fig.6, the stress levels of all the pins that connects hinge arms to the bumper and support member were above the yield strength of C45 steel, above 839 MPa on some parts, demonstrated in Fig14.

Overall, as can be seen in Fig. 13, for P1 case, problematic parts were that the hinge mechanism connections. Because of stress intensity on them, the bumper's, support members' and hinge arm connection zone's stress levels were also above the S700 steel's yield strength, 700 Mpa.

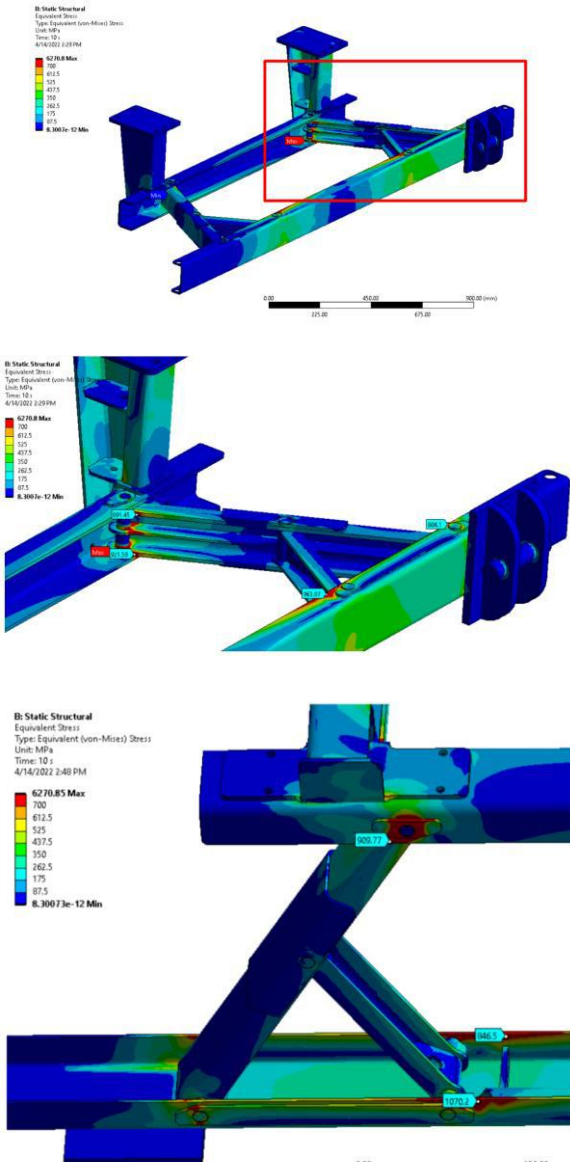


Fig. 13 RUPD Static Test, P1 Load Case Stress Distributions

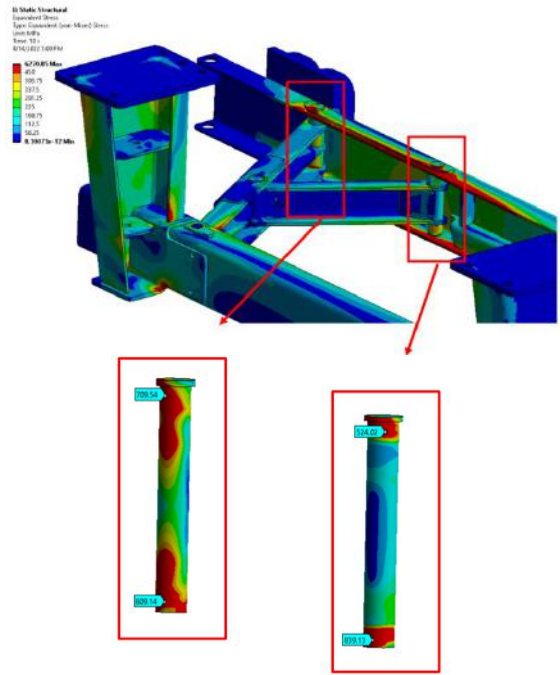


Fig. 14 RUPD Static Test, P1 Load Case Stress Distribution on Pins

In P2 case, after 180 KN load was applied to the bumper, similar to P1 case, stress levels on hinge mechanism's pins were above the yield strength. Due to the increase in load the stress levels were higher than the P1 case. The pin which was nearest the applied force has the highest level of stress that was above 1122 MPa, shown in Fig 15.

Also, the connection between hinge arms were seemed problematic. On the long arm stress level was above 1000 MPa and since this value was way above the yield strength of S700 structural steel, it is estimated that component's integrity would be broken.

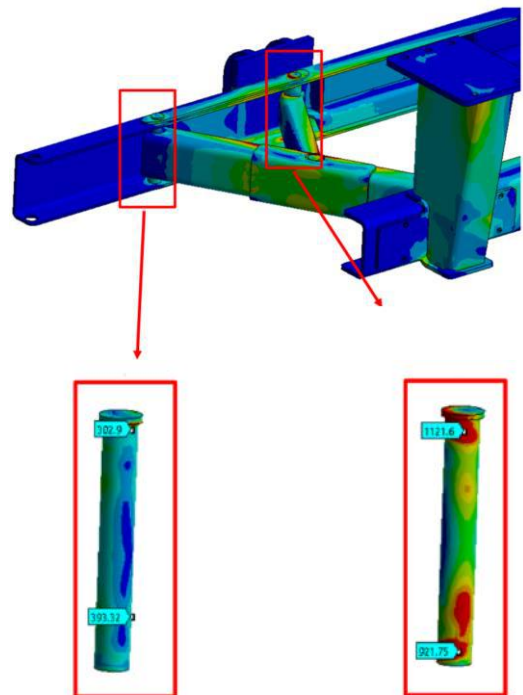


Fig. 15 RUPD Static Test, P2 Load Case Stress Distribution on Pins

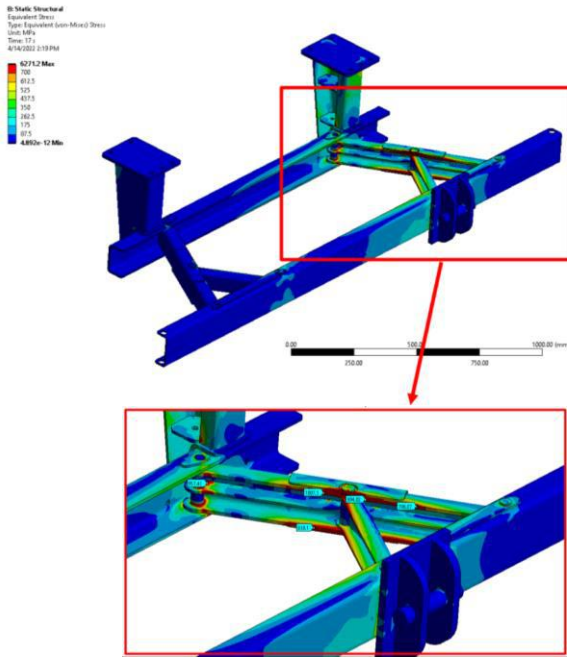


Fig. 16 RUPD Static Test, P2 Load Case Stress Distributions

Authors decided that revisions had to be made on the design, due to the regions that had stress levels above the yield strengths of their material.

The support bracket on the upper side of bumper, for each side of the bracket 80 mm, total 160 mm were extended. The bracket inside of short arm of hinge mechanism's length also increased 35 mm, as shown in Fig. 17.

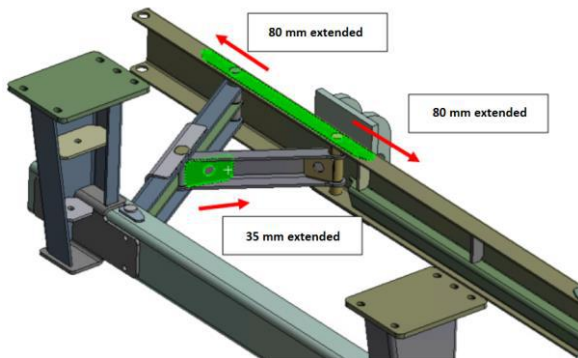


Fig. 17 Revised Parts on RUPD Design

The support bracket on the downside of bumper length, for each side of the bracket 80 mm, total 160 mm were extended. Also, the support part that placed under the support members thickness increased 2 mm.

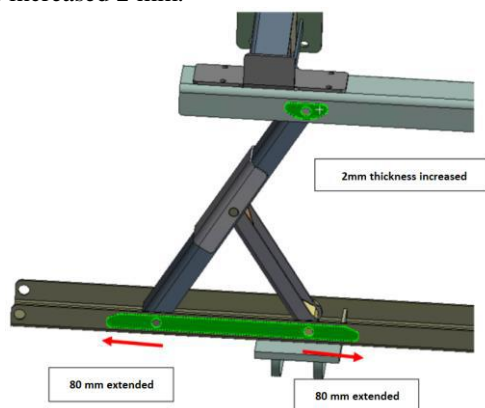


Fig. 18 Revised Parts on RUPD Design

After all revisions applied to the RUPD design, all analyses run again for each load cases and the result stress data obtained.

After analyses, critical problems were seemed in P2 case. After 180 KN load applied to the device, the stress levels that were close to the yield strength of materials observed. Decided that revisions had to be made on the design, due to the regions that had stress levels above the yield strengths of their material.

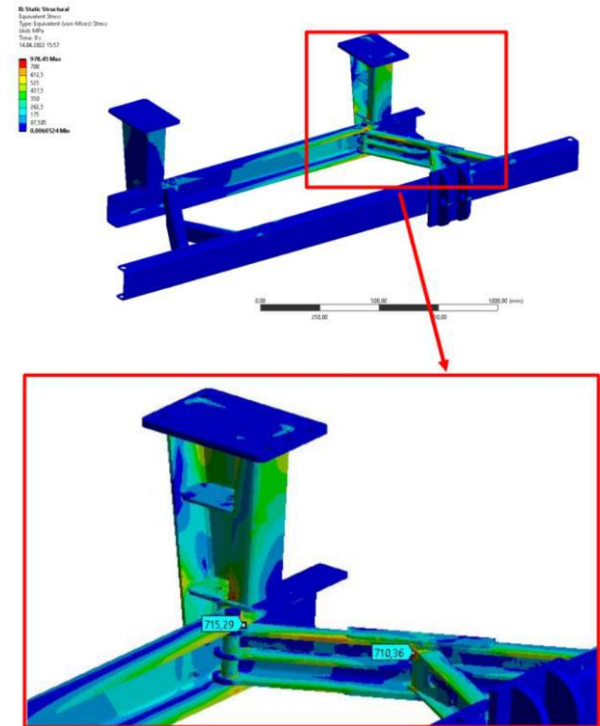


Fig. 19 Revised RUPD Static Test, P2 Load Case Stress Distributions

In P2 case, similarly to unrevised analyses connection zones stress levels were higher than rest of device. The stress levels on hinge arm and support members were almost same as the yield strength of S700, as can be seemed in Fig. 19.

After the revision, it can be seemed in Fig. 20. that the pins stress levels also decreased. But still the stress levels were higher than yield strength of C45.

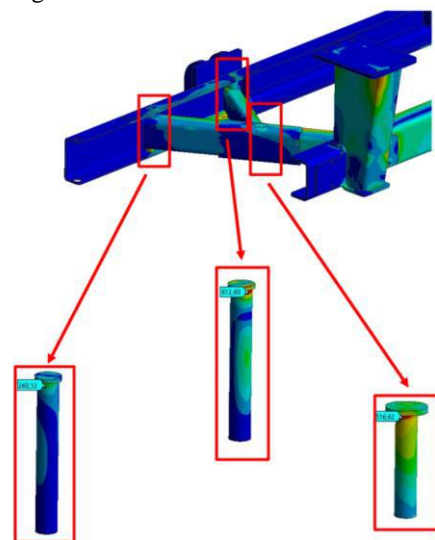


Fig. 15 Revised RUPD Static Test, P2 Load Case Stress Distribution on Pins

3.1. Discussion

The new design for rear underrun protection device had been completed considering the technical requirements of UN ECE R58.08 regulation. RUPD's width is the same as the rear axle width, bumpers cross section high is 140 mm which is above 120 mm min. requirement, etc. When examined in terms of design parameters, authors decided that there was no situation that violates regulatory requirements.

According to finite element analysis results, the first design for rear underrun protection device was not suitable for the strength test requirements. For both P1 and P2 test conditions, the stress levels on pins were above the yield strength of C45 steel. This result indicates that the pins were going to fail during the physical test conditions, and this would cause plastic deformation on other components of device. Thus, the RUPD would be not function, and it would not meet the needs of study.

After reviewing the first analysis, some revisions had made in order to improve the design. All the strength test parameters were applied to the devices ones more. The stress levels on hinge and support members for hinge and bumper decreased. The stress levels were under the yield strength, but still they were close to the yield strength level of material, Also the stress levels of pins were lesser than first design, the levels were still above the yield strength of material. Authors decided that the results were acceptable for physical test and the local zones that has higher stress levels will be reviewed during physical strength test.

4. Conclusions and Recommendations

After the finite element analysis of the new design for rear underrun protection device, the design meets the needs of UN ECE R58.03 requirements. Also, design must be tested physical conditions. Even though after the physical test some revisions may be needed to apply, the whole structure of design acceptable and it's estimated that the revisions will be minor.

The study demonstrated by analyses that design is trustworthy enough to be produced and tested.

5. Acknowledge

Authors thank to Tırsan Treyler San. Ve Tic. A.Ş. for all supports and possibility to complete this study.

References

- World Health Organization (WHO), (2021), Road Safety Annual Report 2021, International Transport Forum.
- Gidlewski, M., Jackowski, J., Posuniak, P., (2022), Review and Analysis of Technical Designs of Rear Underrun Protective Devices (RUPDs) in Terms of Regulatory Compliance, MDPI, Poland,
- Smith, T. L., Grover, C., Gibson, T., Donaldson, W., Knight, I., (2008), Development Of Test Procedures, Limit Values, Costs And Benefits For Proposals To Improve The Performance Of Rear Underrun Protection For Trucks, TRL Limited, European Commission.
- Wegmuller, M., von der Weid, J. P., Oberson, P., Gisin Matthew, N., Brumbelow, L., (2011), Crash Test Performance Of Large Truck Rear Underride Guards, Insurance Institute for Highway Safety, United States America.
- Feng, Z., Liu Z., Zhao, Y., Shi Y., (2018), Collision Simulation And Design Optimization Of Rear Underrun Protection

Device Of Lorry, International Conference on Civil and Hydraulic Engineering, China.

Kässbohrer, (2022) Online: <https://www.kaessbohrer.com/en/products/container-chassis-585-c/fixed-587-c>

United Nations (UN), Addendum 57: UN Regulation No. 58, Concerning the Adoption of Harmonized Technical United Nations Regulations for Wheeled Vehicles, Equipment and Parts which can be Fitted and/or be Used on Wheeled Vehicles and the Conditions for Reciprocal Recognition of Approvals Granted on the Basis of these United Nations Regulations.

Abid, H. M., Roslin, E. N., (2019), Performance of Rear Under-Ride Protection Device (RUPD) During Car to Heavy Truck Rear Impact, International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), Malaysia.

Pooudom, S., Chanthanumataporn, S., Koetnuyom, S., Carma, J., (2018), Design and Development of Truck Rear Underrun Protection Device, 9th TSME-International Conference on Mechanical Engineering, Thailand.



Zonguldak İlinde Meydana Gelen Heyelanların Doğalgaz Dağıtım Hatlarına Etkisi

Serdar Dal^{1,2*}, Hüseyin Kemaldere³

^{1*}Akmercan Batıkar Doğal Gaz Dağıtım Sanayi ve Ticaret A.Ş., Zonguldak, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-3248-0048), serdardalbeu@gmail.com

²Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği ABD, Zonguldak, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3248-0048), serdardalbeu@gmail.com

³Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0170-833X), kemaldere@hotmail.com

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI:10.31590/ejosat.1112287)

ATIF/REFERENCE: Dal, S., Kemaldere, H. (2022). Zonguldak İlinde Meydana Gelen Heyelanların Doğalgaz Dağıtım Hatlarına Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 269-275.

Öz

Bu çalışmada Zonguldak ili Merkez, Kozlu ve Kilimli ilçelerinde yıl içerisinde meydana gelen çeşitli heyelanlardan kaynaklanan tahribatın doğalgaz dağıtım hatlarına etkileri, heyelanların eğim ile ilişkisi ve alınması gereken önlemler üzerinde durulmuştur. Bu bağlamda, heyelan kaynaklı hatlarda meydana gelen hasarlar nedeniyle gazsız kalan kısımlarla ilgili alternatif ve uzun vadede yararlı olabilecek çözümler önerilmiştir. Zonguldak ilinin; eğimin %0-45 aralığında değişkenlik gösterdiği, yatırım ve bakım maliyetlerini arttıran zorlu bir arazi yapısına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Yüksek eğimli bölgelerde vana sayısının artırılması ve mümkünse eğimi daha az olan yollarda yatırım planlaması yapılması önerilmektedir. İmalatı yapılmış olan bölgelerde risk durumuna göre sektör (bağlantı hattı) ayrımları yapılması, sektör içi vanalar konulması ve heyelan yoğunluğu ve eğimi fazla olan bölgelerde gözlem yapılması uygun olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Heyelan, Doğalgaz hattı, Ölçüm, Eğim, Zonguldak.

The Effect of Landslides Occurring in Zonguldak Province on Natural Gas Pipelines

Abstract

In this study, the effects of the destruction on natural gas pipelines caused by various landslides in the Central, Kozlu and Kilimli districts of Zonguldak province, the relationship of landslides with slope and the precautions to be taken are emphasized. In this context, alternative and long-term solutions have been proposed for the gasless parts due to the damages in the landslide-induced pipelines. It has been observed that the slope of Zonguldak province has a difficult terrain structure that varies between 0-45% and increases investment and maintenance costs. It is recommended to increase the number of valves in regions with high slopes and to make investment planning on roads with less slope if possible. It will be appropriate to make sector (connection line) distinctions, placing valves within the sector and making observations in areas with high landslide density and slope according to the risk situation in the manufacturing areas.

Keywords: Landslide, Natural Gas Pipeline, Surveying, Slope, Zonguldak.

*Sorumlu Yazar: serdardalbeu@gmail.com

1. Giriş

Depremler, su baskınları gibi, en yaygın doğal afetlerden biri olan ve yağışla tetiklenen heyelanlar, dünya çapında ölümler, maddi hasar ve ekonomik kayıplar açısından önemli sonuçlara neden olur. Türkiye'yi de çok yakından ilgilendiren [1] iklim değişikliğiyle beraber aşırı hava olaylarının artması heyelanların sıklığını da artırmakta, can ve mal açısından daha ciddi tehditler oluşturmaktadır [1,2].

Heyelanlar yer kayması olarak bilinirler ve genel olarak insanların çeşitli etkinliklerine bağlı olarak yamaç dengesinin bozulması sonucu oluşan kütle hareketleridir. Heyelanlar, eğim, sağanak yağış, bitki örtüsünün azlığı, donma ve çözülme olayları, depremler gibi nedenlerle yer çekimi etkisiyle kayaların, taşların, toprağın ve belirli bir tabakanın yamaç eğimi doğrultusunda yer değiştirmesi olarak tanımlanabilir [1]. Heyelanlar yaygın olarak şiddetli yağışlardan sonra [3] dağlık bölgelerde görülür ve yer yer yüksek hızda uzun mesafeler kat edebilir [4]. Bunların yanında kazılar, maden işletilmesi, yapay patlamalar gibi doğal olmayan nedenler heyelanın meydana gelmesini kolaylaştıran olaylardır [1, 5-6].

Küresel nüfus artışıyla birlikte, dünya genelinde dağlık alanlarda da hızlı kentleşme gerçekleşmekte ve bu da heyelan riskinin artmasına neden olmaktadır [4]. Son zamanlarda gelişen ekonomilerde, bölgesel ve orta ölçekli heyelan değerlendirmeleri özellikle şehircilik faaliyetlerinde güvenli ve ekonomik mühendislik planlamaları için çok önem kazanmıştır. Kentleşmede mühendislik uygulamaları ile heyelan eğilimli alanların belirlenmesi arasında sosyo ekonomik bir bağ vardır [7]. Kentleşmede uygulanacak projeler için geleneksel yaklaşımlarla güzergâh oluşturmak çok karmaşık ve uzun vadede ekonomik değildir [8]. Heyelanlara eğilimli potansiyel alanları belirlemede Heyelan Duyarlılık Haritalaması (LSM), heyelanların etkilerini önlemek ve azaltmak için önlemlerden biri olarak kabul edilir [9]. Canlılar ve çevre bakımından olumsuz etkileri azami ölçüde azaltmak için heyelan duyarlılık haritalarının erken aşamada üretilmesi önemli bir faktördür [7-8].

Ülkemizin çeşitli bölgelerinden geçen ve genel olarak içme suyu, tarımsal sulama suyu, ham petrol ve doğalgaz gibi kritik akışkanların iletilmesinin ekonomik bir yolu olan birçok boru hattı bulunmaktadır [10-11]. Şehirlerde kullanılan ve nüfus yoğunluğu çok olan bölgelerde su, kanalizasyon, elektrik, doğalgaz ve internet gibi altyapı hatlarının varlığı ve onların güvenliği de insan yaşamı için oldukça önemlidir. Bu bakımdan özellikle doğalgaz gibi güvenlik sorunu yaşanması halinde kenti sarsabilecek derecede etkileri olabilecek altyapılar planlanırken statik ve dinamik yüklerin etkileri, yer hareketlerinin etkilerinin dikkate alınması kaçınılmazdır [11]. Boru hatlarının kullanılmasının en önemli nedenleri arasında ekonomiklik, taşıma maliyetlerinin az olması, işletme kolaylığı, gömülü hatların sabotaja karşı daha güvenli olması, çevreye zarar vermemesi sayılabilir. Bunun yanında özellikle yangıcı ve yakıcı akışkanlar için kayıp kaçak olasılığı boru hatlarında en büyük riskler arasındadır [10].

Şehirlerde yaygın olarak kullanılan doğalgaz boru hatları, iletim ve dağıtım hatları olmak üzere ikiye ayrılır. Bunlardan iletim hatları yüksek basınçta gaz taşıdığından çelik borular kullanılır. Dağıtım hatları ise daha düşük basınçta doğalgazı polietilen borularla taşıyan hatlardır. Bu hatlara etkileyen kuvvetler iç basınç, toprak yükü, trafik yükü ve sıcaklık değişimi

kaynaklı gerilmelerdir. Bu bakımdan heyelan bölgeleri için toprak kaymasından kaynaklı gerilmeler de önem arz etmektedir [11].

Oldukça yüksek heyelan risk alanlarına sahip olan Zonguldak ilinin AFAD' dan alınan Heyelan Yoğunluk Haritası Şekil 1'de sunulmuştur.

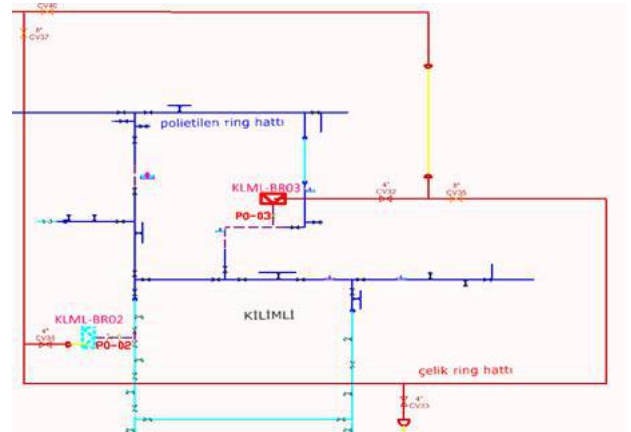


Şekil 1. Zonguldak heyelan yoğunluk haritası [12].

Bu çalışma, Zonguldak İlinde tamamlanmış ve faaliyette olan doğalgaz boru hatları üzerinde gerçekleşmiş olan üç farklı bölgede meydana gelen heyelanın incelenmesini kapsamaktadır. Heyelan oluşan alanlar fotoğraflanmış ve hattın ölçümü alınarak kayıklığı saptanmıştır. Eğim haritaları ile hatlar çakıştırılarak heyelan bölgesinin yaklaşık eğimi tespit edilmiştir. Sonrasında gazsız kalan alanlar, hasar gören hatlar belirlenerek alternatif çözümler araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Doğal gaz dağıtım hatları genellikle bir bölgenin imar planı altlık olarak kullanılarak projelendirilmektedir. Proje tasarımı yapılırken orta basınçlı (18-20 bar) hat şehir genelinde bir ring hattı oluşturulmaktadır. Bu ring hattı üzerinde 5000 BBS kapasiteli Bölge Regülatörleri (BR) konumlandırılmaktadır. Bölge regülatörlerinden düşük basınçlı (1-4 bar) polietilen hatlar ile tekrar bir ring oluşturulur. Bu ring hattı üzerine vanalar konularak 1000 BBS kapasiteli sektör dalları oluşturulur. Bu sektör dalları vasıtası ile konutlara gaz arzı sağlanır (Şekil 2).



Şekil 2. Örnek doğalgaz proje tasarımı

Bu çalışmada; Tablo 1'de gösterilen Zonguldak İli Merkez İlçesi Baştarla Mahallesi Rat 1. Sokak Üzülmüş TOKİ Konutları, Kilimli ilçesi Merkez Mahallesi Pınar Sokak ve Kozlu İlçesi 19 Mayıs Mahallesi Kağızman Sokak'ta doğalgaz dağıtım hatlarının geçtiği kısımlarda meydana gelen 3 farklı heyelan incelenmiştir. Heyelanların verdiği tahribatlar karşılaştırılmış ve alternatif çözüm yolları araştırılmıştır.

Tablo 1. Heyelan meydana gelen bölgeler

Sıra No	Heyelan Olan Bölge	İmalat Tarihi	Heyalan Tarihi	Adresi
1	Zonguldak Üzülmüş TOKİ Konutları	25.05.2019	14.04.2021	Baştarla Mahallesi Rat 1. Sokak Merkez/Zonguldak
2	Kilimli Pınar Sokak	11.09.2020	28.01.2021	Merkez Mahallesi Pınar Sokak Kilimli/Zonguldak
3	Kozlu Kağızman Sokak	21.08.2020	23.02.2021	19 Mayıs Mahallesi Kağızman Sokak Kozlu/Zonguldak

Tablo 2. Elde edilen bulgular.

Sıra No	Heyelan Olan Bölge	Zemin Eğimi (%)	Hat Çapları	Hasar Gören Hat Uzunluğu	Gazsız Kalan Hat Uzunluğu	Gazsız Kalan Bina Sayısı
1	Zonguldak Üzülmüş TOKİ Konutları	20-25	20 mm-63 mm Polietilen Hat	26,00 m	450,00 m	12
2	Kilimli Pınar Sokak	40-45	63mm-125mm Polietilen Hat ve 4" Çelik hat	39,00 m	10.105,70 m	520
3	Kozlu Kağızman Sokak	25-30	63 mm Polietilen Hat	38,83 m	135,25 m	3

3. Bulgular

Heyelan meydana gelen ve doğalgaz dağıtım hattının geçmiş olduğu bölgelerdeki hasarlarla ilgili bulgular Tablo 2' de özetlenmiştir.



Şekil 3. Üzülmüş TOKİ Konutları-heyelan bölgesinden bir görüntü.

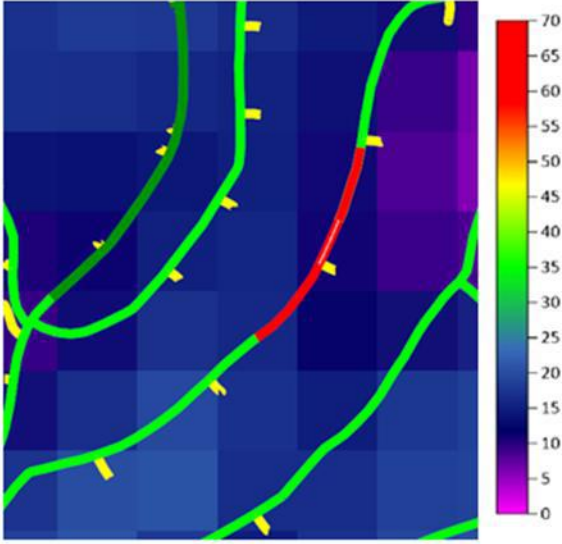
14.04.2021 tarihinde Üzülmüş TOKİ Konutları içerisinde meydana gelen heyelanla birlikte 63 mm çapındaki doğal gaz dağıtım hattının 26 metrelik kısmı uzayarak Şekil 3'te görüldüğü gibi kopmuş ve ani gaz çıkışı meydana gelmiştir. Gelen ihbarlar neticesinde acil müdahale ekipleri tarafından olay yerine gidilerek hattın bağlı olduğu ZNG2-055 numaralı sektörün vanası kapatılarak gaz arzi kesilmiştir. Gerekli tedbirler alındıktan sonra heyelan bölgesinin gerisinde kalan konutlar için

Şekil 4'te gösterilen noktalardan hat keplenecek hızlı bir şekilde gaz arzi yeniden sağlanmıştır.



Şekil 4. Üzülmüş TOKİ Konutları 'nda heyelan sonrası gazsız kalan alanlar ve yeni gazlama noktası

Ancak heyelanın diğer tarafında kalan ve Şekil 4'te mavi renkle gösterilen 450 metrelik polietilen hat ve turkuaz renkle gösterilen 12 adet bina gazsız kalmıştır. Gazsız kalan kısımlar için yapılan incelemede, bir alt sokakta Şekil 4'te yeşil renkle gösterilen yine aynı sektörde mevcut doğalgaz hattının olduğu tespit edilmiştir. Yapılan tespit neticesinde 15.04.2021 tarihinde iş programı hazırlanmıştır. Yeşil hat aynı sektörde ve aynı çapta olduğundan Şekil 4'te kırmızı renkle gösterilen 30 metre yeni imalat yapılarak gazsız kalan hat gazlanmış ve binalara gaz arzı kalıcı olarak sağlanmıştır.



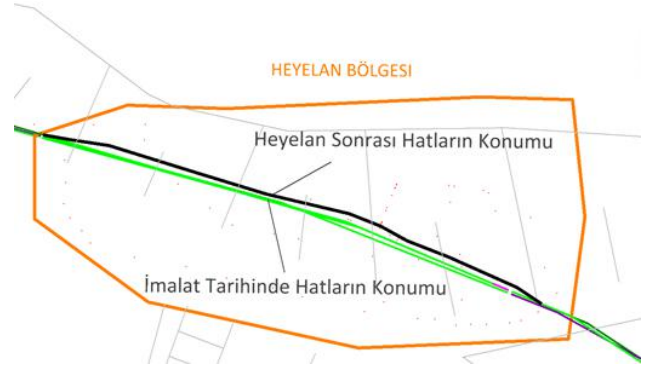
Şekil 5. Üzülmaz TOKİ Konutları hattı eğim haritası.

Şekil 5'te Üzülmaz TOKİ Konutları Hattında meydana gelen heyelanla ilgili eğim haritası sunulmuştur. Kırmızı renk heyelan nedeni ile hasar gören hattı göstermektedir. Bu kısımlarda eğimin yaklaşık %20-25 aralığında olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Kilimli Pınar Sokak-heyelan bölgesinden bir görüntü.

28.01.2021 tarihinde Zonguldak İli Kilimli İlçesi Merkez Mahallesi Pınar Sokak'ta meydana gelen heyelan neticesinde 63mm-125mm Polietilen Hat ve 4" Çelik hatın 39 metrelik kısımları Şekil 6'da görüldüğü gibi açığa çıkmıştır. Gelen ihbarlar neticesinde acil müdahale ekipleri tarafından olay yerine gidilerek hattın durumu ile ilgili incelemeler yapılmış ve heyelan kaynaklı gerilmenin tehlike boyutu araştırılmıştır. Yapılan lazer ölçümleri neticesinde hattın ortalama 30 cm heyelan yönüne hareket ettiği gözlemlenmiştir (Şekil 7). Heyelan bölgesindeki hatların hasar görmesi durumunda Şekil 8'de mavi renkle gösterilen 10.105,07 metrelik hattın, bir adet Basınç Düşürme İstasyonunun (BR) ve 520 adet binanın gazsız kalabileceği tespit edilmiştir.



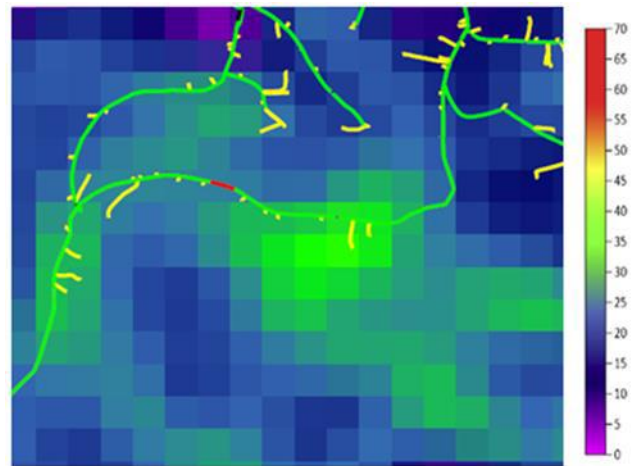
Şekil 7. Kilimli Pınar Sokak -hattın kayıklığının tespiti.

Yapılan tespit neticesinde 31.01.2021 tarihinde iş programı hazırlanmıştır. Şekil 8'de kırmızı renkle gösterilen 23 metrelik 63 mm polietilen doğalgaz hattı imalatı yapılarak gazsız kalması muhtemel olan hatlar tersten geçici olarak gazlanmıştır. Ardından heyelan bölgesi içerisinde açığa çıkan 39 metrelik hat keplenerek heyelan bölgesinden kaldırılmıştır.

Şekil 9'da Kilimli Pınar Sokak'ta meydana gelen heyelanla ilgili eğim haritası sunulmuştur. Kırmızı renk heyelan nedeni ile hasar gören hatları göstermektedir. Bu kısımlarda eğimin yaklaşık %40-45 aralığında olduğu görülmektedir.



Şekil 8. Kilimli Pınar Sokak'ta gazsız kalan alanlar ve geçici gazlama noktası.



Şekil 9. Kilimli Pınar Sokak eğim haritası

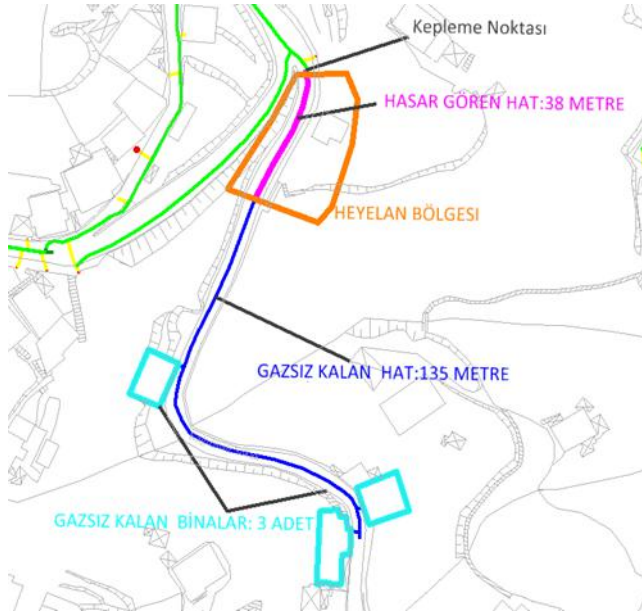
23.02.2021 tarihinde Zonguldak İli Kozlu İlçesi 19 Mayıs Mahallesi Kağızman Sokak'ta Şekil 10'da görüldüğü gibi

heyelan meydana gelmiş ve 63 mm çapındaki polietilen hat hasar görmüştür.



Şekil 10. Kozlu Kağızman Sokak-heyelan bölgesinden görüntü.

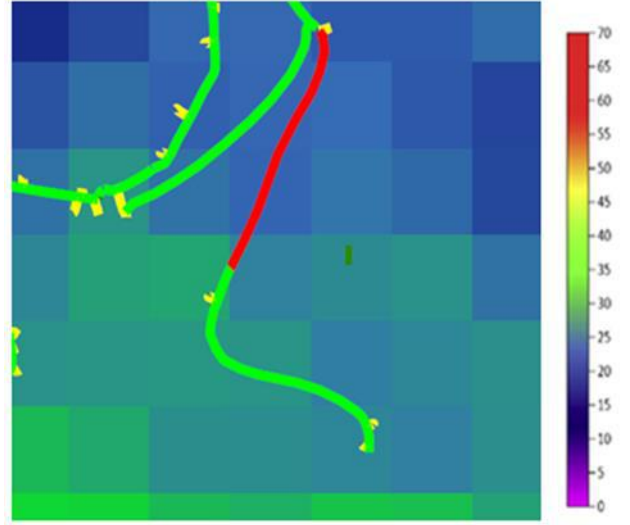
Yapılan inceleme neticesinde Şekil 11’de Mavi renkle gösterilen 135 metre hattın gazsız kaldığı, pembe renkle gösterilen hattın hasar gördüğü tespit edilmiştir. Hat imalatının heyelan tarihinden 6 ay önce 21.08.2020 tarihinde yapıldığı ve 3 adet binaya gaz arzı sağlandığı, binalardan abonelik alınmadığı görülmüştür. Hattın kısa olması, abonelik bulunmaması ve alternatif gazlama noktalarının olmaması nedeni ile heyelan güzergâhının incelenmesinin ardından tadilatı yapılması durumunda kurumlardan görüş alınarak hattın gazlanmasına karar verilmiştir.



Şekil 11. Kozlu Kağızman Sokak'ta gazsız kalan alanlar.

Şekil 12’de Kozlu Kağızman Sokak’ta meydana gelen heyelanla ilgili eğim haritası sunulmuştur. Kırmızı renk heyelan

nedeni ile hasar gören hattı göstermektedir. Bu kısımlarda eğimin yaklaşık %25-30 aralığında olduğu görülmektedir.



Şekil 12. Kozlu Kağızman Sokak eğim haritası.

4. Tartışma

Çalışmada üç farklı bölge ve durum görülmektedir. Birinci durumda gazsız kalan hat aynı sektör içerisinde başka bir hatta yakın olduğundan gazlanmış ve proje ve heyelanlı alanla ilgili kalıcı bir çözüm sağlanmıştır.

İkinci durumda ise hat güvenliği açısından geçici gazlama noktasından hat tersten gazlanmış ve heyelanlı alanla ilgili kalıcı çözüm sağlanmasına karşın, proje açısından geçici çözüm sağlanmıştır.

Üçüncü durumda ise hat güvenliği açısından geriden kepleme yapılmıştır. Heyelanlı alanla ilgili geçici çözüm sağlanmış ve gaz arzı sağlanamamıştır.

Zonguldak İlinde bu üç bölge dışındaki alanlarda da çeşitli heyelanlar meydana gelmiştir. 2020-2022 yılları arasında doğalgaz hatları üzerinde meydana gelen diğer heyelanlarla ilgili detaylar Tablo 3’de sunulmuştur.

Tablo 3’e bakıldığında 2020 ve 2022 yılları arasında heyelan nedeni ile beş ayrı bölgede daha heyelan kaynaklı hasar meydana geldiği, bunlardan bir tanesinin eğiminin %20-25 aralığında olduğu ve imalatın 6 yıl sonra gerçekleştiği, diğer bölgelerde ise eğimin %30-40 aralığında olduğu ve imalat tarihinden yaklaşık 1-2 yıl sonra heyelanın gerçekleştiği görülmektedir. Buradan anlaşılacağı üzere eğim ne kadar artarsa risk o denli artmakta ve heyelanın oluşma süreci o kadar kısalmaktadır.

Şekil 13’te sunulan eğim haritasında Zonguldak İli’nde yapımı tamamlanan doğal gaz hatları turkuaz renkle gösterilmiştir. Eğim haritası incelendiğinde Zonguldak ili’nin, eğimin %0-45 aralığında değişkenlik gösteren zorlu bir arazi yapısına sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, alınması gereken önlemler nedeni ile vana sayısının normal seviyelerden fazla tutulması gerektiğinden yatırım maliyetlerini ve yatırım sonrası bakım maliyetlerini de artırmaktadır.

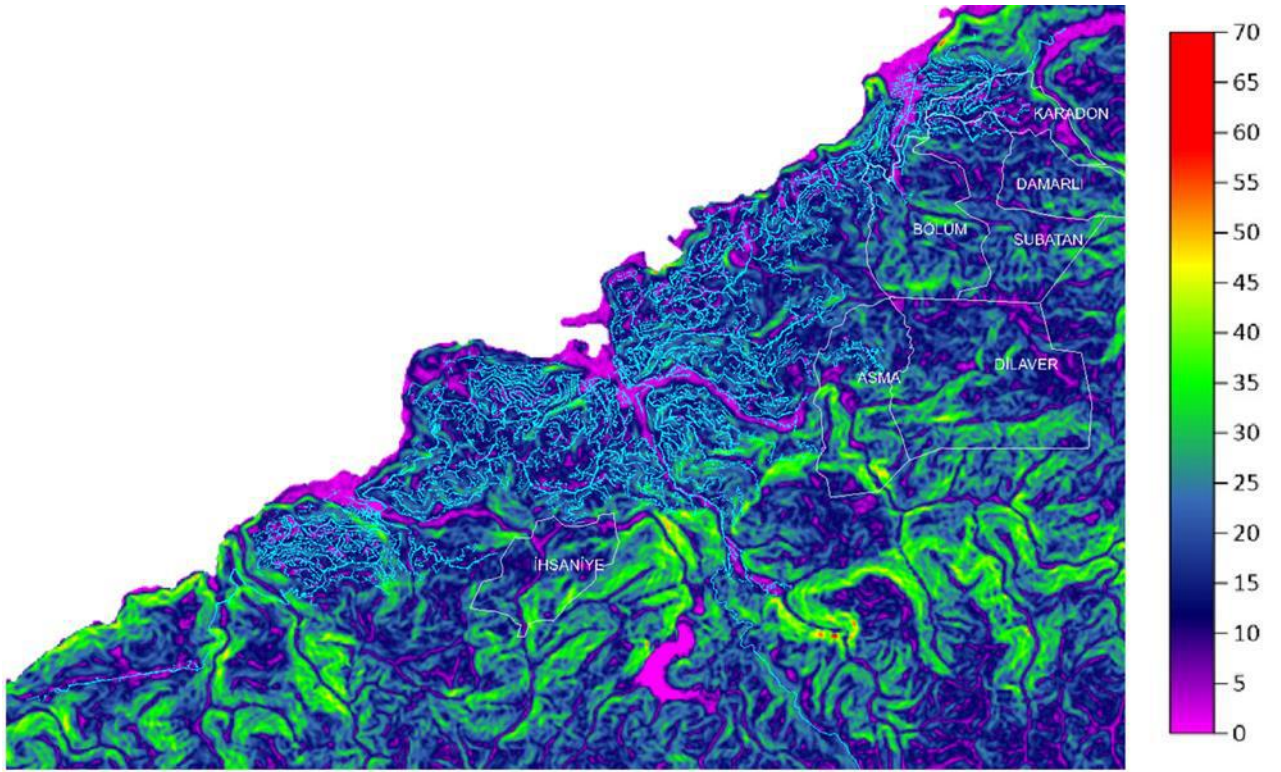
Henüz doğalgaz yatırımı tamamlanmamış olan ve doğalgaz altyapı talebi bulunan mahalle isimleri ve mahalle sınırları Şekil 13’te beyaz renkle gösterilmektedir. Eğim haritası

incelendiğinde Kozlu İlçesi İhsaniye Mahallesi'nde eğimin %5-40, Merkez İlçesi Asma ve Dilaver Mahalleleri'nde %5-50, Kilimli İlçesi Bölüm, Subatan ve Damarlı Mahalleleri'nde %5-

40 aralığında değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Bu bölgelerin eğim nedeniyle potansiyel heyelan riski taşıdığı anlaşılmaktadır.

Tablo 3. 2020-2022 Yılları arasında meydana gelen heyelanlar.

İLİ	İLÇESİ	ADRES	İMALAT TARİHİ	HEYELAN TARİHİ	EĞİMİ(%)
Zonguldak	Merkez	Çaydamar Mahallesi Hilmi Uzun Sokak	15.10.2019	01.02.2022	33-35
Zonguldak	Merkez	Çaydamar Mahallesi Muhammet Uzun Sokak	25.08.2020	23.02.2022	38-40
Zonguldak	Merkez	Asma Mahallesi Yenişehir Sokak	09.09.2021	23.03.2022	30-35
Zonguldak	Kozlu	Kılıç Mahallesi Bağcı Sokak	20.12.2020	03.02.2022	38-40
Zonguldak	Kozlu	Fatih Mahallesi Ceyhan Sokak	27.07.2015	09.12.2021	20-25



Şekil 13. Zonguldak İli doğalgaz hatları ve eğim haritası.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

• Heyelanlar genellikle ısınma ihtiyacının maksimum seviyede olduğu kış aylarının ortalarında ya da sonlarında meydana gelmektedir.

• Zonguldak ilinin eğimli yapısı nedeni ile İmar uygulamalarının yapılması da zaman almaktadır. Projeler İmar planları baz alınarak hazırlandığından imar uygulaması

yapılmayan alanlarda doğalgaz projelerinin tamamlanma sürecini olumsuz etkilemektedir.

• Zonguldak ili özelinde, açılmış olan halihazır yollarla imar yollarının uyumsuzluğu nedeni ile sektörlerin uzun olduğu durumlarda sektör içlerine de vana konulması planlanmalıdır. İmalatın tamamlandığı kısımlarda mümkünse uzun sektörler ayrılmalıdır.

• Heyelan yoğunluğunun ve eğimin fazla olduğu alanlarda zemin hareketleri gözlemlenmelidir.

- Geçici gazlanan kısımlar için alternatif yollar bulunarak projenin sağlıklı çalışması sağlanmalıdır.
- Gaz arzı sağlanamayan kısımlar için diğer kurum ve kuruluşlardan görüş alınarak birlikte hareket edilmelidir.

5. Teşekkür

Yazarlar bu çalışmanın yapılmasında veri ve ekipman paylaşımını esirgemeyen Akmercan Batıkar Doğal Gaz Dağıtım Sanayi ve Ticaret A.Ş. ve desteklerinden dolayı Yük. Müh. Can Atalay'ya teşekkürlerini sunar.

Kaynakça

- [1] Öztürk, K., Heyelanlar ve Türkiye'ye Etkileri, G.Ü Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22:2, 35-50, (2002).
- [2] Zhao, B., Dai, Q., Zhuo, L., Mao, J., Zhu, S., Han, D., Accounting for satellite rainfall uncertainty in rainfall-triggered landslide forecasting, *Geomorphology*, 398:108051, (2022).
- [3] Gutiérrez-Martín, A., A GIS-physically-based emergency methodology for predicting rainfall-induced shallow landslide zonation, *Geomorphology*, 359:107121, (2020).
- [4] Su, X., Xia, X., Liang, Q., Hou, J., A coupled discrete element and depth-averaged model for dynamic simulation of flow-like landslides, *Computers and Geotechnics*, 141:104537, (2022).
- [5] Tanyaş, H., Kirschbaum, D., Görüm, T., van Westen, C. J., Tang, C., Lombardo, L. A closer look at factors governing landslide recovery time in post-seismic periods, *Geomorphology*, 391:107912, (2021).
- [6] Jia, G., Alvioli, M., Gariano, S. L., Marchesini, I., Guzzetti, F., Tang, Q., A global landslide non-susceptibility map, *Geomorphology*, 389:107804, (2021).
- [7] Ercanoğlu, M. ve Gökçeoğlu, C., Use of fuzzy relations to produce landslide susceptibility map of a landslide prone area (West Black Sea Region, Turkey), *Engineering Geology* 75: 229–250, (2004).
- [8] Yıldırım, V. ve Yomrahoğlu, T., Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Çizgisel Mühendislik Yapılarında Güzergâh Optimizasyonu: Doğalgaz İletim Hattı Örneği, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13:015501, 1-10, (2013).
- [9] Sun, D., Shi, S., Wen, H., Xu, J., Zhou, X., Wu, J., A hybrid optimization method of factor screening predicated on GeoDetector and Random Forest for Landslide Susceptibility Mapping, *Geomorphology*, 379:107623, (2021).
- [10] Canoğlu, M. C., Boru Hatlarında Meydana Gelen Heyelan Olaylarında Jeoteknik Etütler ve Mühendislik Jeolojisi Yaklaşımları, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 10:1, 12-21, Ocak, (2018).
- [11] Yiğit, A., Doğal Gaz Boru Hatlarının Gömme Derinliği, *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8:1, 471-480, (2021).
- [12] 2008, Available: https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/3506/xfiles/96-2014060215311-heyelan_yogunluk_a1_olce_ksiz.pdf



Ağ Trafikinin Akış Tabanlı Sınıflandırılmasında Akış Sürelerinin Makine Öğrenimi Algoritmalarına Etkisi

Ramazan Bozkır^{1*}, Murtaza Cicioğlu², Cengiz Toğay³, Ali Çalhan⁴

^{1*} Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0032-4270), sr.bozkir@gmail.com

² Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5657-7402), murtazacicioğlu@uludag.edu.tr

³ Vestel Elektronik, Siber Güvenlik ve Çözüm Departmanı, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5739-1784), cengiz.togay@vestel.com.tr

⁴ Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Bölümü, Düzce, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5798-3103), alicalhan@duzce.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1112866)

ATIF/REFERENCE: Bozkır, R., Cicioğlu, M., Toğay, C. & Çalhan, A. (2022). Ağ Trafikinin Akış Tabanlı Sınıflandırılmasında Akış Sürelerinin Makine Öğrenimi Algoritmalarına Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 276-283.

Öz

Günümüzde ağ trafiği verilerinin kontrol altında olması önemli bir gerekliliktir. Ağ operasyonlarının başarısı, belirlenen hedeflere yönelik ağ trafiği sınıflandırılmasının doğru ve performanslı bir şekilde gerçekleştirilmesine bağlıdır. Ağ trafiği sınıflandırılmasında sıklıkla istatistiksel bir yaklaşım olan akış tabanlı yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, farklı akış sürelerinde oluşan ağ akışlarının makine öğrenimi algoritmaları üzerindeki etkileri incelenmiştir. AdaBoost, DecisionTree ve RandomForest makine öğrenimi algoritmalarının ağ trafiği sınıflandırılmasında akış tabanlı yöntem ile farklı akış sürelerinde sınıflandırma performansları analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre makine öğrenimi algoritmalarının ağ akışı süresinden önemli ölçüde etkilendikleri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağ trafiği sınıflandırılması, Akış tabanlı yöntem, Makine öğrenmesi.

The Effect of Flow Times on Machine Learning Algorithms in Flow-Based Classification of Network Traffic

Abstract

Today, it is an important requirement to have network traffic data under control. The success of network operations depends on the accurate and performance classification of network traffic for the determined targets. Flow-based methods, which are a statistical approach, are often used in network traffic classification. In this study, the effects of network flows occurring at different flow times on machine learning algorithms are examined. The classification performances of AdaBoost, DecisionTree and RandomForest machine learning algorithms at different flow times have been analyzed with the flow-based method in network traffic classification. According to the results obtained, it has been determined that machine learning algorithms are significantly affected by the network flow time.

Keywords: Network traffic classification, Flow-based method, Machine learning

1. Giriş

Günümüzde internet kullanımının artış göstermesiyle beraber kullanıcılara yönelik geliştirilen uygulamalar da artmaktadır. İnsanların günlük aktivitelerinin birçoğunu internet üzerindeki uygulamalar ile gerçekleştirmektedir. Yapılan istatistiksel çalışmalarda 2022 yılı Ocak ayında dünya nüfusunun %62,5'ini oluşturan 49.5 milyar insan internet kullanmaktadır (Statista, 2022). Dünya genelinde bir kişi, günde ortalama 1 gigabayt (GB) ağ trafiği verisi oluşturmaktadır (World Development Report (WDR) Team, 2021). İnternet kullanıcılarının mevcut internet ağı altyapısını verimli ve güvenli kullanımının sağlanması için ağ trafiği verilerinin kontrol altında olması gerekmektedir. Büyük veriyi oluşturan ağ trafiklerinin, kontrol edilebilmesi için ağ yönetimi ve analizlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bir ağ trafiğinin yönetiminde hizmet kalitesinin (Quality of Service (QoS)) artırılması, saldırı tespiti (intrusion detection), zararlı yazılım analizi (malware analysis), hata tespiti (fault diagnosis), anormallik tespiti (anomaly detection) gibi operasyonlar yürütülmektedir. Ağ operasyonlarının başarısı, belirlenen hedeflere yönelik ağ trafiği sınıflandırılmasının doğru ve performanslı bir şekilde gerçekleştirilmesine bağlı olmaktadır. Bu ihtiyaçlardan dolayı geçmişten günümüze ağ trafiğinin sınıflandırılması önemli bir araştırma konusu olmaktadır.

Ağ trafiği sınıflandırmasında, geliştirilen çözüm yöntemleri üç farklı yaklaşım ile gruplanabilir. Bu yaklaşımlar bağlantı noktası tabanlı (port-based), yük tabanlı (payload-based) ve makine öğrenimi (machine learning) tabanlı yaklaşımlardır. Bağlantı noktası tabanlı yaklaşım, günümüz internet uygulamalarının dinamik bağlantı noktasına sahip olmasından dolayı uygulanabilir değildir. Yük tabanlı yaklaşım, derin paket incelemesi (DPI) olarak da bilinmektedir. DPI, ağ trafiği uygulamaları için önceden tanımlanmış tasarım kalıplarının ağ paketinin yük verisinde aranmasıyla uygulamalar sınıflandırılmaktadır. Bu yöntemin etkili uygulanabilmesi için tasarım kalıplarının çok iyi tanımlanması ve yük verisinde hızlı arama işleminin yapılması gerekmektedir. Ayrıca, ağ trafiği uygulamalarındaki değişikliklerin sürekli olarak kontrol edilerek tasarım kalıplarının güncellenmesi gerekmektedir. Bununla beraber ağ trafiğinin şifreli olması durumu, DPI yaklaşımının uygulanmasını kısıtlamaktadır. Bu sebeple yük tabanlı yaklaşımın uygulanması oldukça maliyetlidir. Makine öğrenimi tabanlı yaklaşım, istatistiksel tabanlı yaklaşım olarakta bilinmektedir. İstatistiksel tabanlı yaklaşım, ağ akışlarından çıkarılan istatistiksel özellikler ile makine öğrenimi algoritmalarının eğitilmesiyle uygulanmaktadır. Bir ağ akışını, iki cihaz arasında belirlenen akış süresi boyunca gelen ve giden ağ paketleri oluşturmaktadır.

Literatürde makine öğrenimi tekniğinin uygulandığı akış tabanlı sınıflandırma ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Zhang ve arkadaşları (2013), ağ akışlarının istatistiksel özelliklerinin bir akış torbasında (Bag-of-Flows) toplanmasıyla farklı kombinasyonlarda hesaplanan korelasyon bilgileri ile En Yakın Komşu (Nearest Neighbors) algoritması tabanlı yeni bir yaklaşım önermektedirler. Zhang ve arkadaşları (2015), sıfır gün uygulamalarını sınıflandırabilen, akışlara ait istatistiksel özellikler ve korelasyon bilgileri ile Rastgele Orman (Random Forest) ve K-Ortalamlar (K-means) algoritmalarını içeren RTC (Robust Traffic Classification) olarak adlandırdıkları bir çerçeve önermektedirler. Datta ve arkadaşları (2015), paket tabanlı bir yöntem ile Hangout uygulamasındaki davranışları inceleyerek, uygulamaya özgü çıkardıkları özellikler ile Naif Bayes (Naive

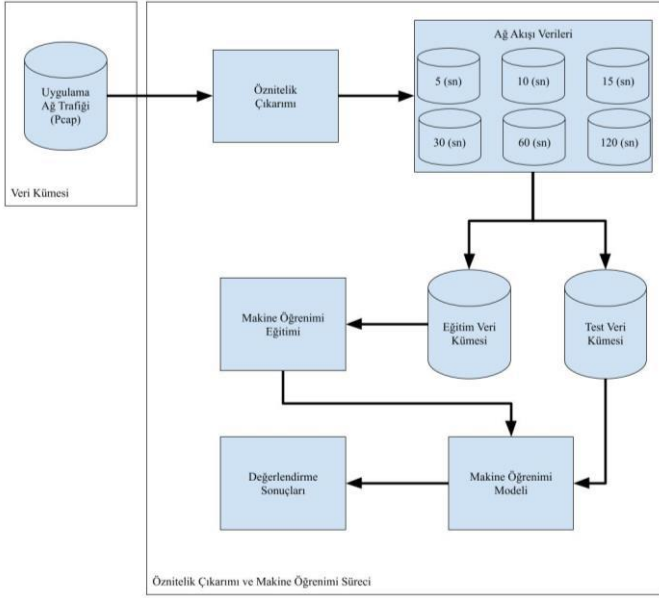
Bayes), adaptif artırma (Adaptive Boosting) ve Karar Ağacı (Decision Tree) algoritmalarının yüksek başarıya ulaştıklarını ve bu yöntemin diğer eşler-arası (peer-to-peer) uygulamaların sınıflandırılmasına uygun olduğunu belirtmektedirler. Draper-Gil ve arkadaşları (2016), ağ trafiği uygulamalarını türlerine göre sınıflandırma çalışmalarında, akış tabanlı istatistiksel özelliklerin 15, 30, 60 ve 120 saniyelik akış sürelerindeki değişimin sınıflandırma performanslarına etkilerini, En Yakın Komşu ve Karar Ağacı algoritmaları ile incelemektedirler. Yamansavascılar ve arkadaşları (2017), ağ trafiği uygulamalarının sınıflandırılmasında, akış tabanlı istatistiksel özelliklerin ki-kare testi ile öznelik seçimi sonrası sınıflandırma performansına etkilerini Karar Ağacı, Rastgele Orman, En Yakın Komşu ve Bayes Ağı algoritmaları ile incelemektedirler. Gómez ve arkadaşları (2017), akış tabanlı istatistiksel özellikleri ile ağ trafiğinin sınıflandırılması için eğitim ve sınıflandırma sürelerinin diğer topluluk öğrenme algoritmalarından daha kısa olan Uyarlanmış-Karar Ağacı Zinciri (T-DTC) algoritmasını geliştirdiler. T-DTC algoritmasının hızlı olmasından dolayı topluluk öğrenme tekniğine olan katkısının, ağ trafiğini gerçek zamanlı sınıflandırma beklentisini artırmak olacağı belirtilmektedir. Cherif ve Kortebi (2019), ağ trafiğinin sınıflandırılmasında akış tabanlı istatistiksel özellikler ile Aşırı Gradyan Artırma (Extreme Gradient Boosting) algoritmasının Naif Bayes, En Yakın Komşu ve Karar Ağacı algoritmalarından daha iyi olduğu belirtmektedirler.

Önceki çalışmalar incelendiğinde Karar Ağacı tabanlı algoritmaların ağ trafiği sınıflandırma problemi için sıklıkla tercih edilmektedir. Akış tabanlı yöntemin uygulandığı çalışmalar arasında sadece bir çalışmanın (Draper-Gil ve ark., 2016), ağ akışı süresini belirttiği ve sınıflandırma performansına olan etkilerinin incelendiği görülmektedir. Bu çalışmada, farklı akış sürelerinde oluşan ağ akışlarının Karar Ağacı tabanlı makine öğrenimi algoritmaları üzerindeki etkileri analiz edilmektedir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen deney, ağ trafiği verilerinden akış tabanlı özneliklerin çıkarılmasıyla makine öğrenmesi algoritmaları eğitilmektedir. Akış tabanlı özneliklerin çıkarımında akış süreleri 5, 10, 15, 30, 60 ve 120 saniye olan akışlar oluşturulmaktadır. Belirlenen her akış süresi için eğitim ve test veri kümeleri oluşturulmaktadır. Farklı akış sürelerine sahip eğitim kümeleri ile adaptif artırma (AdaBoost), karar ağacı (DecisionTree) ve rastgele orman (RandomForest) makine öğrenimi algoritmaları eğitilmektedir. Algoritmaların değerlendirilmesi için aynı akış sürelerine sahip eğitim ve test veri kümeleri ile doğruluk (Accuracy), F1, kesinlik (precision) ve duyarlılık (recall) skorları hesaplanmaktadır.

Yapılan çalışmanın yönteminde izlenen adımlar Şekil 1'de gösterildiği üzere, veri kümesi, farklı akış sürelerinde öznelik çıkarımı yapılması sonucunda oluşturulan akış verileri ile makine öğrenimi algoritmaları eğitilir ve değerlendirilir.



Şekil 1. Deneyde uygulanan yöntemle ilişkin süreçler.

Figure 1. The processes related to the methods applied in the experiment.

2.1. Veri Kümesi

Bu çalışmada ağ trafiği verilerinin pcap (paket yakalama) dosyası olarak sunulduğu UNB ISCX VPN-nonVPN veri kümesi kullanıldı (Draper-Gil ve ark., 2016). Veri kümesi Skype, Hangout, ICQ gibi uygulamalara ait VPN (sanal özel ağ) kullanımı ve normal ağ trafiklerini içeren toplamda 28 adet ayrı veri grubu barındırmaktadır.

2.2. Öznitelik Çıkarımı

Akış tabanlı öznitelik çıkarımında NFStream aracı kullanıldı. NFStream aracı (Aouini & Pekar, 2022), çevrimiçi ve çevrimdışı gerçek dünya ağ trafiği analizi çalışmaları için tasarlanan performanslı ve esnek bir yapıya sahip Python kütüphanesidir. NFStream ile uygulamaların pcap dosyaları tanımlanan 5, 10, 15, 30, 60 ve 120 saniyelik akış sürelerinde ağ akışı verilerine dönüştürülmektedir. Ağ akışı verilerine ait öznitelikleri, TCP/IP temel özellikleri, temel akış özellikleri ve istatistiksel özellikler oluşturmaktadır. Tablo 1'de veri setimizdeki özniteliklerin isimleri, öznitelik türleri ve sayısı verilmiştir. Öznitelik sütununda "x" ifadesi ilgili özneliğin çarpanı (IP adresi (x2) : kaynak ve hedef IP adresi) olarak verilmektedir. Temel akış özellikleri, akış yönlerini ifade eden kaynak, hedef ve çift yönlü olarak ayrı ayrı öznitelikleri oluşturmaktadır. İstatistiksel özellikler ise akış yönlerine ek olarak ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri ifade eden ayrı ayrı öznitelikler bulunmaktadır.

Tablo 1. Öznitelik Tablosu.

Table 1. Feature Table.

Öznitelik türü	Öznitelik	Öznitelik Sayısı
TCP/IP Temel Özellikler	IP adresi (x2) MAC adresi (x2) OUI adresi (x2) port numarası (x2) protokol ip versiyonu vlan id	11
Temel Akış Özellikleri	id (x2) zaman damgaları (x6) toplam paket sayısı (x3) toplam bayt (x3) akış süresi (x3)	17
İstatistiksel Özellikler	paket boyutu (x12) paket varış süresi (x12) TCP bayrak sayısı (x24)	48

2.3. Makine Öğrenmesi

Yapılan deneyde, makine öğrenimi algoritmalarından AdaBoost, DecisionTree ve RandomForest algoritmaları kullanılmaktadır. DecisionTree algoritması için maksimum derinlik parametresi 10 olarak belirlendi. AdaBoost ve RandomForest algoritmaları DecisionTree algoritmasını kullanan topluluk (ensemble) öğrenme tekniği ile tasarlanan algoritmalarıdır. Topluluk öğrenmesi birden fazla karar ağacı barındırmaktadır. Toplu öğrenme algoritmalarında karar ağacı sayısı n_estimators parametresinin belirlenmesi ile sağlanır. Topluluk öğrenme algoritmaları ile karar ağacı sayısı 300 olarak ayarlandı. AdaBoost algoritması topluluk öğrenme olmasıyla beraber artırma tekniğini içermektedir. Artırma tekniği karar ağaçlarının sırasıyla eğitilerek her bir karar ağacının kendisinden önceki karar ağacından hatalı sınıflandırılan verilerin katsayıları artırılarak bir sonraki karar ağacında kullanılır. Bu işlem belirlenen karar ağacı sayısı kadar tekrarlanır. AdaBoost algoritması için RandomForest algoritmasında olduğu gibi 300 adet karar ağacı belirlendi. Ayrıca AdaBoost algoritmasında önemli bir parametre olan öğrenme oranı (learning rate) 0,15 olarak belirlendi. Öğrenme oranı hata değeri hesaplanırken tahminlerin ne kadarının dikkate alınacağını ifade etmektedir.

Makine öğrenimi algoritmaları farklı akış sürelerinde oluşturulan veri kümelerinin %33 oranında test verileri geri kalanı ise eğitim verileri olarak ayrılmaktadır. Makine öğrenmesi algoritmaları eğitim verileri ile eğitilmekte ve hem eğitim hemde test verileri ile değerlendirme skorları hesaplanmaktadır. Değerlendirme skorlarını doğruluk, F1, duyarlılık ve kesinlik skorları oluşturmaktadır. Değerlendirme skorları Tablo 2'de verilen karmaşıklık matrisi (confusion matrix) gösterimi üzerinden hesaplanmaktadır. Karmaşıklık matrisinde 1 doğru sınıfı, 0 ise yanlış sınıfı temsil etmektedir.

Makine öğrenmesi modellerinin performansı denklem 1 ve 4 arasındaki hesaplamalara göre belirlenmektedir. Doğruluk skoru karmaşıklık matrisinden genel bir skoru ifade eden doğru tahmin sayısının tüm tahmin sayısı oranı ile hesaplanmaktadır. Kesinlik skoru, doğru olarak tahmin edilenlerin gerçekte ne oranda doğru olduğunu belirtmektedir. Duyarlılık skoru, doğru sınıfın ne oranda doğru tahmin edildiğini ifade etmektedir. F1 skoru, duyarlılık ve kesinlik skorlarının harmonik ortalaması ile ifade edilmektedir.

Tablo 2. Karmaşıklık Matrisine Genel Bakış.

Table 2. Overview of the Confusion matrix.

		Gerçek Sınıf	
		1	0
Tahmin Sınıfı	1	Doğru Pozitif (DP)	Yanlış Pozitif (YP)
	0	Yanlış Negatif (YN)	Doğru Negatif (DN)

$$\text{Doğruluk Skoru} = \frac{DP + DN}{(DP + DN + YP + YN)} \quad (1)$$

$$\text{Kesinlik Skoru} = \frac{DP}{(DP + YP)} \quad (2)$$

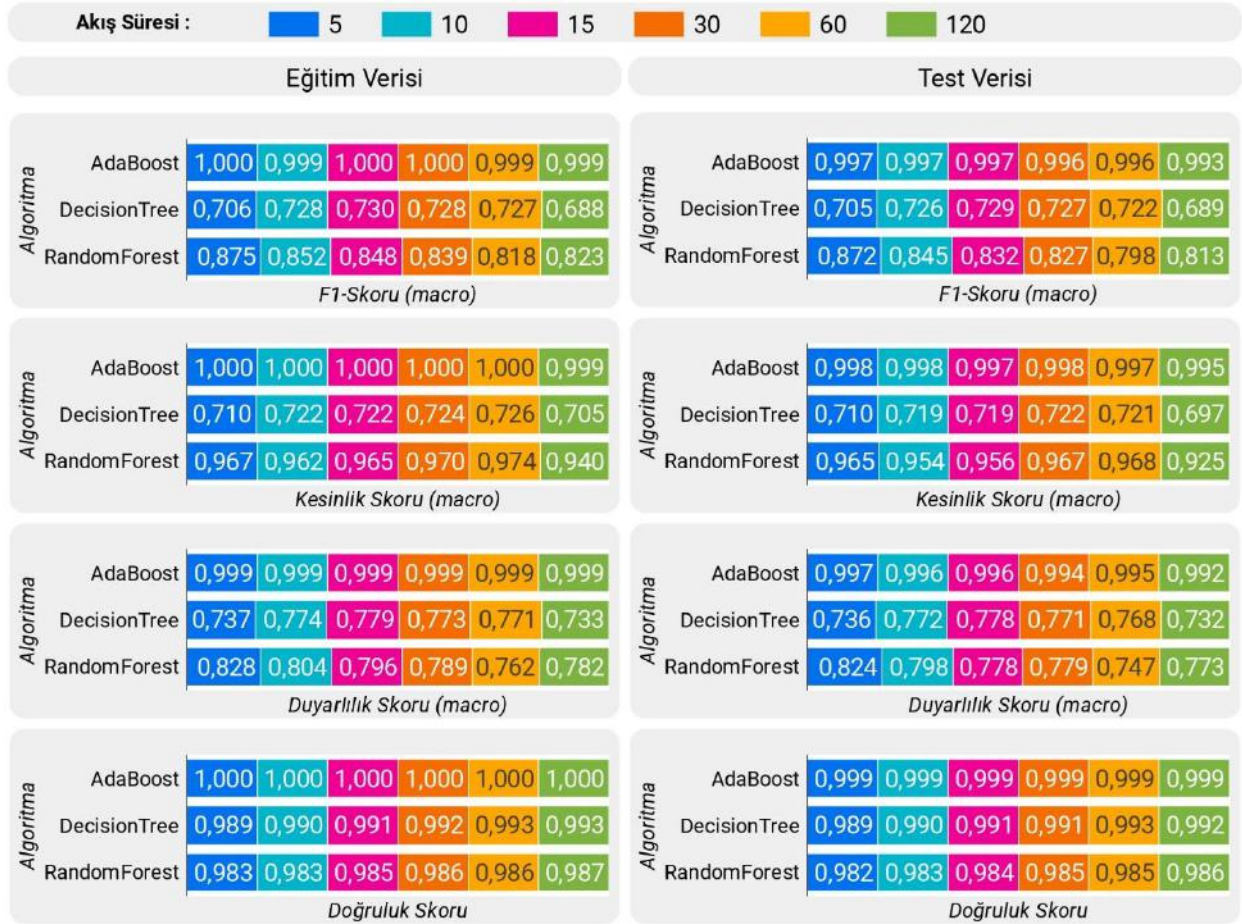
$$\text{Duyarlılık Skoru} = \frac{DP}{(DP + YN)} \quad (3)$$

$$\text{F1 Skoru} = 2 \times \frac{(\text{Kesinlik} \times \text{Duyarlılık})}{(\text{Kesinlik} + \text{Duyarlılık})} \quad (4)$$

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Yapılan çalışma kapsamında, ağ trafiklerinin farklı sürelerde ağ akışlarına dönüştürülmesi sonucunda oluşturulan veri kümeleri eğitim ve test veri kümesi olmak üzere iki gruba ayrıldı. Eğitim veri kümesi makine öğrenmesi algoritmalarıyla eğitildi. Bu eğitim sonucunda elde edilen model test veri kümesi ile değerlendirildi. Bu bölümde, makine öğrenmesi algoritmalarının sonuçları, genel ve uygulama sınıflarına yönelik hesaplanan değerlendirme skorları ile incelenmektedir.

Makine öğrenmesi algoritmalarının eğitim ve test verileri ile 5, 10, 15, 30, 60 ve 120 saniyelik akış sürelerindeki değerlendirme skorları Şekil 2'de gösterilmektedir. Değerlendirme sonuçlarından F1 skoru dikkate alındığında AdaBoost algoritması tüm akış sürelerinde yaklaşık %100'e yakın bir skor ile DecisionTree ve RandomForest algoritmalarından daha iyi sonuç vermektedir. AdaBoost algoritması başarısı için akış sürelerindeki değişimin bir etkisinin olmadığı görülmektedir. DecisionTree algoritması için F1 skoru dikkate alındığında en iyi sonucun yaklaşık %73 ile 15 saniyelik akış süresinde en kötü sonucun ise yaklaşık %69 ile 120 saniyelik akış süresinde olduğu görülmektedir. RandomForest algoritmasında F1 skoru dikkate alındığında en iyi skora yaklaşık %87 ile 5 saniyelik akış süresinde, en kötü skora ise yaklaşık %80 ile 60 saniyelik akış süresinde ulaşmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, akış süresinin AdaBoost makine öğrenmesi algoritmasına etkisi olmadığını ancak diğer taraftan RandomForest ve DecisionTree algoritmaları için farklılıklar barındırdığı gözlenmiştir.



Şekil 2. Farklı akış sürelerinde makine öğrenimi algoritmalarının değerlendirme skorları.

Figure 2. Evaluation scores of machine learning algorithms at different flow times.

Farklı akış sürelerinde VPN kullanımını içeren ağ trafiği uygulama sınıfları için F1 skorları Şekil 3'te gösterilmektedir. AdaBoost algoritması tüm akış sürelerinde iyi skorlara ulaşmaktadır. Ancak, akış süresinin artmasıyla bazı uygulamalarda F1 skoru azalmaktadır. Örneğin, 120 saniyelik akış süresinde AIM, ICQ ve Skype uygulamaları 5 saniyelik akış süresine kıyasla %2 oranında F1 skoru azalmaktadır. DecisionTree algoritması, tüm akış sürelerinde YouTube, VoipBuster, Skype ve Facebook uygulamalarında ortalama olarak yaklaşık %100 oranında F1 skoruna ulaşmıştır. BitTorrent uygulamasında ise sadece 120 saniyelik akış süresinde %64, diğer akış sürelerinde ise %100 oranında F1 skoruna ulaşmaktadır. DecisionTree algoritması, farklı akış

sürelerinde AIM, ICQ, FileTransfer, Netflix ve Vimeo uygulamalarında başarısız olduğu gözlenmiştir. Bu uygulamalar DecisionTree algoritmasında akış süresinden en fazla etkilenen uygulamalar olduğu görülmektedir. Random Forest algoritması AIM ve ICQ uygulamaları dışında diğer tüm uygulamalarda %3 oranında tolerans ile incelendiğinde genelde akış süresinin artmasıyla F1 skorunda düşüş görülmektedir. AIM ve ICQ uygulamaları için ise sırasıyla 5 ve 120 saniyelik akış sürelerinde en iyi skora ulaşılmaktadır. Ancak, AIM ve ICQ uygulamaları 10, 15, 30 ve 60 saniyelik akış sürelerinde önce F1 skoru azalmakta daha sonra yükselmektedir. Elde edilen sonuçlar incelendiği en etkili algoritmanın AdaBoost olduğu gözlenmiştir.

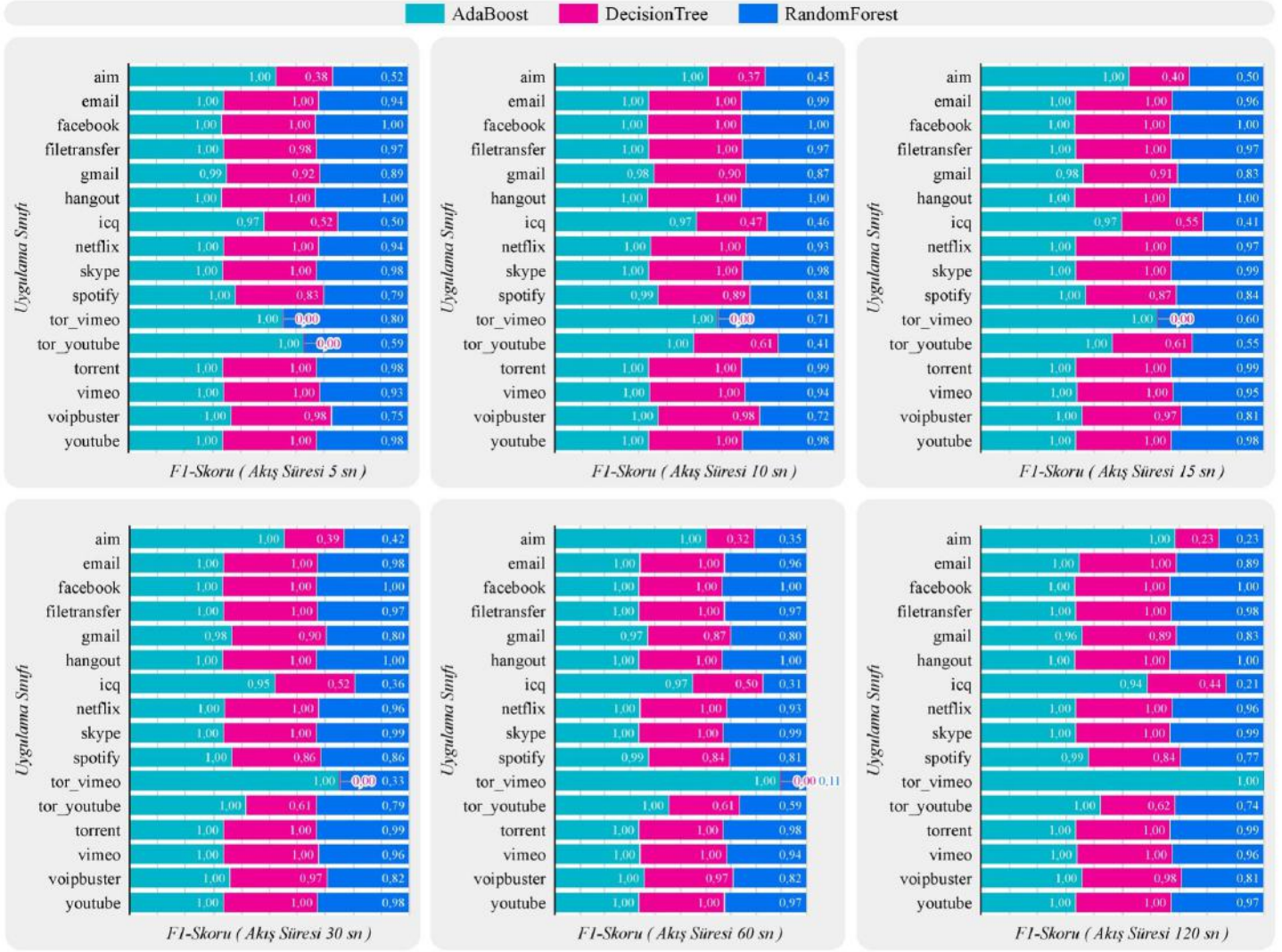


Şekil 3. Farklı akış sürelerinde VPN kullanımını içeren ağ trafiklerine ait uygulama sınıflarının F1 skorları.

Figure 3. F1 scores of application classes of network traffic involving VPN usage at different flow times.

Normal trafiğe sahip uygulama sınıflarının farklı akış sürelerine ilişkin F1 skorları Şekil 4'te gösterilmektedir. AdaBoost algoritması, tüm akış sürelerinde Gmail ve ICQ uygulamaları haricinde %100 oranın F1 skoruna ulaşmaktadır. Gmail ve ICQ uygulamalarında ise en iyi F1 skoruna 5 saniyelik akış süresinde ulaşmaktadır. DecisionTree algoritması, Tor üzerinden gerçekleştirilen Vimeo uygulaması için tüm akış sürelerinde, YouTube uygulaması için 10 ve 15 saniyelik akış süreleri haricindeki diğer tüm akış sürelerinde F1

skorlarının başarısız olduğu görülmektedir. Diğer uygulamalar için DecisionTree algoritması en iyi skora 15 saniyelik akış süresinde ulaşmaktadır. RandomForest algoritması Tor üzerinden gerçekleştirilen YouTube uygulaması dışında en iyi skorlara 5 ve 15 saniyelik akış sürelerinde ulaştığı görülmektedir. Tor üzerinde yapılan YouTube ağ trafiğinde ise 30 saniyelik akış süresinde RandomForest algoritması %79 oranında F1 skoru ile en iyi sonuca ulaşmaktadır.



Şekil 4. Farklı akış sürelerinde normal kullanımı içeren ağ trafiği uygulama sınıflarının F1 skorları.

Figure 4. F1 scores of application classes of network traffic involving normal usage at different flow times.

4. Sonuç

Yapılan çalışma ile AdaBoost, DecisionTree ve RandomForest algoritmalarının ağ trafiği sınıflandırılmasında kullanılan istatistiksel bir yaklaşım olan akış tabanlı yöntem ile 5, 10, 15, 30, 60 ve 120 saniyelik akış sürelerinde sınıflandırma performansları değerlendirildi. Değerlendirme sonuçlarında AdaBoost algoritması tüm akış sürelerinde %100'e yakın bir F1 skoruna ulaştığı tespit edildi. RandomForest algoritması için en iyi F1 skoruna 5 saniyelik akış süresinde ulaşmasıyla beraber akış süresinin artış göstermesinden olumsuz etkilendiği gözlemlendi. DecisionTree algoritması ise 15 saniyelik akış süresinde en iyi F1 skoruna ulaştığı ve diğer akış sürelerinde performansının düştüğü görüldü. Bunun yanında uygulama sınıflarına yönelik hesaplanan değerlendirme skorlarında akış süresindeki değişiklik uygulamalar üzerinde de farklı etkilere yol açmaktadır.

Sonuç olarak, algoritmaların ağ akışı süresinden önemli ölçüde etkilendikleri görülmektedir. Akış sürelerinin algoritmaların performansa olan etkileri, algoritmaların yapılarına göre değişiklik göstermektedir. Bu sebeple ağ trafiği sınıflandırılmasında tercih edilen algoritma için farklı akış sürelerinde değerlendirilmeleri gerekmektedir.

Kaynakça

Aouini, Z., & Pekar, A. (2022). NFStream. *Computer Networks*, 204, 108719. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2021.108719>

Cherif, I. L., & Kortebi, A. (2019). On using extreme gradient boosting (XGBoost) machine learning algorithm for home network traffic classification. *2019 Wireless Days (WD)*. <https://doi.org/10.1109/wd.2019.8734193>

Datta, J., Kataria, N., & Hubballi, N. (2015). Network traffic classification in encrypted environment: A case study of Google hangout. *2015 Twenty First National Conference on Communications (NCC)*. <https://doi.org/10.1109/ncc.2015.7084879>

Draper-Gil, G., Lashkari, A. H., Mamun, M. S., & A. Ghorbani, A. (2016). Characterization of encrypted and VPN traffic using time-related features. *Proceedings of the 2nd International Conference on Information Systems Security and Privacy*. <https://doi.org/10.5220/0005740704070414>

Gómez, S. E., Martínez, B. C., Sánchez-Esguevillas, A. J., & Hernández Callejo, L. (2017). Ensemble network traffic classification: Algorithm comparison and novel ensemble scheme proposal. *Computer Networks*, 127, 68-80. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2017.07.018>

- Statista. (2022, April). *Global digital population as of April 2022* (in billions).
<https://www.statista.com/statistics/617136/digital-population-worldwide/>
- World Development Report (WDR) Team. (2021). *How big are global data flows?*
<https://wdr2021.worldbank.org/stories/crossing-borders/>
- Yamansavascular, B., Guvensan, M. A., Yavuz, A. G., & Karşligil, M. E. (2017). Application identification via network traffic classification. *2017 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC)*.
<https://doi.org/10.1109/icnc.2017.7876241>
- Zhang, J., Chen, X., Xiang, Y., Zhou, W., & Wu, J. (2015). Robust network traffic classification. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 23(4), 1257-1270.
<https://doi.org/10.1109/tnet.2014.2320577>
- Zhang, J., Xiang, Y., Wang, Y., Zhou, W., Xiang, Y., & Guan, Y. (2013). Network traffic classification using correlation information. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 24(1), 104-117.
<https://doi.org/10.1109/tpds.2012.98>



The Current Situation of the Development of Electric Vehicle Technology in Turkey

İsa Karahan¹, Yusuf Alper Kaplan², Gulizar Gizem Tolun^{3*}

¹ Osmaniye Korkut Ata University, Faculty of Engineering, Department of Energy Systems Engineering, Osmaniye, Turkey, (ORCID: 0000-0003-2939-7147), isa.karahann@gmail.com

² Osmaniye Korkut Ata University, Faculty of Engineering, Department of Energy Systems Engineering, Osmaniye, Turkey, (ORCID: 0000-0003-1067-110X), alperkaplan@osmaniye.edu.tr

^{3*} Osmaniye Korkut Ata University, Faculty of Engineering, Department of Energy Systems Engineering, Osmaniye, Turkey, (ORCID: 0000-0003-1876-9283) gulizargizemunaldi@osmaniye.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1112093)

ATIF/REFERENCE: Karahan, İ., Kaplan, Y.A. & Tolun, G.G. (2022). The Current Situation of the Development of Electric Vehicle Technology in Turkey. *European Journal of Science and Technology*, (36), 284-287.

Abstract

The environmental damage caused by internal combustion vehicles used in transportation, the diminishing availability of fossil fuels, and the lower cost of electricity in comparison to gasoline and diesel, are the primary reasons for the trend toward electric vehicles (EV). In parallel to the increase in electric vehicles, the number of charging stations has increased as well, which has contributed to the widespread utilization of electric vehicles. When the history of electric vehicles has been investigated, it became clear that the first studies began in the early 1800s. During those years, as oil output expanded in response to the period's conditions, electric vehicles' popularity diminished in comparison to internal combustion vehicles. Additionally, range, charging durations, and power have limited the commercialization of electric vehicles. With global warming approaching alarming levels and new technology emerging, demand for electric vehicles has increased. Turkey, with its technological advancements and investments in electric vehicles, is observed to be following the global electric vehicle market. In this study, the electric vehicle development process in Turkey was assessed, as was the distribution of existing charging stations for businesses and domestic vehicles.

Keywords: Electric Vehicle, Charging Station, Combustion Engines, Domestic Electric Vehicles, Electric Vehicles Market

Türkiye'de Elektrikli Araç Teknolojisinin Gelişiminin Güncel Durumu

Öz

Ulaşımında kullanılan içten yanmalı araçların çevreye verdiği zarar, fosil yakıtların azalması, benzin ve dizelin yüksek maliyetli olması, elektrikli araçlara (EV) yönelik eğilimin başlıca nedenleridir. Elektrikli araçların artışına paralel olarak şarj istasyonlarının da artması elektrikli araçların yaygınlaşmasına katkı sağlamıştır. Elektrikli araçların tarihi araştırıldığında, ilk çalışmaların 1800'lü yılların başlarında başladığı ortaya çıkmıştır. O yıllarda, dönemin koşullarına göre petrol üretiminin artmasıyla elektrikli araçların popülaritesi içten yanmalı araçlara göre azalmıştır. Ek olarak menzil, şarj süreleri ve güç, elektrikli araçların ticarileştirilmesini sınırlamıştır. Küresel ısınmanın endişe verici seviyelere yaklaşması ve teknolojinin ilerlemesi ile birlikte elektrikli araçlara olan talep artmıştır. Türkiye'nin teknolojik gelişmeler ve elektrikli araçlara yaptığı yatırımlarla küresel elektrikli araç pazarını takip ettiği görülmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'deki elektrikli araç geliştirme süreci ile mevcut şarj istasyonlarının işletmelere ve yerli araçlara dağılımı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Araç, Şarj İstasyonu, İçten Yanmalı Motor, Yerel Elektrikli Araç, Elektrikli Araç Pazarı.

* Corresponding Author: gulizargizemunaldi@osmaniye.edu.tr

1. Introduction

In today's world, accessing clean energy is a major problem. The factors leading to this are the rapidly growing population, industry and technology progressing linearly with population growth, and the consequent energy deficit. The use of fossil fuels to close this energy gap has begun to cause irreversible damage to the ecosystem and atmosphere. Considering the transportation sector, it is clear that the trend is toward electric vehicles rather than internal combustion engines. Electric vehicles have been intensively considered as a potential method of decreasing the greenhouse effect. With advancements in power electronics, energy storage, and support, electric vehicles currently offer comparable range and fuel economy to internal combustion engine vehicles. By utilizing optimized control strategies or the energy management system approach, the efficiency of EVs could be greatly increased (Ding et al., 2017). When the history of electric vehicles is examined, it is seen that it has a history of more than 100 years. At the time, issues with battery technology, range, and charging infrastructure caused electric vehicles to be overshadowed by internal combustion vehicles. Alternative technologies were sought in response to the 1974 oil crisis and the effects of air pollution caused by internal combustion vehicles. As a result, General Motors introduced the first electric vehicle at the end of the 20th century (Tuncay and Ustun, 2012). Globally, extensive research has been conducted to assist the integration of the ever-growing number of EVs into the power infrastructure (Calearo et al., 2021). The global growth of investment in electric vehicles and the efforts that have been made to develop electric vehicle technology have impelled Turkey to enter this market. As a result, research was initiated in the 2000s under the guidance of TUBITAK. Even though attempts at electric vehicles were made in this region, including during the Ottoman period, investments in this industry have accelerated significantly in the last 15 years. In this paper, the development processes in the electric vehicle sector of Turkey, domestic manufacturing efforts, and the charging stations that have a direct impact on the spread of electric vehicles are discussed.

2. Domestic Electric Vehicle and Charging Stations of Turkey

To keep pace with the global market, Turkey has begun to manufacture electric vehicles. However, the first appearance of this electric vehicle in Anatolia dates all the way back to the Ottoman Empire. While electric vehicles were successfully promoted until 2000, internal combustion engines were far ahead of the trend. However, the depletion of fossil fuels, rising costs, increased air pollution, and environmental damage caused by these cars have reintroduced electric vehicles to the popular spotlight. The initial attempts in our country occurred in the early 2000s under the supervision of TUBITAK. In 2003, TOFAS Turk Automobile Factory Inc. introduced the Doblo as Turkey's first electric vehicle. ELIT-1 is Turkey's first hybrid electric vehicle, capable of running on both gasoline and electricity. TUBITAK MAM has completed work on hybrid and electric vehicles, as well as electric vehicle subsystems; ELIT-1, FOHEV-1, and Sultan vehicles are also featured. In our country, research on producing electric vehicles and equipment is performed at various universities, either independently or in collaboration with industry (Simay and Ustabas, 2017). Turkey's Automobile Joint Venture Group Inc. was founded in Italy in 2019 to carry out Turkey's

national electric vehicle project. It is aimed at presenting different models to the world automotive market until 2030, with the intellectual and industrial rights of TOGG, which produces SUV and sedan models entirely in our country (Demir, 2020).

The augmentation of charging stations is a significant factor in electric vehicles' having a more active role in our lives. This straight relationship between electric vehicles and charging stations contributes significantly to the appeal of these vehicles. Various organizations, including Esarj, Gersan, Sharz, Voltrun, and ZES, are investing in this area in order to extend Turkey's charging station network and increase the number of electric vehicles on the road. Turkey's investments are concentrated in urban areas, particularly Istanbul, Ankara, and Izmir. The main reasons for the density of investments in city centers are the low battery capacities of the vehicles and the difficulty of intercity travel due to the limited maximum travel distance. Additionally, legislation and regulations constrain corporations who develop electric vehicle charging stations. As a result of the legal sanctions contained in the parking lot regulation, the electric charging station requirement increases the number of charging stations in the city center by encouraging the installation of charging stations in residences and businesses. On the other hand, it has been noticed that the density of charging stations in urban-intercity road networks fluctuates due to the fact that the above-mentioned rule does not include intercity routes. Stations have accumulated in metropolitan areas, as illustrated in Figure 1 (Demirtas et al., 2021). As of 2011, there are just three charging station manufacturers and fifteen charging stations. By the end of 2020, 18 firms will have installed charging stations in 30 major cities and 81 smaller cities, leaving no city without a charging station (TEHAD, 2020).



Figure. 1 Turkey electrical charge stations map for 2022 of Esarj company (Esarj, 2022)

Turkey's electrical charge stations constructed by Esarj is shown in Figure 1. According to the Electric and Hybrid Vehicles Association's (TEHAD) survey, 11 companies have invested in charging stations in our country. The fact that the charging stations that will be added in the coming years will be positioned on the intercity highway network will both alleviate bias against electric vehicles and encourage people to travel without difficulty or discomfort (TEHAD, 2020).

3. Turkish Electric Vehicle Market and the Current Status

Hybrid and electric vehicles have gained popularity in the automotive sector as a result of their lower cost, environmental friendliness, and comfort when compared to internal combustion

vehicles. As a consequence, automobile manufacturers have rapidly expanded their electric-assisted vehicle options, and efforts have been continued in order for Turkey to rise in the global electric vehicle market. In Turkey, the number of 100% electric vehicles sold was less than 500 in 2011, while only 184 units were sold in 2012. In 2013, 31 units were sold only as electric vehicles, followed by 47 units in 2014, 120 units in 2015, and 44 units in 2016. Table 1 details the cumulative sales of electric vehicles over the years (Energy Atlas, 2022).

Table 1. Electric vehicle sales over the years in Turkey (Energy Atlas, 2022)

Year	Sales	Cumulative Sales
Until 2013	184	184
2013	31	215
2014	47	262
2015	120	382
2016	44	426
2017	76	502
2018	155	657
2019	222	879
May 2020	133	1012

In our country, efforts to produce electric vehicles are carried out independently by many institutions and companies. Among the firms that convert internal combustion engine vehicles to electric vehicles are Derindere Motor Vehicles (DMA), Devimsel Teknoloji, Mekantron Engineering Technologies, Renault, BMW, Toyota, Tesla, Mercedes, Jaguar, Mini Cooper, and Audi. With Derindere Motor Vehicles (DMA), the old systems of traditional internal combustion engine vehicles are disassembled and then released to the market after making the necessary connections and integration of the electrical system. DMA is now manufacturing electric vehicles on the Toyota Corolla's new chassis. The modified vehicle has a top speed of 160–200 km and a range of 280–400 km on a single charge. The software and technology used in the vehicle were completely developed by the company [9]. To help illustrate technical data regarding electric vehicles, Table 2 lists the characteristics of electric vehicles manufactured by the DMA.

Table 2. Characteristic of electric vehicles manufactured by DMA (Kocabey, 2018).

DMA Basic	DMA Plus	DMA Sport
Technical Information		
Range		
280 km	400 km	400 km
Motor Power		
62 kW (84 kW max.)	62 kW (84 kW max.)	84 kW (170 kW max.)
Specified Torque		
225 Nm (330 Nm max.)	225 Nm (330 Nm max.)	260 Nm (350 Nm max.)
Energy		
Capacity		
36 kWh	53 kWh	53 kWh
Charging Time		
Lithium-based cells	Lithium-based cells	Lithium-based cells
Performance		
Last Speed		
160 km/h	160 km/h	160 km/h

0-100 Acceleration	0-100 Acceleration	0-100 Acceleration
11.9 second	11.9 second	7.8 second

Companies are making efforts to guarantee that electric vehicles are preferred in Turkey and that they are seen on the roads more often. However, market research has identified an issue with demand for electric vehicles. This is because the charging time is prolonged and the range is limited. According to KPMG's 2018 Turkey Global Automotive Research, the attitude of automotive purchasers toward electric vehicles is encouraging, indicating that electric vehicles will have a significant role in our lives. In Turkey, hybrid vehicles are preferred by 55% of people looking to buy a new car (KPMG, 2018). Companies' investments in charging infrastructure, battery technology advancements, network infrastructure flexibility studies, and various government agencies, particularly municipalities, all contribute to this increase in demand for electric vehicles. These factors gradually reduce the negative impressions of society about electric vehicles (Kumar and Alok, 2020).

4. Results and Discussion

With the increase in the population, the use of fossil fuels has shown the damage caused by these conventional fuels. Furthermore, the reality that fossil fuels are finite has motivated a search for alternate energy sources. Electric vehicles have the potential to outperform internal combustion vehicles by increasing their presence in our lives through variants such as hybrids or all-electric. It aims to enhance the density of electric vehicles by providing metrics that directly influence electric vehicle preference, such as charging times, range, and battery replacement. With substantial progress being made in this field around the world, Turkey is likewise attempting to establish a presence in the electric vehicle market. Among these investigations are the TOGG project for domestic electric vehicle research and building the charging station network between city centers and cities to ensure that purchasers prefer electric vehicles.

5. Conclusion and Recommendations

Worldwide, the electric vehicle market has been activated as a result of the depletion of fossil fuels, increased air pollution, efforts to reduce CO2 emissions under the Kyoto Protocol, and technological improvements. By the 2020s, it is projected that traditional internal combustion engine vehicles will be phased out and replaced by more eco-friendly electric vehicles. This crisis provides us with an opportunity to build a presence in the internal combustion automotive market. Similar to Turkey's success in the defence and security and white goods sectors as a result of technological advancements, it is predicted that the geography in which it is located in the field of electric vehicle technology has the capacity to host a regional vehicle production center and eventually become a significant automotive production center. Additionally, the growth of high-tech commodities such as electric vehicles is viewed as a significant opportunity to reduce our energy-related trade deficit.

References

- Calero, L., Marinelli, M., & Ziras, C. (2021). A review of data sources for electric vehicle integration studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 151, 111518.
- DEMİR, A. (2020). Gzft analysis of Turkey's Car. *ESAM Journal of Economic and Social Research*, 1(1), 24-46.
- DEMİRTAŞ, M., YILMAZ, E., Ceren, Ü. N. A. L., KÜÇÜKPEHLİVAN, T., AĞAÇSAPAN, B., & AKSOY, T. (2021). Positioning of Electric Vehicles and Charging Stations. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies*, 4(1), 11-32.
- Ding, N., Prasad, K., & Lie, T. T. (2017). The electric vehicle: a review. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, 9(1), 49-66.
- Electric&Hybrid Vehicles Association (2020, November 09). Turkey Charging Stations Map homepage. TEHAD. <https://www.tehad.org/2020/11/09/turkiye-sarj-istasyonu-haritasi-bolgeler-2020/>
- Energy Atlas. (2022, March 8). Number of Electric Vehicles in Turkey. <https://www.enerjiatlas.com/haber/turkiye-deki-elektrikli-otomobil-sayisi>
- Kocabey, S. (2018). The past, present and future of electric cars. *Journal of Intelligent Transportation Systems and Applications*, 1(1), 16-23.
- KPMG. (2018, May 2). Turkish consumer's test with Electric vehicles. <https://home.kpmg/tr/tr/home/medya/press-releases/2018/04/turk-tuketicinin-elektrikli-otomobille-imtihani.html>
- Kumar, R. R., & Alok, K. (2020). Adoption of electric vehicle: A literature review and prospects for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 253, 119911.
- Simav, O., & Ustabaş, A. Otomotiv Endüstrisindeki Muhtemel Dönüşümün Ekonomik Boyutu: Türkiye Örneği The Economic Dimension of Possible Transformation in the Automotive Industry: The Case of Turkey.
- Tuncay, R.N. & Ustun, O. (2012). Automotive sector board report: A view from the past to the future in electric vehicles. MUSIAD. https://www.musiad.org.tr/uploads/yayinlar/arastirma-raporlari/pdf/otomotiv_sektor_raporu_2012.pdf
- Turkey Electrical Charge Stations Map. (2022). Stations map. <https://esarj.com/en/map>



EMG ve Esnek Algılayıcı Sensör İle Kontrol Edilebilen Robot El Sisteminin Geliştirilmesi

Cengiz Sertkaya^{1*}

^{1*} OstimTeknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-2802-8297),
cengiz.sertkaya@ostimteknik.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1108544)

ATIF/REFERENCE: Sertkaya, C. (2022). EMG ve Esnek Algılayıcı Sensör İle Kontrol Edilebilen Robot El Sisteminin Geliştirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 288-292.

Öz

Günümüzde endüstri, arama kurtarma, uzay çalışmaları ve medikal cerrahi gibi birçok alanda robot kullanımı önemli rol oynamaktadır. Özellikle hassasiyetin önemli olduğu veya insanın çalışması için güvenli olmayan ortamlarda robot manipülatörlerin, insan eline yakın hassasiyette işlem yapabilecekleri durumlara olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. İnsan elinin sahip olduğu kavrama, tutma, sıkma gibi işlevler robot manipülatörlerde de ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak bu işlevler, içerisine birçok eklem hareketinin devreye girmesiyle gerçekleştiğinden, oldukça kompleks bir yapıya sahiptir. Bu nedenle bu yapının daha iyi anlaşılabilmesi için farklı sensörlerden bilgi alarak ve insan eli eklem yapısına uygun tasarımlar gerçekleştirerek çözüm üretilmeye çalışılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı insan eli fizyolojisine sahip bir robot el sisteminin geliştirilmesidir. Sistemin hareketlerinin kontrolü için iki aşamalı bir model önerilmiştir. Birinci modelde esnek algılayıcı resistörler yardımıyla parmak hareketleri algılanarak robot el tarafından simüle edilmiştir. İkinci modelde kol kaslarındaki hareketlerin EMG sensörleri ile algılanarak robot el üzerinde hareketlere dönüştürülmesi sağlanmıştır. Çalışma sonucunda önerilen robot el sisteminin özellikle tehlikeli ortamlarda kullanılabilen veya eli olmayan engelli bireyler tarafından kullanılacak bir protez el işlevi görerek kullanılması hedeflenmektedir. Yapılan simülasyon testleri sonuçlarından önerilen modellerin bir insan elini örnekleyebilecek derecede başarılı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: EMG, Esnek Algılayıcı Sensör, Robot El, Robot Manipülatör, Teleoperasyon.

Development of Robot Hand System Controlled by EMG and Flexible Sensing Sensor

Abstract

Today, the use of robots plays an important role in many fields such as industry, search and rescue, space studies, and medical surgery. Especially in environments where precision is important or unsafe for human work, the need for situations where robot manipulators can operate with precision close to human hands is increasing day by day. Functions such as grasping, holding, and squeezing that the human hand possesses are also needed in robot manipulators. However, these functions have a very complex structure since they are realized by the introduction of many joint movements. For this reason, to better understand this structure, it is tried to solve by taking information from different sensors and making designs suitable for the human hand joint structure.

This study aims to develop a robot hand system with human hand physiology. A two-stage model is proposed for controlling the movements of the system. In the first model, finger movements are detected and simulated by the robot hand with the help of flexible sensor resistors. In the second model, movements in the arm muscles are detected by EMG sensors and converted into movements on the robot hand. As a result the study, it is aimed to use the proposed robot hand system as a prosthetic hand that can be used especially in dangerous environments or can be used by handicapped individuals. From the results of the simulation tests, it is seen that the proposed models were successful enough to sample a human hand.

Keywords: EMG, Flexible Sensor, Robot Hand, Robot Manipulator, Teleoperation.

* Sorumlu Yazar: cengiz.sertkaya@ostimteknik.edu.tr

1. Giriş

Teleoperasyon kavramı bir makinenin uzaktan bir insan tarafından kontrol edilmesidir. Bu durum özellikle insanın çalışması için güvenli olmayan ortamlarda ve insan yerine geçecek olan robot için otonom operasyonları tanımlamanın ve programlamanın güç olduğu durumlarda ihtiyaç duyulmaktadır. İnsan doğasına uygun hareketlerin yapılması fazlasıyla kompleks olduğundan, teleoperasyon ile robot kontrolüne dayanan çalışmaların sayısı günümüzde artış göstermektedir (Abut and Soygüder 2019).

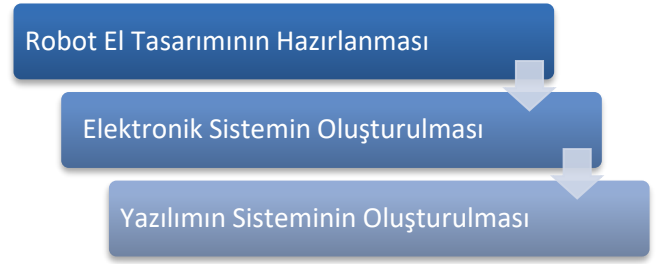
Literatür incelendiğinde özellikle endüstri, arama kurtarma, uzay çalışmaları ve medikal cerrahi gibi birçok alanda teleoperasyon üzerine çalışmaların yoğunlaştığı görülmektedir (Blatnický et al. 2020; Chua, Ilschner, and Caldwell 2003; Javaid et al. 2021; Shibli, Aghili, and Su 2005). Bir çalışmada insan elinin kavrama, sıkma ve gevşetme gibi yeteneklerini simüle edebilmek amacıyla, insan eli eklem yapısını örnekleyen bir robot el geliştirilmiştir. Geliştirilen robot elin kontrolü için esnek algılayıcı sensörler kullanılmıştır. Yapılan testler sonucunda sistemin, %5 açısal farklılıkla insan eli hareketlerini iyi derecede simüle edebildiği belirtilmiştir (ÖZKAN et al. 2017). Diğer bir çalışmada insan kavrama becerisini iki parmaklı bir mikro tutucu ile gerçekleştirmek istenmiştir. Burada kullanılan şekil hafızalı alaşım (SMA) yöntemi ile parmak hareketleri ve uygulanması gereken baskı değerleri sisteme öğretilmiştir (Lan, Lin, and Fan 2011). Diğer bir çalışmada 3 boyutlu bir ortamda insan el hareketlerinin algılanarak, bu hareketlerin robota aktarılması sağlanmak istenmiştir. Sistem sonrasında Aldebaran NAO robot üzerinde nesne kavrama ve kaldırma işlevleri ile test edilmiştir (Hafiane, Salih, and Malik 2013). Başka bir çalışmada endüstride çalışan ve makinelerde kaza sonucu parmak, kol gibi uzuvlarını kaybedenler için kullanılabilir bir robot el üzerinde çalışmışlardır. Robot elin kontrolü esnek algılayıcı sensör ve arduino kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Wakode et al. 2019). Diğer bir çalışmada elini kaybetmiş engellilerin kullanımına yönelik, nesnelere tutma ve kaldırma işlemlerini yapabilecekleri şekilde dizayn edilmiş bir robot el tasarımı sunulmuştur. Robot elin kontrolünde kol kaslarındaki hareketlerin algılanması prensibi üzerine çalışılmıştır. Bu amaçla kullanılan elektromiyografi (EMG) sensörleri ile okunan kol kaslarındaki elektrik sinyalleri, servo motorlar üzerinden parmak hareketlerine dönüştürülmüştür (Wakode et al. 2019). Diğer bir çalışmada, üç boyutlu yazıcıdan elde edilmiş baskı robot elin üzerine monte edilmiş motorlar ve uzaktan bağlantı modülleri sayesinde uzak mesafeden yönetilebilen bir robot el geliştirilmiştir. Modelin insan için tehlikeli kimyasal, biyolojik veya radyoaktif ortamlarda kullanılabilmesi varsayılmıştır (Karam, Al-Kadhimi, and Saeed 2018). Deprem gibi doğal afetlerde arama ve kurtarma çalışmalarında kullanılmak üzere geliştirilen bir robot kol çalışmasında, yüz metreye kadar mesafede hareket ve uzaktan kontrol edilebilme özelliklerine sahip bir model sunulmuştur (Azha et al. 2016). İnsan el ve kol hareketlerinin algılanarak iki robotun kontrol edildiği ve medical cerrahi işlemi için kullanıldığı bir çalışmada üç boyutlu bir ortamda hareketler simüle edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre geliştirilen manipülatörün beyin ameliyatı gibi hassas bir cerrahi işlemde başarılı bir şekilde kullanılabilmesi vurgulanmıştır (Seung et al. 2015).

Bu çalışmada, anatomik olarak gerçek bir insan elinin özelliklerine sahip bir robot el önerisinde bulunulmuştur. Robot

elin kontrolünde esnek algılayıcı sensörler ve koldaki kas hareketlerinin algılanarak el hareketlerine dönüştürüldüğü iki farklı kontrol mekanizması kullanılmıştır. Geliştirilen modeller ile bir robot elin uzaktan kontrolüne dair çözümler önerilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Robotik el modelinin geliştirilmesinde 2 farklı disiplin çalışması gerçekleştirilmiştir. Bunlar hareketlerin sağlanacağı elektronik bölümü ve sistemin hesapları yaparak süreçleri elektronik sisteme aktarmakla görevli sistemin yönetimini sağlayan yazılım bölümüdür. Sistemin geliştirilmesinde Şekil 1'de belirtilen işlem adımları uygulanmıştır.



Şekil 1. Modellerin kurulması sırasında uygulanan adımlar

2.1. Robot El Tasarımının Hazırlanması

Robot elin tasarımında gerçek bir insan elinin tüm eklemlerine sahip olması ileride amaçlanan tutma ve kavrama yeteneklerini karşılayabilmesi açısından son derece önemlidir. Bu amaçla literatürde insan eline yakın robot el tasarımları incelenmiştir. Bunlardan tam boyutlu bir insanın robot kopyasını oluşturmayı hedefleyen InMoov adı verilen robota ait robot el yapısı istenilen amaca en uygun olduğundan bu tasarımdan yararlanılmıştır (InMoov n.d.).

Tasarımı tamamlanan robot elin oluşturulması için Ender 3 v2, 3 boyutlu yazıcısı kullanılmıştır. Robot elin parçalarının baskısında, maliyetin az olması, oluşan artıkların doğada kolay çözünmesi, robot elde istenen esneklik ve sağlamlığa sahip olmasından dolayı PLA baskı malzemesi tercih edilmiştir (Liu et al. 2018; PLA+ n.d.).

Gerçek insan elindeki parmak eklemlerinin hareketi tendonlar vasıtasıyla sağlanmaktadır. Geliştirilen robot elin parmak eklemlerinin hareketlerini sağlamak amacıyla, gerçek insan elindeki tendonların yerini alabilmesi için misina kullanılmıştır. Daha küçük kalınlıkların tutma gücünde yetersiz olduğu, daha kalın ölçülerin de parmak hareketlerini kısıtladığı görüldüğünden, yeterli tutma gücünü elde edebilmek ve parmak hareket kabiliyetine sahip olabilmesi için 0.6mm misina ölçüsü kullanılmıştır. Oluşturulan robot el Şekil 2'de gösterilmektedir



Şekil 2. Oluşturulan Robot Elin Görünümü

Robot elin oluşturulmasının ardından motor montajı aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada motorların ve kablolarının dışarıdan görünmemesi ve daha estetik bir görüntünün sağlanması için ön kol bölümü çalışmaya eklenmiştir. Ön kol tasarımında InMoov robot çalışmasından faydalanılmıştır(InMoov n.d.). Şekil 3'te robot elin, ön kol montajının da tamamlandığı hali gösterilmektedir.



Şekil 3. Robot El için Ön Kol Montajı Yapılmış Hali

Ön kol montajı ile birlikte misina ve kablo bağlantılarını gizlemek için ön kol üzerine monte edilen kapak bölümü ile tamamen kapatılarak iyi bir görünüm elde edilmiştir. Elde edilen robot el, gerçek insanın sahip olduğu bir ön kol ve el boyutlarında olmuştur.

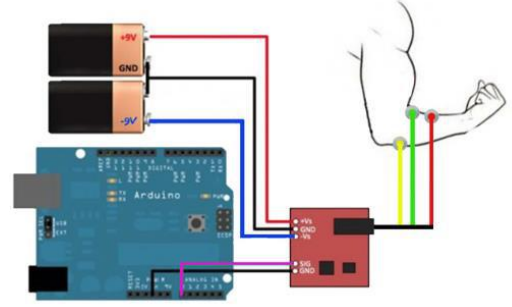
Geliştirilen robot elin zeminde dik durabilmesi için ayrıca bir zemin tasarımı yapılmıştır. Bu sayede elektronik sistemin de bu kutu içerisinde gizlenmesinin sağlanması daha iyi bir görünümün elde edilmesi amaçlanmıştır.

2.2. Elektronik Sistemin Oluşturulması

Montesi tamamlanmış robot elin şuanki aşamada elektronik sistemi tasarlanmaya başlanmıştır. Bunun için sistemin kontrolünün 2 farklı yöntemle yapılması istenmiştir. Bunlar EMG sensörleri ve esnek algılayıcı sensörlerdir.

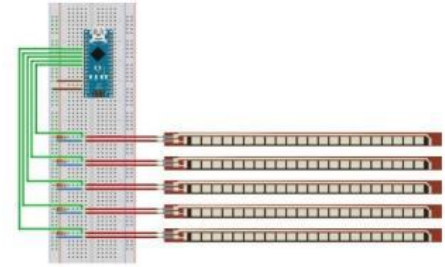
Sistemin kontrolünün yapılacağı ilk yöntem EMG sinyalleri ile kontrol edilmesidir. Koldaki kas hareketi ile oluşan elektrik sinyallerinin ölçülmesi için arduino EMG modülü kullanılmıştır.

EMG sensörü analog sinyaller üretmektedir(Wu, Dyson, and Nazarpour 2021). Bu değerlerin okunmasında arduino mikro denetleyicisi kullanılmıştır. EMG kontrolcüsü için oluşturulan bağlantı yapısı Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. EMG Kontrolcüsü İçin Bağlantı Yapısı(EMG Circuit n.d.)

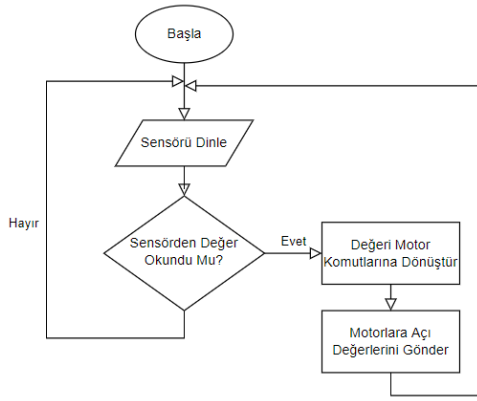
Sistemin kontrolünün yapılacağı ikinci yöntem esnek algılayıcı sensörlerin kullanılmasıdır. Esnek algılayıcı sensörler eğilme oranına göre direnç değeri oluşturan elemanlardır(Aksu and Kızıl n.d.). Bu çalışmada, SparkFun 4,5 inç boyutunda esnek sensor kullanılmıştır. Esnek algılayıcı bu sensörler kontrolün kolay olabilmesi ve tam olarak bir el hareketini karşılayabilmesi için eldiven üzerine monte edilmiştir. Esnek algılayıcı sensörden değerlerin okunabilmesi için burada da arduino mikro denetleyicisi kullanılmıştır. Esnek algılayıcı kontrolcüsü için oluşturulan elektronik sistemin bağlantı şeması Şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 5. Esnek Algılayıcı Kontrolcüsü İçin Bağlantı Yapısı(Sungheetha and Sharma 2020)

2.3. Yazılım Sisteminin Oluşturulması

Robot el hareketlerinin yönetilmesi arduino mikro denetleyicisi içerisindeki yazılım tarafından sağlanmaktadır. Bu süreçte kontrol sisteminin hangisi olacağını anlamak için elektronik sisteme devre elemanı bir anahtar eklenmiştir. Anahtarın arduino dijital girişinde oluşturduğu 1-0 değerine göre EMG veya esnek algılayıcı sensör kontrolcüsünün hangisinin dinleneceği belirlenmektedir Yazılım bölümünde sistemin genel kontrolü için Şekil 6'da gösterilen algoritma adımları takip edilmiştir.



Şekil 6. Yazılım Sisteminin Algoritması

Yazılımın ilk bölümünde kontrolcü kaynaklarından(EMG ve esnek sensör) sensör değeri arduino üzerindeki analog girişler ile izlenmektedir. Eğer sensörden bir değer okunur ise bu değer, belirlenen parmak için hareket limitleri dahilinde, parmağı kontrol eden motor hareketlerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Burada, EMG sensör değerine göre motor açısı değerinin hesaplanması için Denklem 1'deki formül kullanılmıştır.

$$EMA_x = \frac{ED_x - ED_{min}}{ED_{max} - ED_{min}} * 100 \quad (1)$$

Burada EMA_x , x nolu parmaktaki motorun EMG sensörüne göre açısını, ED_x x nolu EMG sensörünün okunan değerini, ED_{min} ve ED_{max} ise sensörün alabileceği en düşük ve en yüksek değerleri ifade etmektedir.

$$FMA_x = 100 - \frac{FD_x - FD_{min}}{FD_{max} - FD_{min}} * 100 \quad (2)$$

Burada FMA_x , x nolu parmaktaki motorun açısını, FD_x x nolu esnek sensörünün okunan değerini, FD_{min} ve FD_{max} ise sensörün alabileceği en düşük ve en yüksek değerleri ifade etmektedir.

Hesaplanan motor açısı değeri, arduionun dijital PWM çıkışlarına bağlı ilgili servo motoruna iletilmektedir. Bu sayede sensörden alınan değer parmak hareketine dönüşmektedir

4. Sonuç

Bu çalışmada, gerçek bir insan eli anatomisine uygun olarak eklemleri ve tendonlarına karşılık gelecek yapıda bir robot elin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarım, günümüzde önemli teknolojik yeniliklerden 3 boyutlu baskı teknolojisi ile fiziksel olarak, uygun maliyetlerde üretilmiştir. Sistemin kontrolünde gereken elektronik ve yazılımsal süreçler detaylı şekilde açıklanmıştır.

Çalışmada geliştirilen robot el için, EMG ve esnek algılayıcı sensörler olmak üzere, iki farklı kontrol mekanizması önerilmiştir. Bu mekanizmaların çalışma prensipleri birbirinden farklı olsa da, aynı sistem üzerinde kullanımının nasıl olacağı hususunda bilgi verilmiştir.

Çalışmada üretilen model, her iki kontrol mekanizması için ayrı ayrı test edilmiştir. Testler sonucunda elde edilen bulgulara göre, önerilen modelin EMG kontrolcüsü için insan kol kas hareketlerini, esnek algılayıcı kontrolcüsü için ise insan el parmak hareketlerini, yüksek doğrulukla simüle edebildiği görülmüştür. Bu sayede önerilen modelin robotik manipülatörlerin kullanıldığı birçok alanda kullanılabilmesi mümkündür.

İleriki çalışmalarda, önerilen model geliştirilerek parmakların tutuş kabiliyetlerinin artırılması sağlanabilir. Özellikle daha ağır ve hacimli nesnelere tutulması için kuvvetin artırılacağı malzemeler eklenerek sistem geliştirilebilir. Bu sayede el veya kolun bir bölümüne sahip olmayan engelli bireyler için protez işlevi göreceğe hale getirilebilir. Ayrıca bu çalışmada oluşturulan kablolu yapı, kablosuz bağlantı teknolojileri örneğin, bluetooth veya wifi gibi eklenerek, sistem mobil hale getirilebilir.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Ostim Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından KABDEP proje türü ve BAP202106 proje numarasıyla desteklenmiştir.

Kaynakça

- Abut, Tayfun, and Servet Soygüder. 2019. "Tek Serbestlik Dereceli Bir Teleoperasyon Sisteminde Kontrol Yöntemlerinin Performans Karşılaştırılması." Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 31(2):507-17. doi: 10.35234/FUMBD.563109.
- Aksu, Sefa, and Ünal Kızıl. n.d. "Design and Testing of Flexibility Sensors to Be Used in Agricultural Engineering Applications." Fak. Derg. (COMU J. Agric. Fac.) 2020(2):271-76. doi: 10.33202/comuagri.726746.
- Azha, Khalil, Mohd Annuar, Muhammad Haikal, Md Zin, Mohamad Haniff Harun, Mohd Firdaus, Mohd Ab Halim, and Arman Hadi Azahar. 2016. "Design and Development of Search and Rescue Robot." International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS 16(2):36-41.
- Blatnický, Miroslav, Ján Dižo, Juraj Gerlici, Milan Sága, Tomáš Lack, and Erik Kuba. 2020. "Design of a Robotic Manipulator for Handling Products of Automotive Industry." <https://doi.org/10.1177/1729881420906290> 17(1). doi: 10.1177/1729881420906290.
- Chua, P. Y., T. Ilschner, and D. G. Caldwell. 2003. "Robotic Manipulation of Food Products - A Review." Industrial Robot 30(4):345-54. doi: 10.1108/01439910310479612/FULL/PDF.
- EMG Circuit. n.d. "Interfacing EMG Muscular Signal Sensor with Arduino - Electropeak." Retrieved April 23, 2022 (<https://electropeak.com/learn/interfacing-emg-muscular-signal-sensor-with-arduino/>).
- Hafiane, Saad, Yasir Salih, and Aamir S. Malik. 2013. "3D Hand Recognition for Telerobotics." IEEE Symposium on Computers and Informatics, ISCI 2013 132-37. doi: 10.1109/ISCI.2013.6612390.
- InMoov. n.d. "InMoov - Open-Source 3D Printed Life-Size Robot." Retrieved April 22, 2022 (<https://inmoov.fr/>).
- Javaid, Mohd, Abid Haleem, Ravi Pratap Singh, and Rajiv Suman. 2021. "Substantial Capabilities of Robotics in Enhancing Industry 4.0 Implementation." Cognitive Robotics 1:58-75. doi: 10.1016/J.COGR.2021.06.001.
- Karam, Zeyad A., Aymen M. Al-Kadhimi, and Elaf A. Saeed. 2018. "Design and Implementation of a Wireless Robotic Human Hand Motion-Controlled Using Arduino." ICOASE 2018 - International Conference on Advanced Science and Engineering 518-23. doi: 10.1109/ICOASE.2018.8548846.
- Lan, Chao Chieh, Che Min Lin, and Chen Hsien Fan. 2011. "A Self-Sensing Microgripper Module with Wide Handling

- Ranges.” IEEE/ASME Transactions on Mechatronics 16(1):141–50. doi: 10.1109/TMECH.2009.2037495.
- Latif, Shahid, Jahanzaib Javed, Mustanser Ghafoor, Muhammad Moazzam, and Aqsa Ameer Khan. 2019. “Design and Development of Muscle and Flex Sensor Controlled Robotic Hand for Disabled Persons.” 2019 International Conference on Applied and Engineering Mathematics, ICAEM 2019 - Proceedings 1–6. doi: 10.1109/ICAEM.2019.8853757.
- Liu, Wenjie, Jianping Zhou, Yuming Ma, Jie Wang, and Jie Xu. 2018. “Fabrication of PLA Filaments and Its Printable Performance.” IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 275(1). doi: 10.1088/1757-899X/275/1/012033.
- ÖZKAN, Sinan Serdar, Durmuş KARAYEL, Gökhan ATALI, and İbrahim GÖKBAYRAK. 2017. “Robot Hand Design and Implementation Based on Flexible Sensor Controlled.” Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi 5(3):35–40. doi: 10.21541/APJES.314521.
- PLA+. n.d. “PLA vs PLA+ Filament: The Difference Explained – Clever Creations.” Retrieved April 22, 2022 (<https://clevercreations.org/pla-vs-pla-plus-filament-difference/>).
- Seung, Sungmin, Pengxin Liu, Sukho Park, Jong Oh Park, and Seong Young Ko. 2015. “Single-Port Robotic Manipulator System for Brain Tumor Removal Surgery: SiromanS.” Mechatronics 26:16–28. doi: 10.1016/J.MECHATRONICS.2014.12.002.
- Shibli, M., F. Aghili, and C. Y. Su. 2005. “Modeling of a Free-Flying Space Robot Manipulator in Contact with a Target Satellite.” 559–64. doi: 10.1109/CCA.2005.1507185.
- Sungheetha, Akey, and Rajesh R. Sharma. 2020. “Design of Effective Smart Communication System for Impaired People.” Journal of Electrical Engineering and Automation (EEA) 2(4):181–94. doi: 10.36548/jeea.2020.4.006.
- Wakode, Rashmi A., Vinit A. Grover, Saurabh S. Mohod, Anuja R. Damdar, and Rachana S. Gadpa. 2019. “Robotic Hand Controlling Using Flex Sensors And Arduino Uno.” International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) 6(4):4798–4801.
- Wu, Hancong, Matthew Dyson, and Kianoush Nazarpour. 2021. “Arduino-Based Myoelectric Control: Towards Longitudinal Study of Prosthesis Use.” Sensors 2021, Vol. 21, Page 763 21(3):763. doi: 10.3390/S21030763.



Using Microwave Patch Antennas in Breast Cancer Diagnosis

Merve Kurt^{*1}, Merve Kaya²

^{1*} Ataturk University, Faculty of Engineering, Depart. of Electrical and Electronics Engineering, Erzurum, Turkey, (ORCID: 0000-0002-2658-1021),
merve.kurt025@gmail.com

² Ataturk University, Department of Surgical Nursing, Faculty of Nursing, Erzurum, Turkey, (ORCID: 0000-0002-1442-5638), merve.bagdigen@atauni.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1114503)

ATIF/REFERENCE: Kurt, M, Kaya M. (2022). Using Microwave Patch Antennas in Breast Cancer Diagnosis. *European Journal of Science and Technology*, (36), 293-297.

Abstract

Breast cancer leads to fatal consequences in women if not detected early. The early diagnosis of this cancer allows the treatment to be positive and the cancer to be intervened before it grows. Diagnosis of this cancer with traditional methods such as MR imaging and tomography is a very costly process. In recent years, microstrip patch antennas have been widely used for the development of lower cost and high sensitivity methods for mass detection. Microstrip antennas are finding an increasing place in the medical field, mostly in imaging, diagnostic and therapeutic applications. Antenna is an important component for detecting abnormality in biological signals and its working resonance regions differ according to the dielectric levels of tissues in the body. In this study, specific applications of microstrip antenna in microwave chest imaging are covered. Traditional methods for breast cancer detection, such as X-ray mammography, ultrasound, and MRI, have some limitations such as cost, large volume, high radiation. In contrast, Microwave Breast Imaging (MBI) plays an accurate and safer role for regular breast screening of breast tissues. For this purpose, microwave patch antenna applications in the literature and antenna types and efficiencies offered for the diagnosis of breast cancer were compared.

Keywords: Microwave, Patch Antennas, Brest Cancer

Meme Kanseri Teshişinde Mikrodalga Yama Antenlerinin Kullanılması

Öz

Meme kanseri erken teshiş edilmezse kadınlarda ölümcül sonuçlara yol açmaktadır. Bu kanserin erken teshişi tedavinin olumlu sonuçlanmasına ve kanserin büyümeden müdahale edilmesine olanak sağlar. MR görüntüleme, tomografi gibi geleneksel yöntemlerle bu kanserin teşhisi oldukça maliyetli bir süreçtir. Kitlenin teshişi için son yıllarda daha düşük maliyetli ve yüksek hassasiyetli yöntemlerin geliştirilmesi için mikroşerit yama antenler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Mikroşerit antenler, tıbbi alanlarda çoğunlukla görüntüleme, teşhis ve tedavi amaçlı uygulamalarda giderek artan bir yer bulmaktadır. Anten, biyolojik sinyallerdeki anormalliğin tespiti için önemli bir bileşendir ve vücuttaki dokuların dielektrik seviyelerine göre çalışma rezonas bölgeleri farklılıklar gösterir. Bu çalışmada, mikrodalga göğüs görüntülemeye mikroşerit antenin özel uygulamaları yer alınmaktadır. X Ray mamografi, ultrason ve MRI gibi meme kanseri tespiti için geleneksel yöntemlerin maliyet, büyük hacim, yüksek radyasyon gibi bazı sınırlamaları vardır. Buna karşın Mikrodalga Meme Görüntüleme (MBI), meme dokuları hakkında düzenli meme taraması için doğru ve daha güvenli bir rol üstlenir. Bu amaçla literatürde yer alan mikrodalga yama anten uygulamaları ile meme kanserinin teshişi için sunulan anten tipleri ve verimlilikleri kıyaslanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mikrodalga, Yama Antenler, Meme Kanseri

1. Giriş

Meme kanseri dünya genelinde kadınlarda en sık görülen malign tümördür (Bray,2018). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre, 2020 yılında dünya çapında meme kanseri teşhisi konan 2,3 milyon kadın olduğu ve bu kansere bağlı 685 bin kişinin yaşamını kaybettiği bildirilmiştir. Dünya geneline benzer şekilde ülkemizde de kadınlarda en sık görülen ve kanser kaynaklı ölüm nedeni meme kanseridir. Bu nedenle kadınlarda ölümcül sonuçlara yol açabilen meme kanseri günümüzde küresel bir halk sağlığı sorunu haline gelmiştir (Plevrisit, 2018).

Meme kanseri, memenin glandüler dokusundaki kanalların veya lobüllerinin epitel hücrelerinde ortaya çıkmaktadır. Başlangıçta, kanserli büyüme kanal veya lobülle sınırlıdır, burada genellikle semptomlara neden olmaz ve metastaz için minimum potansiyele sahiptir. Zamanla, kanser ilerleyebilir ve çevreleyen meme dokusunu istila edebilir, ardından yakındaki lenf düğümlerine (bölgesel metastaz) veya vücuttaki diğer organlara (uzak metastaz) yayılabilir. Bir kadının meme kanserinden ölümü çoğunlukla metastaza bağlıdır. Bu nedenle hastalık henüz yayılmadan erken teşhis ile meme kanserinden ölüm oranlarının azaltılabileceği bildirilmektedir. Hastalık ne kadar erken evrede tespit edilirse tedavi şansı bir o kadar yükselmektedir. Dolayısıyla erken teşhis, tedavi için kritik bir öneme sahiptir (Caughran and Braun, 2018).

İnsan vücudunun mikrodalga ile görüntülenmesi, daha düşük, iyonlaştırıcı olmayan geniş bant veya dar bant mikrodalga sinyallerinin bir anten sistemi kullanılarak iletilmesini içerir. X Ray mamografi, ultrason ve MRI gibi meme kanseri tespiti gibi geleneksel metotlara kıyasla mikrodalga yöntemler düşük maliyet, daha geniş kitleler tarafından kullanılabilme, düşük radyasyon tehlikesi, kolay erişilebilme, tümörün teşhisinde yüksek hassasiyet gibi üstünlüklere sahiptir (Vidyasree ve ark., 2018). Antenler, sensör ve harici ekipman arasındaki iletişimi sağladıkları için bu tür tıbbi izleme sistemlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Mikroşerit antenler hafiflikleri, kompakt boyutları ve üretim kolaylıkları gibi birçok avantajı nedeniyle biyomedikal uygulamaların çoğunda tercih edilmekte ve hızla büyüyen bir araştırma alanı haline gelmiştir. Bununla birlikte, bu tür antenlerin tasarımı, anten boyutu, empedans uyumu, düşük güç gereksinimleri ve vücudun fizyolojisi ile biyoyumumluluk açısından oldukça zordur (Çalışkan ve ark., 2015).

2. Materyal ve Metod

Mikrodalga görüntüleme sisteminin temel mantığı EM sinyallerini iletmek ve almak olduğu için genellikle bu sistemler antenlerden oluşur. Mevcut sisteme bakıldığında birçok anten çeşidi (dipol, horn, parabolik vb.) yer almaktadır. Bu yüzden uygulama alanlarında anten seçimi ve tasarımı çok önemlidir. Anten türlerinden biri olan mikroşerit yama anten, çeşitli avantajları ve ayırt edici özellikleri başta olmak üzere üretim kolaylığı ve düşük maliyeti nedeniyle tıbbi uygulamalar için tercih edilen bir seçimdir.

Mikroşerit yama antenlerin avantaj ve dezavantajlarına bakıldığında farklı özellikler karşımıza çıkmaktadır. Bu özellikler sayesinde uygulama alanlarında ve tasarım aşamasında olası karşılaşılabilecek olumsuz durumlar için önceden tedbir alınmış olabilir.

Mikroşerit yama antenlere ait avantaj ve dezavantajlarını aşağıdaki biçimde sıralayabiliriz.

Mikroşerit yama antenlerin avantajları:

- Ağırlık ve boyutlarının küçük olmaları
- Güç tüketiminin az olmaları
- İnce yapısıyla kullanılacakları, birleştirilecekleri yapıları bozmamaları
- Doğrusal (dikey veya yatay) ve dairesel polarizasyon kriterine sahip olmaları
- Çift frekans uygulamalarında kullanılabilmeleri
- Farklı geometrik şekillerde yamaların kullanılabilmesi

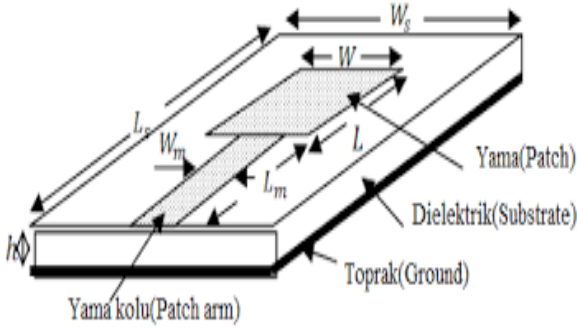
Mikroşerit yama antenlerin dezavantajları:

- Dar bant genişliğine sahip olmaları
- Düşük kazançla sahip olmaları
- Fazla kayıplarının olmaları

Mikroşerit antenlerin kullanım alanlarına bakıldığında uzay araçları, uçaklar, kablosuz haberleşme alanı (bluetooth, WLAN, Wi-Fi), güdümlü mermi gibi birçok askeri alanda ve GPS ve GSM uygulamalarında karşımıza çıkmaktadır.

Literatürde yapılmış olan çalışmaları incelediğimizde, çeşitli alan ve şekillerde mikroşerit anten yapıları görülmektedir. Kanser teşhisi konulması durumunu tespit etme metotlarından biri olan mikrodalga görüntüleme yöntemi gün geçtikçe ön planda yer almaktadır. Mikrodalga görüntüleme tekniklerinin temelini mikroşerit antenler oluşturmaktadır. Mikroşerit anten teknolojisinin mevcut konumu itibarıyla mikrodalga görüntüleme tekniğinin çalışma alanını genişletmiştir. 1953 de Deschamps tarafından ilk mikroşerit anten dizayn edilmiştir. Gutton ve Baissinot, Fransa'da UHF bölgesinde kullanılabilen düz mikroşerit antenin patentini 1955 yılında almıştır. 1974 de Munson tarafından daha basit yapıyla kullanışlı mikroşerit anten tasarlanmıştır. 1975 yılında Howell daire ve dikdörtgen geometrisine sahip mikroşerit anten tasarımını gerçekleştirmiştir. 1990 yılından itibaren mikroşerit antenler tıbbi uygulamalarda daha ön planda kullanılmaya başlanmıştır. Her geçen gün teknolojinin gelişmesiyle mikroşerit antenler biyomedikal alanda daha fazla tercih edilmiştir. Yeni bir teknoloji olan 5G için anten tasarım çalışmalarının birkaç yıl öncesine dayandığı görülmektedir. 2015 yılında, 5G mobil habeleşmesi için Osama M. Haraz ve arkadaşları, kuplaj besleme metodunu uygulayarak mikroşerit anten yapısını oluşturmuşlardır. Bu çalışmanın raporunda mikroşerit antenlerin 28 GHz frekansında ortalama 8 GHz, 38 GHz frekansında ise 6 GHz'lik bant genişliğine sahip olduğunu belirtmişlerdir (Haraz ve ark., 2015). Mohamed Mamdouh M. Ali ve çalışma arkadaşları, 2016 yılında yakınlık kuplaj besleme metodunu uygulayarak 28/38 GHz frekanslarında rezonansa giren mikroşerit yama anten tasarımı yapmışlardır. Toktaş ve arkadaşları 2016 yılında dairesel polarizasyona sahip ultra geniş bant yama anten tasarımını gerçekleştirmişlerdir. Bu tasarımda yer alan boyutlar 40.6 x 40.9 mm² ve 4-11 GHz frekans aralığında -10 dB altında olan ultra geniş bant anten olarak değerlendirilmektedir (Toktaş ve Yerlikaya, 2016). Benzer başka bir çalışmada ise boyutu 20 x 18 mm² ve 2.8-11.8 GHz frekans aralığında 2 dB altında olan ultra geniş bant anten tasarlanmıştır (Abdollahvand ve ark., 2010).

Mikroşerit yama antenler, toprak düzlemi üzerine aynı alana sahip yalıtkan tabaka olan alttaş ve ışımayı sağlayan iletken tabakadan meydana gelmektedir. Şekil de genel bir mikroşerit anten yapısı gösterilmektedir.



Şekil 1. Mikroşerit yama anten parametreleri

Mikroşerit anten tasarım aşamasında öncelikle çalışma frekansı (f_r), elektriksel geçirgenlik katsayısı (ϵ_r) ve dielektrik malzemenin yüksekliği (h) ifadeleri elde edilir. Alttaşın dielektrik sabitinin $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$ limitinde seçip ve alt tarafında kalın tabanlı malzemeler tercih edilmesiyle anten performansında iyi bir sonuç elde edilebilmektedir. Radyasyon verimliliğinin iyi olması ve daha yüksek bant genişliği sağlamak için düşük dielektrik sabitine sahip malzemelerin tercih edilmesi gerekmektedir. Tasarım aşamasında elde edilen ifadeler (1), (2) ve (3) denklemlerinde yerleştirilerek yama (patch) kısmının genişliği (W), yalıtkanın geçirgenlik katsayısının etkin değeri (ϵ_{ff}), saçaklanma etkisiyle yama boyundaki değişim (ΔL) hesaplanır (Balanis, 1999).

$$W = \frac{c}{(2 * f_r)} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

$$\epsilon_{ff} = (\epsilon_r + 1) \frac{1}{2} + (\epsilon_r - 1) \frac{1}{2} [1 + 12 * (h/W)]^{-1/2} \quad (2)$$

$$\Delta L = 0.412h [(\epsilon_{ff} + 0.3) \left(\frac{W}{h}\right) + 0.264] / (\epsilon_{ff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right) \quad (3)$$

Anten performans kriterinin ölçülmesinde dikkate alınan parametreler yansımaya katsayısı (reflection coefficient), gerilim duran dalga oranı (voltage standing wave ratio, VSWR) ve geri dönüşüm kaybıdır (return loss, RL). Antenin sahip olduğu yansımaya katsayısı ifadesi (4) denkleminde sunulmuştur. Antenin çalışma frekans aralığını S11 ifadesi ile göstermekte mümkündür.

$$\Gamma = S_{11} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (4)$$

İfade de yer alan yük direncini Z_L , antenin karakteristik empedansını ise Z_0 göstermektedir.

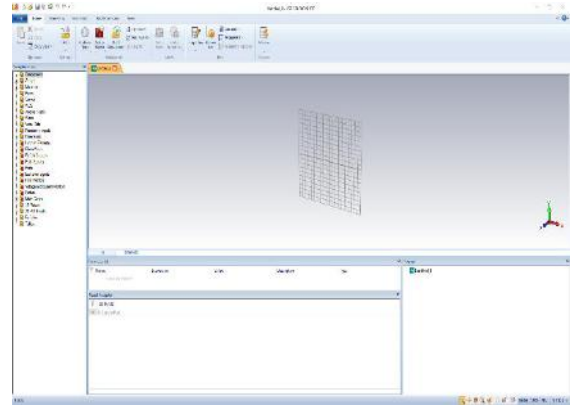
Denklem 5 ifadesi gerilim duran dalga oranını göstermektedir.

$$VSWR = (1 + |\Gamma|) / (1 - |\Gamma|) \quad (5)$$

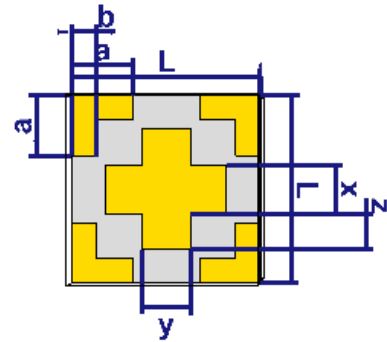
Denklem 6 ifadesi geri dönüşüm kaybı (Return Loss) değeridir.

$$RL(\text{dB}) = -20 \log|\Gamma| \quad (6)$$

Tasarlanan antenin simülasyonu CST (Computer Simulation Technology) Microwave Studio programı yardımıyla gerçekleştirilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 2. (a) CST (Computer Simulation Technology) programında bulunan arayüz (b) CST arayüzünde bir tasarım

3. Tartışma ve Bulgular

3.1. Meme Kanseri Tespitinde Kullanılan Mikroşerit Yama Antenler

Meme kanseri tespiti için kullanılan farklı antenler arasında bir karşılaştırma Tablo 1’de gösterilmiştir. Meme kanserine neden olan etken hala belirgin şekilde net değildir. Çalışmalar, başlangıçta meme hücrelerinde başlayan, daha sonra kontrol dışı büyüyen ve sonunda bir tümör oluşturan kötü huylu bir tümör olduğunu göstermiştir. Bu kanser hücreleri daha sonra kan sistemine girer ve daha sonra diğer komşu organları etkileyerek vücudun farklı bölgelerine yayılır. Mikrodalga Meme Görüntüleme (MBI) tekniği, meme dokuları hakkında kritik bilgiler elde etmek için daha uzun dalga boyu ve düşük güç sinyalleri kullanır ve düzenli meme taraması için daha güvenli ve doğru bir uygulama sunar. Ultrason, MRI, X-ray mamografi, tomografi vb. gibi meme kanserini saptamanın birçok geleneksel yolu vardır (Nover ve ark., 2009;Reddy ve ark., 2018). Bu yöntemlerin sınırlılıkları vardır ve bu yöntemler iyonize radyasyon nedeniyle genç bayanlarda pek tercih edilmez. Mikrodalga görüntüleme teknikleri, daha fazla güvenlik, düşük maliyet ve bulunabilirlik kolaylığı gibi avantajları nedeniyle tercih edilmektedir (El Misilmani ve ark., 2020). Mikrodalga görüntülemenin altında yatan çalışma prensibi, kötü huylu tümör dokuları ile sağlıklı dokular arasındaki dielektrik farklılığına dayanmaktadır (Wang ve Huang, 2012). Dokuların iletkenlik, geçirgenlik veya dielektrik parametreleri gibi farklı elektriksel özellikleri, normal ve kötü huylu dokuları patolojik olarak ayırt etmek için kullanılabilir. Mikrodalga görüntüleme sistemi kavramını meme kanseri tespiti için kullanmanın temel fikri, elektromanyetik dalganın verici bir antenden memeye iletilmesi ve ardından yansıyan dalgaların alıcı bir antende alınmasıdır. Elektriksel alan, manyetik alan, akım yoğunluğundaki farklılıklar kanserli dokunun konumu ve hacmi hakkında bilgi almak için yeterlidir. Antenler, göğüs derisinden sinyal saçılımını azaltmak için tasarlanabilir, böylece iletilen sinyal sadece tümör üzerinde ışınlanır ve tümör algılama hassasiyeti artar. Çoğu araştırmacı, HFSS kullanılarak modellenen memenin 3B yapısını Sonlu Elemanlar Metodu (FEM) kullanarak modellemiştir (Çalışkan, 2015). Farklı anten tasarımları, yer düzlemi, farklı tasarım teknikleri, farklı alt tabakalar, besleme teknikleri ve mikroşerit yama üzerinde slotlama modifiye edilerek değerlendirilir (Dixit ve Kumar, 2020). Göğüs tümörü tespiti için mikrodalga sistemi, konformal mikrodalga görüntüleme teknikleri ile yapılabilmektedir. Bu tür yöntemlerde meme başlangıçta bir UWB darbesi ile aydınlatılır ve tümörü saptamak için sentetik bir odak taraması kullanılır.

Tablo1. Meme kanseri tespiti için kullanılan antenlerin karşılaştırması

Parametre	Çalışkan ve ark., 2015	Mahalakshmi ve Jeyakumar, 2012	Rahayu ve Waruwu, 2019
Substrate	FR4	FR4	FR4
Çalışma frekansı (GHz)	2.45	ISM bandı (2.4 – 2.48 GHz)	8,41 GHz - 10,29 GHz
Besleme tipi	Ankastre besleme	tekli besleme açıklığı	mikroşerit beslemeli
Anten Boyutları 3D meme yapısı	65,4×88,99x80 mm ³	-	-
Yama şekli	dikdörtgen	dikdörtgen	dikdörtgen
memeden uzaklık	-	3 cm	5 mm
Kazanç (dB)	-	3,2 dB	-
Tümörsüz Akım Yoğunluğu (A/m ²)	68.15	-	tümör olmadan (9 GHz)=27.93 (10GHz)=33,55
Tümörlü Akım Yoğunluğu (A/m ²)	54.946	-	Tümör ile 6 mm (9GHz)=27,95 (10 GHz)=33,7
Tümörsüz elektrik alan (V/m)	137.6	-	tümör olmadan (9 GHz)=589.7 (10GHz)=924.3
Tümörlü elektrik alanı (V/m)	170.38	-	Tümör ile 6 mm (9GHz)=591.1 (10GHz)=929,4
Manyetik alan, tümörsüz (A/m)	0.786	-	tümör olmadan (9 GHz)=2.833 (10GHz)=4.036
Tümörlü manyetik alan (A/m)	0.84634	-	Tümör ile 6 mm (9GHz)=2.856 (10 GHz)=4,06

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, meme kanseri tespiti için mikroşerit yama anten tasarımına ilişkin son araştırmalara dayanan birkaç araştırma makalesi gözden geçirilmiştir. Farklı geleneksel görüntüleme tabanlı tekniklerin dışında, Mikrodalga Görüntüleme, meme kanseri tespiti için en iyi yöntem olarak bulunmuştur. Mikrodalga Görüntüleme teknikleri hastalara daha yüksek konfor sunar. Mikroşerit antenler, diğer biyomedikal uygulamaların yanı sıra meme kanseri tespiti için kullanılabilen giyilebilir veya giyilemez olabilir. İnceleme makaleleri, birkaç mm'lik tümör boyutunun ve konumunun, anten boyutu, çalışma frekansı, bant genişliği, memenin tümörden uzaklığı vb. gibi antenin diğer birkaç parametresinden bir uzlaşma sağlanarak tespit edilebileceğini göstermektedir. İnceleme makalelerinin çoğunda, antenler tek bir frekans bandı için çalışmak üzere tasarlanmıştır, ancak bant genişliğini iyileştirmek ve çift bantlı çalışma sağlamak için bazı geliştirme teknikleri kullanılabilir ve bu tür antenleri Tıbbi İmplant İletişim Hizmetleri (MICS) ve Endüstriyel Bilim ve Tıp (ISM) bandı için en uygun hale getirir. Mikroşerit yama üzerinde yerleştirme ve yer düzlemini değiştirme, kanserin erken tespiti için antenin görüntüleme kalitesini iyileştirmek ve böylece daha fazla hayat kurtarmak için kullanılabilir.

Kaynakça

- Bray, F., Ferlay, J., Soerjomataram, I., Siegel, R. L., Torre, L. A., & Jemal, A. (2018). Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: a cancer journal for clinicians*, 68(6), 394-424.
- Plevritis, S. K., Munoz, D., Kurian, A. W., Stout, N. K., Alagoz, O., Near, A. M., ... & Mandelblatt, J. S. (2018). Association of screening and treatment with breast cancer mortality by molecular subtype in US women, 2000-2012. *Jama*, 319(2), 154-164.
- Caughran, J., Braun, T. M., Breslin, T. M., Smith, D. R., Kreinbrink, J. L., Parish, G. K., ... & Henry, N. L. (2018). The Effect of the 2009 USPSTF breast cancer screening recommendations on breast cancer in Michigan: A longitudinal study. *The breast journal*, 24(5), 730-737.
- Vidyasree, K., Mannisha, M., Nagaveni, T. S., Nandhini, B. M., & Kumar, H. V. (2018). Breast cancer detection using microstrip patch antenna. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, 4(3), 1378-1379.
- Çalışkan, R., Gültekin, S. S., Uzer, D., & Dündar, Ö. (2015). A microstrip patch antenna design for breast cancer detection. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 2905-2911.
- Haraz, O. M., Ali, M. M. M., Alshebeili, S., & Sebak, A. R. (2015, July). Design of a 28/38 GHz dual-band printed slot antenna for the future 5G mobile communication Networks. In 2015 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting (pp. 1532-1533). IEEE.
- Toktaş, A., & Yerlikaya, M. (2016). Haberleşme Sistemleri İçin Dairesel Polarizasyonlu Ultra-geniş-bant Yama Anten Sistemi. In *4th International Symposium on Development of KOP Region (UNIKOP)* (pp. 21-23).
- Abdollahvand, M., Dadashzadeh, G., & Mostafa, D. (2010). Compact dual band-notched printed monopole antenna for UWB application. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 9, 1148-1151.
- Balanis, C. A. (1999). *Advanced engineering electromagnetics*. John Wiley & Sons.
- Dixit, A. S., & Kumar, S. (2020). A survey of performance enhancement techniques of antipodal Vivaldi antenna. *IEEE Access*, 8, 45774-45796.
- Çalışkan, R., Gültekin, S. S., Uzer, D., & Dündar, Ö. (2015). A microstrip patch antenna design for breast cancer detection. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 2905-2911.
- Nalam, M., Rani, N., & Mohan, A. (2014). Biomedical application of microstrip patch antenna. *International Journal of Innovative Science and Modern Engineering (IJISME)*, 2(6), 6-8.
- Grabssi, W., Izza, S., & Azrar, A. (2017, October). Design and analysis of a microstrip patch antenna for medical applications. In 2017 5th International Conference on Electrical Engineering-Boumerdes (ICEE-B) (pp. 1-6). IEEE.
- Manna, S. (2016). Rectangular Microstrip Patch Antenna for Medical Applications. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, 5(2).
- Nover, A. B., Jagtap, S., Anjum, W., Yegingil, H., Shih, W. Y., Shih, W. H., & Brooks, A. D. (2009). Modern breast cancer detection: a technological review. *International Journal of Biomedical Imaging*, 2009.
- Reddy, V. N., Reddy, A. R. S., & Reddy, T. M. (2018). Comparative study on breast cancer detection techniques. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 118(14), 253-260.
- Wang, L., & Huang, B. (2012). Design of ultra-wideband MIMO antenna for breast tumor detection. *International Journal of Antennas and Propagation*, 2012.
- El Misilmani, H. M., Naous, T., Al Khatib, S. K., & Kabalan, K. Y. (2020). A survey on antenna designs for breast cancer detection using microwave imaging. *IEEE Access*, 8, 102570-102594.
- Mahalakshmi N, Jeyakumar V. "Design and Development of Single Layer Microstrip Patch Antenna for Breast Cancer Detection," *Bonfring International J Res Comm Eng*, Vol. 2, Special Issue 1, July 2012.
- Rahayu, Y., & Waruwu, I. (2019). Early detection of breast cancer using ultra wide band slot antenna. *Sinergi*, 23(2), 115-122



Geçmişin ve Geleceğin Yapı Malzemesi Olarak Ahşap: Yapı Mühendisliği Çerçevesinde Bir İnceleme

Hüseyin Kürşat Çelik^{1*}, Gökhan Şakar²

^{1*} Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9408-7116), celik.huseyinkursat@ogr.deu.edu.tr

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0449-248X), gokhan.sakar@deu.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1108072)

ATIF/REFERENCE: Çelik, H. K. & Şakar, G. (2022). Geçmişin ve Geleceğin Yapı Malzemesi Olarak Ahşap: Yapı Mühendisliği Çerçevesinde Bir İnceleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 298-304.

Öz

Ahşap, inşa etmekte kullanılan en eski yapı malzemelerinden birisidir. Doğal bir malzeme olması, kolaylıkla temin edilebilmesi, çekme gerilmelerini karşılayabilmesi, ağırlığına oranla taşıma gücünün yüksek olması gibi çeşitli avantajları onu alternatiflerinden farklı bir yere koymaktadır. Bu özellikleri ile ahşap, endüstri devrimine kadar yapı kültüründe önemli bir yere sahipti. Betonarme ve çelik inşaatlarındaki gelişmeler ahşabın popülerliğinin yitirilmesine sebebiyet verse de, endüstriyel ahşap ürünlerin geliştirilmesi ve yapı tasarım yaklaşımlarında çevreye duyarlı yapı inşa etme arzusu gibi etkilerle ahşap yeniden gündeme gelmiştir. Bu çalışmada, ahşabın günümüzdeki ve gelecekteki yerini anlamak için ahşap yapıların tarihsel gelişimi incelenmiştir. Ahşap yapı sistemlerindeki çeşitlilikler vurgulanarak, ahşabın yönetmelikler ve standartlardaki yeri irdelenmiştir. Ahşap yapıların geleceği ile modern tasarım ilkeleri için çeşitli öneri ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ahşap köprü, Ahşap bina, EN5, NDS, Taşıyıcı sistem.

Timber as a Building Material of the Past and the Future: An Investigation in the Perspective of Structural Engineering

Abstract

Wood is one of the oldest building materials used in construction. Various advantages such as being a natural material, being easily available, able to withstand tensile stresses, and having a high carrying capacity compared to its weight put it in a different place from its alternatives. With these features, wood had an important place in the building culture until the industrial revolution. Although the developments in reinforced concrete and steel constructions have caused the loss of popularity of wood, it has come to the fore again due to the development of industrial wood products and the desire to build environmentally friendly structures in building design approaches. In this study, the historical development of wooden structures is examined in order to understand the present and future place of wood. By emphasizing the diversity in wooden construction systems, the place of wood in codes and standards has been examined. Various suggestions and evaluations have been made for the future of wooden structures and modern design principles.

Keywords: Timber bridge, Timber building, EN5, NDS, Structural system.

* Sorumlu Yazar: celik.huseyinkursat@ogr.deu.edu.tr

1. Giriş

Ahşap, insan uygarlığının tüm varlığına şahitlik etmiş doğal bir malzemedir. Alet, araç gereç, mobilya gibi günlük ihtiyaçların yanı sıra ahşap, insan yapımı neredeyse tüm alanlarda etkisini göstermiştir. Bir malzeme olarak ahşabın bu kadar önemli yapan sebepler ahşabın doğal yapısında barınmaktadır. Doğadan doğrudan ve kolaylıkla temin edilebilmesi, kolay şekil verilebilmesi, ağırlığına oranla taşıma gücünün yüksek olması, dönemin alternatif malzemelerine karşın çekme kuvvetlerini karşılayabilmesi başlıca değerli özelliklerindedir [1].

Ahşabın kullanım alanı yalnızca gündelik ihtiyaçlarla sınırlı değildir. İlk dönemlerden bu güne kadar insanlık, ahşabı inşa etmekte de kullanmıştır. Ahşabın yeri inşaat tarihinde önemli bir yer kaplamaktadır. Ahşap için endüstri devrimine kadar baskın yapı malzemesi olduğu söylenebilir. Ancak, endüstri destekli betonarme ve çelik inşaat yöntemlerinin yaygınlaşması ile ahşap popülerliğini kaybetmiştir. Bunun nedenleri olarak ahşap ile yüksek mukavemet ihtiyaçlarına karşılık verilememesi, büyük kesit temininde zorluklar, alternatiflerine oranla dayanıklı ve uzun ömürlü olmaması gösterilebilir. Buna karşın, lamine ahşap ile başlayan endüstriyel ahşap ürünlerinin geliştirilmesi ile ahşap yeniden güçlü bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Ahşap kökenli malzemeler günümüz inşaat sektöründe çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Bu konuda yaya ve karayolu köprüleri, konutlar ve ticari yapılar başı çekmekle beraber, opera binası, sinema salonu, yüzme havuzu gibi katma değeri büyük yapılar da önemli bir yer tutmaktadır. Günümüz endüstri olanakları ile ahşabın özelliklerinin geliştirilebilmesi, ahşap ile artık daha zorlayıcı yapılar yapma fikrini yaygınlaştırmıştır. Bu durumun birkaç önemli gerekçesi olup bunlardan en temeli olarak küresel ısınma gösterilebilir. Çevreye duyarlı ve sürdürülebilir yapılar oluşturmak artık ekonomi, güvenlik gibi kaygılardan ayrılmaz noktaya gelmiştir. Dolayısıyla ahşabın günümüzdeki ve gelecekteki yeri üzerine çalışmalar artmıştır. Buna rağmen ahşabın tarihçesi hakkında çalışmalar kısıtlıdır [2].

2. Materyal ve Metot

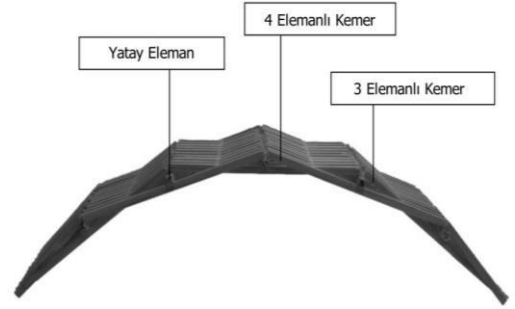
Ahşabın inşaat tarihçesindeki yeri dört ana bölüme ayrılabilir. Bunlar sırasıyla Ortaçağ öncesi, Ortaçağ-18.yüzyıl, 18.yüzyıl-19.yüzyıl, 20.yüzyıl ve günümüz olarak açıklanabilir. Bu sınıflandırma ahşap inşaatlarındaki önemli tasarım ve uygulama farklılıkları ile tarihteki önemli kültürel ve teknolojik gelişmeler dikkate alınarak yapılmıştır. Bu sınıflandırma, Ritter M. (1990)'da önerilen sınıflandırma referans alınarak yapılmıştır [3].

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Ortaçağ Öncesi Dönem

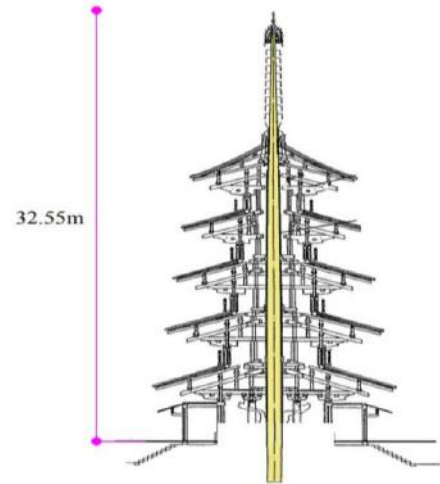
Birinci dönemde insanlık yapı oluşturmaya yeni yeni başlamıştır. İlkel sığınaklar, ilkel köprü örneklerine rastlanabilir. Dönemin zorlayıcı yapıları köprü örnekleridir. Milattan önceki dönemlerde Persler, Babiller, Romalılar, Antik Yunan ve Çin'de önemli yapıların izlerine rastlanabilir. Dönemin çarpıcı örnekleri olarak Babiller'in Fırat Nehri üzerine yaptığı 10 m genişlikte ve 180 m uzunluğundaki bir asma köprü, Antik Yunan döneminde yapılan meşe kazıklara oturtulmuş 275 m'lik Amphipolis Köprüsü ve Julius Caesar tarafından Roma ordusunu

Almanya'ya taşımak amacıyla gerektiğinde sökülebilir şekilde ahşap-ahşap birleşimlerinden oluşan Caesar Köprüsü verilebilir ([3, 4]). Dönemin sonlarına doğru Uzak Doğu'dan çarpıcı örnekler görülmektedir. Çin'de, Sarı Nehir üzerine ahşap çerçevelerin bir kemer görüntüsü elde edilecek şekilde kullanıldığı "Hongqiao" olarak bilinen Gökkuşağı Köprüsü bir kilometre taşı olarak gösterilebilir. Yatay stabiliteyi karşılamak amacıyla tali kirişlerin kullanıldığı ve kamalı birleşimlerin çivilerle desteklendiği bu köprünün, nehir üstündeki tekne hareketi gibi çeşitli tasarım gereklilikleri göz önüne alınarak gerçekleştirildiği düşünülmektedir [5] (Şekil 1).



Şekil 1. Hongqiao Köprüsü taşıyıcı sistemi [5]

Dönemde önemli bina örnekleri de görülmektedir. Pagoda olarak bilinen ve Çin etkisi ile başlayıp yakın topluluklara da sıçrayan inşaat yöntemi, ahşabın insanlığa sunduğu çeşitlilik için önemli bir örnektir. Birçok kez yıkıcı yer ivmelerine maruz kalmış olmasına rağmen çoğu pagoda günümüzde hala hizmet verebilir haldedir. Öyle ki, 32,55 m yüksekliğe ve 5,45 m2 yapı oturma alanına sahip Japonya'da bulunan bir pagoda, bin yılı aşkın süredir ayakta durmaktadır. Yapının uzun bir zaman dilimi içerisinde pek çok deprem görmüş olmasına rağmen ayakta kalabilmesi ise inşaat yönteminde saklıdır. Yapıda katlar arası bağlantı bulunmamaktadır. Yapı, merkezinde bulunan bir dikme elemanın zemine kazık şeklinde ankrajlanması ile mesnetlenmektedir. Deprem anında katlar arası yük aktarımı olmasına rağmen yapı bütünlüğü korunabilmektedir [6] (Şekil 2).



Şekil 2. Pagoda taşıyıcı sistem örneği [6]

Bu dönemde inşaat mühendisliği mesleği profesyonellik kazanmış değildi. Buna rağmen ahşap ile mühendislik hizmeti verilmiş çeşitli yapılar yapılabilmektedir. İlkel yapı teknolojilerinden sistematik düşünce ile ahşap malzeme özelliklerinin değerlendirilmeye başlandığı verilen örneklerden görülebilir.

3.2. Ortaçağ-18.yüzyıl Arası

Ortaçağ'ın kapanması ve 18.yüzyıla yaklaşıldığı dönemlerde, özellikle Avrupa'da önemli gelişmeler yaşanmıştır. İnşaat mühendisliği de bu dönem içerisinde profesyonellik kazanmıştır. Özellikle Fransa'da önemli gelişmelere rastlanmaktadır. 20-45 m arası değişken açıklıklara sahip birçok ahşap köprü inşaatları yapılmıştır. Bu köprülerin taşıyıcı sistemi çoğunlukla kemerlerin geçme şeklinde birleştirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Bu dönemde yapılmış önemli köprülere örnek olarak, Ren Nehri üzerinde konumlanan "Schaffhausen Köprüsü" gösterilebilir. Köprü 1758'de yapılmış olup, yaklaşık 52 ve 58 m uzunluğunda iki açıklıktan oluşmaktadır. Dönemin önemli köprülerine örnek gösterilebilecek bir başka köprü ise Almanya Wittingen'de yapılmış olup, tek açıklığa sahip olmak üzere yaklaşık 120 m geçmektedir ([3], [4]). İkinci dönemin ilerleyen zamanlarındaki gelişmelere özellikle Amerika'da rastlanmaktadır. 18.yüzyıl öncesi Amerika'da daha ziyade kısa açıklıklara oturtulmuş ahşap köprülere rastlanılsa da, 1750 ve sonrasında çok daha büyük açıklıklar geçen ve iyi mühendislik planlamalarına sahip ahşap köprülere rastlanmaktadır. Bu köprülere örnek olarak, York Nehri üzerine 1761'de inşa edilen, yaklaşık 7 m genişliğinde ve 80 m uzunluğa sahip bir ahşap köprü örnek gösterilebilir. Köprü, aralarında yaklaşık 5 m olacak şekilde teşkil edilen 4'lü ahşap dikmeler üzerine oturmaktadır. Köprü açıklıkları, nehir üzerindeki bot hareketlilikleri gözetilerek tasarlanmıştır. Dönemin sonlarına doğru önemli başka bir köprüye rastlanmaktadır. Ahşap köprü, toplam 720 m uzunluğa ve 12 m genişliğe sahiptir. Taşıyıcı sistem, 3 ahşap kemerin kafes şeklinde örülmesiyle oluşturulmaktadır. Köprü'nün en önemli özelliği ise, iklimsel etkilerin köprüye zarar vermemesi amacıyla, köprü'nün yüzeyi ve yanlarının çatı ile korunmuş olmasıdır ([3], [4]).

İkinci dönemde inşaat mühendisliği mesleğinin profesyonellik kazanması ile planlı yapı tasarımı örnekleri gerçekleştirilmiştir. Dönemin gereksinimine cevap olarak gelişmeler köprüler üzerinde görülmektedir. Büyük açıklıkların geçilmesi, kafes ve kemer teknolojilerindeki gelişmelerin yanı sıra, yapı dayanıklılığını arttırmak için önemli fikirler geliştirilmiş ve uygulanmaya başlanmıştır.

3.2. 19.yüzyıl-20.yüzyıl Arası

19.yüzyılın başlaması ile karayolu ve demiryolu ağlarının artışı, köprü ihtiyacında patlama yaratmıştır. Amerika'da kafes ve kemer sistemleri ahşap köprülerin yaygın yapı sistemidir. Çatı ile korunmuş ahşap köprü tipi daha önceki dönemde geliştirilmiş ve uygulanmış olsa da, 19.yüzyıla kadar bu sistem büyük ölçüde kullanılmamıştır. 19.yüzyıl başlarında köprü inşaatlarında yalnızca tasarım gereksinimlerini karşılamaktan ziyade, mühendisler tarafından daha cesur ve önceki sistemlerden daha üstün yapı sistemleri denemeye başlanmıştır. Bu nedenle dönem içerisinde birçok patent alınmıştır. Dönemin ilerlemesiyle korunmuş ahşap köprülerin sayısında ciddi bir artış görülmektedir. Howe, Pratt, Burr, Warren Dörtgeni(Lattice), Long gibi çeşitli kafes tipleri de bu dönemde geliştirilmiştir ([3], [4]). Buna paralel olarak, Britanya ve İrlanda'da ahşap, baskın köprü malzemesi olarak kullanılmıştır. 1830-1870'li yıllar arası demiryolu ağında işletilen çok sayıda ahşap köprü yapılmıştır. İnşaat teknolojisi Amerika'dan biraz daha farklı gelişmiştir. Bu dönemde yaklaşık 2500 ahşap köprü inşa edildiği düşünülmekle birlikte, bunların 900'ü viyadüktür. Köprüler genellikle yığma altyapıya oturtulmaktadır. Ayrıca, 1840'ların sonlarına doğru ahşap kazıklardan yapılmış altyapılara da rastlanmaktadır.

Kazıklar genellikle tek sıra veya çift sıra şeklinde, çaprazlarla güçlendirilerek yapılmaktadır. Ayrıca, kısa yığma duvarlara oturan, kolon ve çaprazlardan oluşan ahşap kulelere de rastlanabilir. Kullanılan ahşap çeşitliliği çok geniş olup, yüksek kalitede ahşap çeşitleri kullanılmaya çalışılmıştır. Dönemde yaygın bakış açısı, mukavemetli ahşap çeşidi kullanmanın, korunmuş düşük mukavemetli ahşap kullanmaktan daha ekonomik olduğudur. Köprülerin taşıyıcı sistemleri tutkallı lamine ahşap kemerler, lattice kafesleri, kafes, fan ve iskeledir. Ayrıca, giriş ve poligon kemer gibi basit yapı sistemleriyle de karşılaşmaktadır. Kraliçe ve Kral kafes türleri sıklıkla korunmuş ahşap köprü olarak kullanılmaktadır. Köprü açıklıkları çeşitli olup, 60 m açıklığa ulaşan köprüler kayıtlara geçmiştir [7].

3.3. 20.yüzyıl

20.yüzyılın başlaması ile çelik endüstrisinde çok hızlı şekilde önemli gelişmeler yaşanmıştır. 20. yüzyıl başlarına kadar ahşap, inşaat başlangıç maliyeti olarak çelikten çok daha ekonomik iken, fiyatının düşmesiyle çelik daha dikkat çekici bir köprü malzemesi haline gelmiştir. Yine bu dönemde betonarmenin yaygınlaşmasıyla, özellikle köprü tabliyelerinde sık kullanılan malzeme türü olmuştur. Dönemde diğer malzemelerde önemli gelişmeler gerçekleşirken, ahşap üzerine çalışmalar hız kaybetmiştir. Koruma ve birleşim türlerinin uygulanabilirliği alternatif malzemelerin gerisinde kalmaktadır. Ancak 1940'larda "glulam" olarak da anılan yapıştırma lamine ahşabın yaygınlaşması, ahşap köprüleri yeniden gündeme getirmiştir. Böylelikle ahşap üzerine yapılan araştırmalar ivme kazanmaya başlamıştır ([3], [4], [8]).

Yapıştırma lamine ahşabın yeri, ahşap inşaatlarında büyük yer tutmaktadır. Malzeme, Alman Otto Karl Friedrich Hetzer tarafından üretilmiş ve 1901 yılında patenti alınmıştır. Başta "Hetzer" sistemi ya da inşaatı olarak adlandırılmış olup, endüstrileşmiş Avrupa ülkelerinde hızla yaygınlaşmıştır. Bilinen ilk uygulaması, 1890 yılında Berlin Reichstag binasında 10 m uzunluğundaki kirişlerdir. Ardından Stockholm The Central Railway Station gibi önemli yapılarda da kullanım örnekleri verilebilir. Ancak, 1.Dünya Savaşı sırasında, malzemede yapıştırıcının süttten elde edilmesi ve savaş durumunda süt kıtlığı yaşanması ile malzemenin popülerleşmesi durmuştur. 1920'li yıllarda teknoloji, Amerika'ya sıçramış olup, 1940 itibari ile başta Amerika olmak üzere tüm endüstrileşmiş ülkelerde tekrar yaygınlaşmıştır. Bu duruma, 2.Dünya Savaşı sırasında çelik kullanımının kısıtlanması da büyük katkı sağlamıştır ([9], [10], [11]).

Gelişmeleri birçok endüstrileşmiş dünya ülkeleri takip etmektedir. Lamine ahşap ile İngiltere'de köprü, çatı, hatta kabuk yapılar inşa edilmiştir. The Wilton Carpet Factory hiperbolik parabol kabuk çatısı dönemin ilginç örneklerindendir [12] (Şekil 3).

Yine bu dönemde, ahşap dışındaki köprülerde ciddi derecede dış etkiler nedeniyle bozulmalar yaşanmaya başlamıştır. Bu durum, mühendislerin dikkatini yeniden ahşaba çekmiştir. Ahşap sadece yeni köprülerin imalatında değil, mevcut köprülerin iyileştirilmesinde de değerlendirilmeye başlanmıştır. Gelişen malzeme kalitesi ve koruma yöntemleri ile ahşap köprüler uzun servis ömürlerine ulaşmış, ömürleri içerisinde iyi performans göstermiştir. Ahşabın başlangıç maliyetleri ve yaşam döngüsü analizleri sonuçlarına göre alternatiflerine göre daha ekonomik çözümler üretilebilmektedir.

Tüm bu gelişmelere ve avantajlarına rağmen, inşaat sektöründe ahşap büyük bir yer alamamıştır. Bu durumun nedeni, ahşaba yönelik bilgi birikiminin, çelik ve betonarme inşaatları ile ilgili bilgi birikiminin çok gerisinde kalması olarak değerlendirilmektedir ([3], [4], [8]).

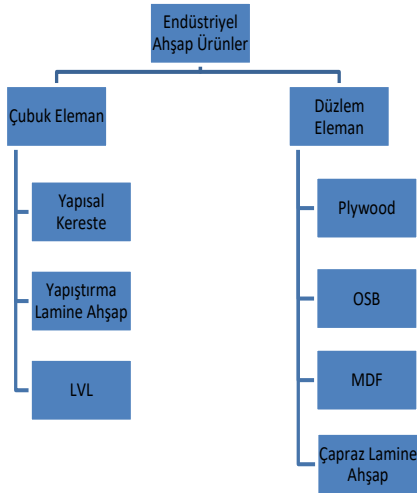


Şekil 3. The Wilton Carpet Factory Hiperbolik Parabol Kabuk Çatısı [12]

3.4. Günümüz Ahşap Yapıları

Ahşap, günümüzde sıklıkla kullanılan betonarme ve çelik inşaat yöntemlerine güçlü bir alternatif haline gelmiştir. Bugünlerde ahşabın önemli uygulama alanları köprüler ve binalardır. Bunun haricinde, ahşap-çelik ya da beton-ahşap karma sistemleri de önemli bir alternatiftir ([13], [14]).

Günümüz ahşap inşaatları çok çeşitlidir. Mevcut teknoloji ve endüstri olanakları ile ahşap malzemeler ile çeşitli yapı ve yapı elemanları teşkil edilebilir. Ahşap yapı sistemleri sınıflandırılırken genelde malzeme ve taşıyıcı sistem türleri referans alınmaktadır. Ancak bu çalışmada ahşap malzeme türleri yaygın kullanılan boyutları referans alınarak kategorize edilmiştir ve bu sınıflar aşağıda Şekil 4'te verilmiştir. Benzer şekilde ahşap yapılar ise malzeme çeşitliliği dahil edilmeden, taşıyıcı sistem türü referans alınarak kategorize edilmiştir. Günümüzde yaygın kullanılan ahşap taşıyıcı sistem türleri ve örnekleri aşağıda Şekil 5'te verilmiştir.



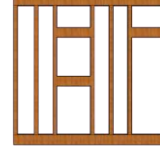
Şekil 4. Ahşap Kökenli Malzeme türleri



Şekil 5.a. Panel sistemler



Şekil 5.b. Karmaşık sistemler



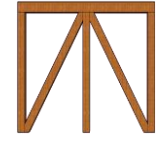
Hafif Çerçeve



Modüler Sistem



Portal çerçeve



Çaprazlı çerçeve

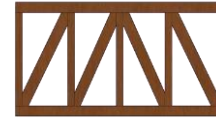
Şekil 5.c. Çerçeve sistemler



Dolu Gövde



Kemer



Kafes



Kafes kemer

Şekil 5.d. Kiriş sistemler

Şekil 5. Modern ahşap yapı taşıyıcı sistemleri

Modern ahşap köprülerin kullanım alanları ve uygulama çeşitliliğini temsilen; Norveç-Tynset Köprüsü, İsveç-Skellefteå Köprüsü, Amerika-Overpeck Park Köprüsü, Kanada-Mistissini Köprüsü (Şekil 6) ve Hırvatistan-Trogir Köprüsü verilebilir. Bu köprüler işletmede olup, sırasıyla 70 m, 130 m, 60 m, 160 m ve 25 m açıklığa sahiptir. Köprülerin çoğunluğu karayolu köprüsü olup, geneli yapıştırma lamine ahşapla inşa edilmiştir. Taşıyıcı sistemleri kemer, kablolu, kiriş gibi çeşitli sistemler veya bu sistemlerin bir arada kullanımı ile oluşturulmuştur. Dahası, günümüzde 1 km toplam açıklığa sahip olacak köprülerin tasarımları ve değerlendirilmesi yapılmaktadır ([15], [16], [8], [17]).



Şekil 6. Kanada-Mistissini Köprüsü [17]

Ahşap, yalnızca büyük ve orta açıklığa sahip köprülerde değerlendirilmemektedir. Yüzey perdahı ya da herhangi bir başka işlem yapılmaksızın, doğrudan ahşap kütükler aracılığıyla köy yolu gibi düşük trafik hacimleri karşılanabilir. Amerika'da ve Kanada'da sıklıkla kullanılan bu sistem, genellikle 5-20 m temiz açıklıklara uygulanmaktadır. Benzer sistem, lamine ahşap ya da ahşap panel elemanlarla, doğrudan döşemeye yük taşıtmak sureti ile de yapılabilir [3].

Ahşap köprü sistemlerinde net uygulama sınırları belirlemek güçtür. Tasarım gereksinimlerine karşılık malzeme, taşıyıcı sistem, tali taşıyıcı eleman varlığı, örgü eleman, öngerme ve ard germe sistemleri uygulanabilir.

Ahşap binalar denildiğinde genellikle büyük yapı oturma alanına sahip olmayan, az katlı konut tipi yapılar akla gelir. Günümüzde bu sistem, betonarme sürekli ya da radye temele oturan, ahşap kereste ve plywood, osb gibi panel elemanlardan teşkil taşıyıcı duvarlar ile yapılmaktadır. Ancak özellikle 2000 yılı sonrası ahşap binalarda çok çeşitli uygulamalar görülebilir. Günümüzde ahşap moment çerçeve, çaprazlı çerçeve, CLT panellerden teşkil perde duvar gibi sistemler yoğunlukla kullanılmaktadır.

Günümüzde ahşap çok katlı yapılar yaygın olmamakla birlikte uygulanmaya başlamıştır. Guinness rekorlarına göre dünyanın en yüksek ahşap binası Norveç, Brumunddal'da bulunan 18 katlı, 85,4 m yüksekliğindeki Mjøstårnet'tir (Şekil 7). Yapı, yapııştırma lamine ahşap iç kolon, kiriş ve kafesten oluşmaktadır. Ayrıca, CLT paneller ikincil taşıyıcı eleman olarak da kullanılmıştır [18].



Şekil 7. Mjøstårnet Taşıyıcı Sistemi-Norveç [18]

Ahşabın modern devrinin bir önemli bileşeni de birleşimlerdir. Ahşap yapı sistemlerinde birleşimler tutkal, çelik, ahşap gibi elemanlar ile oluşturulabilir. Birleşim türü seçiminde yükleme durumu, yapı ömrü gibi çeşitli tasarım kriterleri etkin rol oynamaktadır. Ahşap yapı birleşimlerinin alternatiflerinden farklı yanı çeşitliliğidir. Tek katlı konut tipi yapılarda 5x10 kereste ile plywoodtan teşkil duvarlarda çivi kullanılabilirken, CLT gibi panel elemanlar ya da ahşap moment çerçevelerde çelik yapılarda da sıklıkla gördüğümüz guseli birleşimler, korniyerli birleşim gibi detaylar uygulanabilir. Ahşap yapı birleşimleri, malzeme tipi, detay tipi gibi çeşitli şekillerde kategorize edilebilir. Yazarlar, ahşap birleşimlerini kullanılan malzeme ve birleşim tekniğinin temelini referans alınarak sınıflandırmıştır. Buna göre birleşimler; geleneksel, dübel, yapııştırma ve mekanik olarak adlandırılabilir [19].

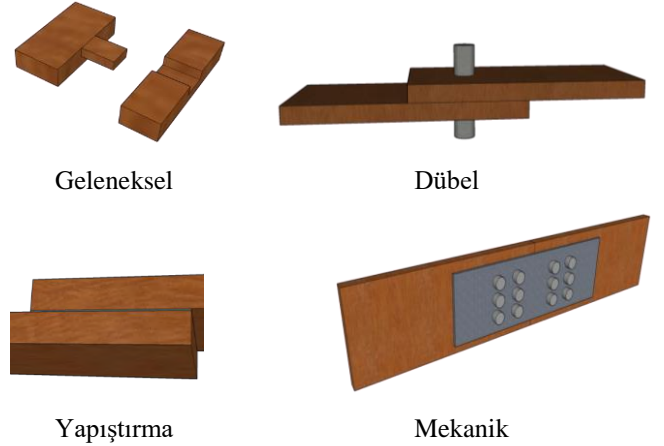
Geleneksel birleşimler; ahşap yapı elemanlarının birleşim geometrisine uygun olarak çeşitli işlemlerle birbirlerine mekanik

olarak bağlanmasıdır. Bu tür birleşimlerde çivi gibi ek elemanlar da kullanılabilir. Yük taşıma kapasiteleri, ahşap eleman ve çivi gibi alternatiflere kıyasla taşıma gücü düşük malzemelerden oluşturulduğu için, taşıma gücü ve süneklik kapasitesi sınırlıdır [19].

Dübel, genellikle iki eleman arasında birleşimin daha mukavemetli olmasını sağlamak için birleşim elemanının geçeceği deliğe plastik ya da farklı malzemelerden yapılmış yuva anlamına gelse de, ahşap yapılarda çok daha geniş bir anlam ifade etmektedir. Bu tarz birleşimde, birleştirilecek iki eleman arasında bir birleşim elemanı kullanılmaktadır. Bu eleman, genellikle yük doğrultusuna 90o açı ile yerleştirilir ve kesme kuvveti altında kalarak yük aktarır. Birleşim için elemanlarda delik açmak zorunlu değildir. Birleşim elemanı olarak çivi, vida, dübel, dişli levha veya civata ve bulon kullanılabilir [19].

Yapıştırma, yalnızca yapı birleşimi için değil, yapma enkesit elde edilmek için de kullanılabilir. Belirli bir uygulama sınırı yoktur, yapııştırma amacıyla genelde tutkal yerine geçebilecek birçok malzeme kullanılabilir [19].

Mekanik birleşimler, prefabrik inşaatlarda gördüğümüz birleşim detaylarını kapsamaktadır. Çelik yapılarda rijit, yarı rijit ya da mafsalı birleşim detayları birebir iki ahşap çubuk elemana uygulanabilmektedir. Buna ek olarak, çivili levha, dişli levha gibi elemanlar, özellikle kafes sistemlerde sıklıkla kullanılmaktadır [19] (Şekil 8).



Şekil 8. Ahşap yapı birleşimleri

Ahşap yapıların modern zamanının bir önemli alanı da yönetmelik tabanlı tasarım olanağıdır. Günümüzde yapı tasarımı için çeşitli otoriteler tarafından düzenlenen yönetmelik ve standartlar bulunmaktadır. Bu tür dokümanlar tasarımcıyı yönlendirmekte ve yol göstermektedir. Ülkemizde 1979 yılında kabul edilmiş TS-647: Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları mevcuttur. Ancak, 2018'de Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği(TBDY)'nde ahşap yapıların depreme karşı tasarımı için başka bir yönetmelik referans alınmaktadır ([20], [21]).

Ahşap için günümüzde dünya genelinde iki popüler yönetmelik bulunmaktadır. Bunlar, Avrupa Komisyonu tarafından düzenlenen Eurocode 5: Design of Timber Structures(EN5) ve Amerika Ahşap Konseyi sorumluluğunda olan Design Specifications of Wood Construction'dur (NDS). TBDY'de ahşap yapıların tasarımı için EN5 referans alınmıştır ([22], [23]).

EN5 köprü ve bina olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Yapı marketlerinden kolaylıkla temin edilebilecek tüm endüstriyel ahşap ürünleri yönetmelik çerçevesinde değerlendirilebilir. EN5'te Yük ve Dayanım Katsayıları ile tasarım ilkeleri benimsenmektedir. Bu çerçevede elastik birinci mertbe ve elastik ikinci mertbe analizleri gerçekleştirilebilir. Ahşabın doğrusal olmayan davranışı ise yalnızca basınç altında davranış için elastik-kusursuz plastik olarak dikkate alınabilmektedir. Yönetmelikte sınır durum ilkeleri benimsenmektedir [22].

NDS çerçevesinde görsel ya da mekanik olarak derecelendirilmiş ahşap, lamine ahşap, ahşap kazık ve direk, prefabrik I kesitler, kompozit paneller ve CLT incelenebilmektedir. Yönetmelik perspektifinde tasarımlar Emniyet Gerilmeleri ile Tasarım veya Yük ve Dayanım Katsayıları ile tasarım ilkelerine göre tasarlanabilir. Seçim, tasarımcıya bırakılmaktadır [23].

Ahşap yapılar, deprem yönetmeliklerinde de yer almaktadır. Ancak, ülkemizde yürürlükte olan TBDY çerçevesinde ahşap yapıların tasarımı çok sınırlıdır. Dayanıma göre tasarım ilkeleri ile ahşap yapı tasarımında yalnızca iki tür yapı sisteminin tasarımı mümkün olup; bunlar, süneklik düzeyi yüksek çivili veya vidalı OSB veya kontrplak duvar panelleri ve süneklik düzeyi düşük çivi, vida ve bulon ile tutkallı duvar panelleri veya ahşap çaprazlı yapılarıdır. Buna karşın, Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance'da daha fazla yapı sistemi dikkate alınabilmektedir. Yönetmelik çerçevesinde konsol, giriş, kemer, kafes, yapıştırma duvar panelleri ve diyaframlar, portal çerçeve gibi sistemler dikkate alınabilir. Amerika'da ahşap yapıların depreme karşı tasarımına yönelik ayrıca bir yönetmelik bulunmamakta olup, tasarım ilkeleri ASCE 7-16: Minimum Design Loads for Building and Other Structures'da verilmektedir. Buna göre, ahşap panellerden oluşan perdeler ve ahşap çerçeveler dikkate alınabilmektedir ([21], [24], [25]).

4. Sonuç

Ahşap, tarihin başlangıcında ilkel barınaklar ve basit açıklık geçme amacıyla başlanarak günümüzün karmaşık yapılar olan köprü ve çok katlı binalara kadar varlığını ve etkisini sürdürmüştür. Teknoloji ve bilgi birikimi geliştikçe ahşap gelişmiştir, ahşap mühendisliği geliştikçe teknoloji ve bilim de gelişmiştir. Öyle ki, günümüzde sıklıkla kullandığımız çeşitli kafes sistemlerinin ilk uygulamaları ahşap ile yapılmıştır. Ahşabın alternatif yapı malzemelerinden ayrı bir yere sahip olması, onun yapısındaki özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Doğadan kolaylıkla temin edilebilir. Hiçbir işlem yapılmadan bile kullanılabilir. İhtiyaçları karşılayacak şekilde endüstriyel ürünler haline getirilebilir. İstenilen boyutlarda ve niteliklerde çeşitli ahşap kökenli malzemeler üretilebilir. Buna ek olarak ağırlığına oranla taşıma gücü yüksektir. Bu durum, ahşap tasarımlarının ekonomik olmasına sebep olmaktadır. Böylelikle malzeme kendi yüklerini taşımakla kalmayıp, yapı servis ömrü boyunca oluşacak yükleri de etkin bir şekilde karşılayabilmektedir [26].

Ahşap yapıların tarihçesi 5 ana bölümde incelenebilir. Bu bölümler, ahşap inşaat yöntemindeki gelişmeler ve tarihteki önemli değişimler dikkate alınarak yapılmıştır. Bu bölümler sırasıyla Ortaçağ öncesi dönem, Ortaçağ-18.yüzyıl, 18.yüzyıl-19.yüzyıl, 19.yüzyıl-20.yüzyıl ve günümüzdür. Birinci dönemde ilkel sığınak, barınak, köprü gibi sistemler görülmekte iken dönemin sonuna doğru askeri ya da bayındırlık amaçlı kullanım örneklerine rastlanılmaktadır. İkinci dönemde ise artık inşaat

mühendisliği mesleği profesyonellik kazanmıştır. Bunun etkisinde çok daha planlı yapı örnekleri görülmektedir. Dönemde dış etkilerin yıpratıcı koşullarına karşın ahşabı korumak için çeşitli yapı sistemleri gerçekleştirilmiştir. Kemer ve kafes köprü sistemlerinde önemli gelişmeler görülmüştür. Üçüncü dönemde karayolu ve demiryolu ihtiyacında yaşanan patlama, köprüleri daha değerli kılmıştır. Dönemin köprü tasarımında baskın yapı malzemesi olarak ahşap kullanılmış olmakla beraber, daha cesur tasarımlar da gerçekleştirilmiştir. Birçok kafes sistemi patentlenmiştir. Ancak endüstriyel inşaat yöntemlerinden olan betonarme ve çelik teknolojilerindeki gelişmeler, ahşabın popülerliğini yitirmesine sebebiyet vermiştir. Dördüncü dönemin en önemli özelliği, endüstriyel ahşap ürünlerinin geliştirilmesi olarak gösterilebilir. Günümüzde de sıklıkla kullanılan yapıştırma lamine ahşap, ilk defa bu dönemde geliştirilmiştir.

Ahşabın dezavantajı olarak birkaç neden sayılabilir. Bunlardan başlıcaları; büyük kesit teminindeki zorluklar ve malzeme sarfiyatı, dış etkilere karşı korunmada görülen zorluklar, tasarım ve hesap ilkelerindeki kısıtlar ile birleşimlerin yetersizliğidir. Ancak, endüstriyel ahşap ürünlerinin yaygınlaşması, kimyasal koruma tekniklerinin geliştirilmesi gibi gelişmeler ile bu dezavantajlar önemli ölçüde ortadan kalkmıştır.

Günümüzde işletmede olan birçok çarpıcı ahşap köprü ve bina örnekleri görülebilir. Ancak ahşabın tarihçesi ve olanakları göz önüne alındığında; günümüzde yeterli popülerliğe sahip olmadığı söylenebilir. Ahşabın yönetmeliklerdeki yeri betonarme ve çelik alternatiflerine oranla kısıtlıdır. Dayanıma göre tasarım ilkeleri günlük tasarımlarda mühendislere büyük kolaylık sağlamaktadır. Ancak ahşap yapılar yönetmeliklerde bu konuda yeterince yer almamaktadır.

Ahşabın hangi şartlar altında uygulandığında ekonomik sonuçlar verdiği hakkında net sınırlar bulunmamaktadır. Literatürde çeşitli çalışmalar olsa da bu çalışmalar köprüler üzerine odaklı olup kısıtlıdır ([27], [28], [29]).

Ahşap yapı uygulamalarının özellikle deprem bölgelerinde bir takım dezavantajları mevcuttur. Ahşap yapıların sünekliği hakkında çeşitli tereddütler bulunmaktadır [30]. Ahşap, basınç altında plastik davranabilir. Ancak bir sistemi tamamen basınca çalıştırmak her zaman mümkün olmayabilir. Ayrıca, ahşabın malzeme özelliklerinin en uygun biçimde kullanılacağı yapı tasarım fikirleri kısıtlıdır. Bu fikirlere örnek olarak, ahşap-FRP kompozitleri verilebilir [31]. Ahşap yapılar için yapılan çeşitli öneriler aşağıda sıralanmıştır.

- Ahşabın plastik davranışını daha verimli kullanılabilecek sistemler geliştirilebilir. Bu sayede, malzeme daha etkin kullanılarak çevrimsel yüklerle karşı ahşap daha güvenilir bir şekilde kullanılabilir.

- Ahşabın malzeme modellerinde ve sonlu elemanlar modellerinde çeşitli gelişmeler yaşansa da, yönetmeliklerde ve standartlarda yeterince yer bulamamaktadır. Bunun önemli bir nedeni, hangi modelin hangi şartlarda güvenilir ve ekonomik sonuçlar vereceğinde çeşitli soru işaretlerinin bulunmasıdır. Malzeme modelleri ve sonlu eleman tipleri ile analiz metodlarının kullanılabilirliği ile ilgili çalışmalar artarsa, ahşap yapılar daha bilinçli bir şekilde tasarlanabilir hale gelebilir.

- Ahşap kökenli malzemelerin çeşitli avantajları bulunmakla birlikte kusursuz değildir. Ahşap, yapısı gereği kompozit bir malzemedir. Bu durumlar göz önüne alındığında, ahşap-beton, ahşap-çelik ya da ahşap-lifli polimer kompozitleri üzerine yapılan çalışmaların artması, ahşabın gelecekte daha

verimli kullanılmasının önünü açabilir. Lifli polimerlerin yapısının ahşapla paralel olması, onu daha dikkat çekici yapmaktadır.

• Ülkemiz özelinde ahşap tasarımında bilgi birikiminin oldukça kısıtlı olduğu söylenebilir. Ahşap üzerine Türkçe kitap, makale, bildiri gibi yayınların artması ile ahşap hakkında bilgilerin daha erişilebilir hale gelmesi sağlanabilir.

Kaynakça

- [1] Smith, I., & Snow, M. A. (2008). Timber: An ancient construction material with a bright future. *The Forestry Chronicle*, 84(4), 504-510.
- [2] ÇALIŞKAN, Ö., MERİÇ, E., & YÜNCÜLER, M. (2019). Ahşap ve ahşap yapıların dünü, bugünü ve yarını. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 109-118.
- [3] Ritter, M. A. (1990). Timber bridges: Design, construction, inspection, and maintenance. US Department of Agriculture, Forest Service, Engineering Staff.
- [4] Partov, D., Maşlak, M., Ivanov, R., Petkov, M., Sergeev, D., & Dimitrova, A. The development of wooden bridges through the ages—a review of selected examples of heritage objects. Part 1—the milestones. *Czasopismo Techniczne*, 2016(Budownictwo Zeszyt 2-B 2016), 93-105. <https://doi.org/10.2749/101686608783726614>
- [5] Chen, P. S. (2008). A Study Report on an Ancient Chinese Wooden Bridge Hongqiao. *Structural engineering international*, 18(1), 84-87. <https://doi.org/10.2749/101686608783726614>
- [6] Nakahara, K. O. J. I., Hisatoku, T., Nagase, T., & Takahashi, Y. (2000). Earthquake response of ancient five-story pagoda structure of Horyu-Ji temple in Japan. *Proceedings of the WCEE*.
- [7] Bill, N. A. (2016). Timber bridge construction on British and Irish railways, 1840-1870: the scale of construction and factors influencing material selection. *Construction History*, 31(1), 75-98. <https://www.jstor.org/stable/26489021>
- [8] Crocetti, R. (2014). Timber bridges: General issues, with particular emphasis on Swedish typologies. In *Internationales Holzbau-Forum IHF 2014*.
- [9] Rhude, A. J. (1998). Structural glued laminated timber: history and early development in the United States. *APT Bulletin: The Journal of Preservation Technology*, 29(1), 11-17. <https://doi.org/10.2307/1504543>
- [10] Seraphin, M. (2003, January). On the origin of modern timber engineering. In *Proceedings of the First International Congress on Construction History, Madrid*.
- [11] Rhude, A. J. (1996). Structural glued laminated timber: History of its origins and early development. *Forest Products Journal*, 46(1), 15.
- [12] Sutherland, J. (2010). Revival of structural timber in Britain after 1945. *Construction History*, 25, 101-113. <https://www.jstor.org/stable/41613962>
- [13] Hassanieh, A., Valipour, H. R., Bradford, M. A., & Sandhaas, C. (2017). Modelling of steel-timber composite connections: Validation of finite element model and parametric study. *Engineering Structures*, 138, 35-49. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.02.016>
- [14] Dias, A. M. P. G., Skinner, J., Crews, K., & Tannert, T. (2016). Timber-concrete-composites increasing the use of timber in construction. *European Journal of Wood and Wood Products*, 74(3), 443-451. <https://doi.org/10.1007/s00107-015-0975-0>
- [15] Gilham, P. C. (2015, April). A new look at modern timber bridges. In *Structures Congress 2015* (pp. 287-298).
- [16] O'Born, R. (2018). Life cycle assessment of large scale timber bridges: A case study from the world's longest timber bridge design in Norway. *Transportation research part D: transport and environment*, 59, 301-312. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.01.018>
- [17] Lefebvre, D., & Richard, G. (2014, December). Design and construction of a 160-metre-long wood bridge in Mistissini, Quebec. In *Proceeding of Internationales Holzbau-Forum* (pp. 3-5).
- [18] Abrahamsen, R. (2017, December). Mjøstårnet-Construction of an 81 m tall timber building. In *Internationales Holzbau-Forum IHF* (Vol. 2017).
- [19] Borgström, E. (2016). Design of timber structures—structural aspects of timber construction. *Swedish Forest Industries Federation, Stockholm*.
- [20] Türk Standartları Enstitüsü. (1979). TS 647 Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları.
- [21] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.
- [22] Eurocode 5. European Committee for Standardization. (2004). *Design of Timber Structures*
- [23] American Wood Council's Wood Design Standarts Committee. (2018). *National Design Specification (NDS) for Wood Construction*.
- [24] Eurocode 8. European Committee for Standardization. (2004). *Design of Structures for Earthquake Resistance*.
- [25] American Society of Civil Engineers, American National Standard. (2016). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*.
- [26] Şakar, G. & Çelik, H. K. (2021). SOLUTIONS OF SOLID TIMBER AND GLULAM BRIDGE EXAMPLE WITH DIFFERENT APPROACHES IN TURKEY . *European Journal of Technique (EJT)* , 11 (1) , 13-18 . <https://doi.org/10.36222/ejt.712893>
- [27] Jutila, A., & Salokangas, L. (2000). Research on and development of wooden bridges in Finland. *Structural engineering international*, 10(3), 182-185. <https://doi.org/10.2749/101686600780481455>
- [28] Behr, R. A., Cundy, E. J., & Goodspeed, C. H. (1990). Cost comparison of timber, steel, and prestressed concrete bridges. *Journal of Structural Engineering*, 116(12), 3448-3457. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(1990\)116:12\(3448\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1990)116:12(3448))
- [29] Verna, J. R., Graham Jr, J. F., Shannon, J. M., & Sanders, P. H. (1984). Timber bridges: Benefits and costs. *Journal of Structural Engineering*, 110(7), 1563-1571. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(1984\)110:7\(1563\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1984)110:7(1563))
- [30] Jorissen, A., & Fragiaco, M. (2011). General notes on ductility in timber structures. *Engineering structures*, 33(11), 2987-2997. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2011.07.024>
- [31] Plevris, N., & Triantafyllou, T. C. (1992). FRP-reinforced wood as structural material. *Journal of materials in Civil Engineering*, 4(3), 300-317. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(1992\)4:3\(300\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(1992)4:3(300))



Sentiment Analysis of Social Media Posts about Tourist Attractions: Black Sea Region Sample

Mertkan Sinoplu^{1*}, Eyüp Burak Ceyhan²

^{1*} Bartın University, Graduate Education Institute, Department of Computer Technology and Information Systems, Bartın, Turkey, (ORCID: 0000-0003-4642-5090), mertkansinoplu@gmail.com

² Bartın University, Faculty of Engineering, Architecture and Design, Department of Computer Engineering, Bartın, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5005-968X), eyupburak@gmail.com

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1107640)

ATIF/REFERENCE: Sinoplu, M. & Ceyhan, E. B. (2022). Sentiment Analysis of Social Media Posts about Tourist Attractions: Black Sea Region Sample. *European Journal of Science and Technology*, (36), 305-315.

Abstract

Social media has become one of the essential advertising channels with the increase of users and potential customers. With the data obtained from social media, analyses on advertisements and customers are conducted in many areas. The tourism industry is one of the areas where social media has a significant impact. In this study, we used Twitter and sentiment analysis for ranking tourist attractions in terms of positive tweet rates. We collected tweets shared on Twitter regarding certain tourist attractions in the Black Sea Region of Turkey using social media analytics. We conducted sentiment analysis using RapidMiner data processing software and Operator Toolbox extension. They were used for collecting and processing the data and sentiment analysis of Twitter tweets. The touristic places selected within the scope of the research were determined as Abant, Amasra, Ayder Plateau, Hattusa, Kartalkaya, Persembe Plateau, Sumela Monastery, Uzungöl and Yedigöller. Total of 1985 tweets were used for this study. After the sentiment analysis, we identified that the tourist attraction with the highest percentage of positive tweets was Abant (%76.70). After Abant, Ayder Plateau (%76.47) and Uzungöl (%75.68) were identified that the tourist attraction with the highest percentage of positive tweets, respectively.

Keywords: Social Media, Sentiment Analysis, Classification, Black Sea Region, RapidMiner.

Turistik Yerler ile İlgili Sosyal Medya Paylaşımlarının Duygu Analizi: Karadeniz Bölgesi Örneği

Öz

Sosyal medya, kullanıcıların ve potansiyel müşterilerin artmasıyla birlikte vazgeçilmez reklam kanallarından biri haline geldi. Sosyal medyadan elde edilen veriler ile birçok alanda reklam ve müşteri analizleri yapılmaktadır. Turizm sektörü, sosyal medyanın önemli bir etkiye sahip olduğu alanlardan biridir. Bu çalışmada, turistik yerleri pozitif tweet oranlarına göre sıralamak için Twitter ve duygu analizini kullanılmıştır. Sosyal medya analizlerini kullanarak Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'ndeki bazı turistik yerler hakkında Twitter'da paylaşılan tweet'leri toplanmıştır. RapidMiner veri işleme yazılımı ve Operator Toolbox uzantısını kullanarak duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu araçlar, Twitter tweetlerinin verilerinin toplanması, duygu analizini ve verilerin işlenmesi için kullanılmıştır. Araştırma kapsamında seçilen turistik yerler Abant, Amasra, Ayder Yaylası, Hattuşa, Kartalkaya, Persembe Yaylası, Sümela Manastırı, Uzungöl ve Yedigöller olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında toplam 1985 tweet kullanılmıştır. Duygu analizinden sonra, en yüksek olumlu tweet yüzdesine sahip turistik yerin Abant (%76.70) olduğunu belirlenmiştir. Abant'tan sonra en yüksek olumlu tweet yüzdesinin sırasıyla Ayder Yaylası (%76,47) ve Uzungöl (%75,68) olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sosyal Medya, Duygu Analizi, Sınıflandırma, Karadeniz Bölgesi, RapidMiner.

* Corresponding Author: mertkansinoplu@gmail.com

1. Introduction

The developments in technology have increased the use of social media (Akın and Gürsoy Şimşek, 2018), and it has become an essential platform for advertisements lately, creating new professional fields and teams. It is inevitable for companies to make use of social media since they wish to be liked and mentioned, and social media provides them with the opportunity to make their wish come true (Özdemir et al., 2014). Therefore, many institutions and enterprises develop advertisement and marketing strategies based on social media analytics.

People can use social media analytics in many areas. For example, in their study, Öztürkcan et al. (2017) focused on how social media analytics could be used for Twitter data. The study examined Twitter data to reveal the public reactions to the impactful events in Turkey and revealed that events could quickly spread when shared on social media.

In another study, Sabuncu and Atmis (2020) used Twitter data to evaluate the social media posts regarding Turkish Airlines as positive or negative. In this way, they facilitated the collection of feedback to the company. The study results revealed that the number of tweets increased upon an incident related to Turkish Airlines, and there was also an increase in the percentage of negative tweets.

Moreover, Akgül et al. (2016) conducted sentiment analysis on the data that they collected from Twitter. The study mentioned two different sentiment analysis models and developed a method for each model.

The purpose of this study was to evaluate certain tourist attractions in the Black Sea Region of Turkey using social media analytics and accordingly provide insight for companies in the tourism sector and potential visitors to these attractions. In addition, it was aimed to examine different classification algorithms to find the optimal algorithm for the 7-day dataset obtained from Twitter.

2. Material and Method

In the study, data collection and analysis were carried out using RapidMiner, a data mining software free for students. Both the company and users can develop the data mining tools in the software to be used as extensions (Verma et al., 2014).

The tourist attractions selected for the study included Abant, Ayder Plateau, Hattusa, Amasra, Kartalkaya, Perşembe Plateau, Sümela Monastery, Uzungöl and Yedigöller.

2.1. Data Collection

The example of the collected data can be seen in Figure 1. They contain tweets and user id numbers for each touristic location.

RapidMiner software was used to collect data in the study. The "Search Twitter" tool in the software enabled the collection of tweets containing the target words; however, one consideration in using this tool is that only the data can be retrieved for the last seven days. Therefore, the data in this study consisted of tweets shared between 15 January 2021 and 22 January 2021. In the sentiment analysis, a total of 1985 tweets were used including those about Abant (176), Amasra (112), Ayder Plateau (68), Hattusa (271), Kartalkaya (551), Perşembe Plateau (79), Sümela Monastery (194), Uzungöl (111) and Yedigöller (423).

1	Text	Id
2	Arkadaşlarımın toplamı	1347602782002556933
3	Kartalkaya'daki otelciler	1347178369570500609
4	An itibari ile güncel tah	1347130376339263488
5	Kartalkaya Kayak Merk	1347052140397813763
6	Kartalkaya'da kayağın t	1346734444716154881
7	Uludağ, Kartalkaya, Ka	1346733336027426816
8	Türkiye'nin önemli kış t	1346552034875617282
9	Bolu Kartalkaya Kayak	1346476721826979840
10	Kartalkaya'da kar yağışı	1346425450759933953

Figure 1. Example of the collected data.

RapidMiner operators used in the data collection process (Figure 2) are as follows:

- **Search Twitter**; allows collecting data from Twitter.
- **Select Attributes**; allows selecting the intended attribute from the table.
- **Nominal to Text**; changes the selected attributes to "text".
- **Write Excel**; allows writing the obtained results in an Excel spreadsheet file. This operator was later used to translate text.

Collected text are generally in Turkish. Operator Toolbox can only work on English text. Therefore, all text in the dataset was translated to English.

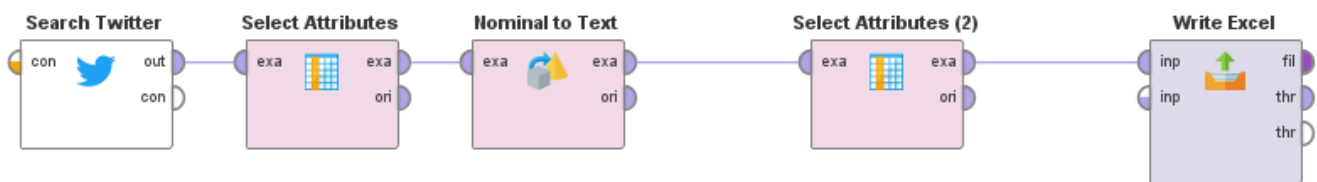


Figure 2. Data collection process.

RapidMiner operators used in the data obtaining process for algorithm tests (Figure 3) are as follows:

- **Read Excel**; allows reading data from a specified Excel file.
- **Extract Sentiment**; allows conducting sentiment analysis.

In this study, the tweets were analyzed using “sentiwordnet”, one of the databases for sentiment analysis.

Upon the data acquisition (Figure 3), in order to test the algorithms, the sentiment analysis was performed with the “Extract Sentiment” operator in OperatorToolbox, which is a free extension included in RapidMiner software.

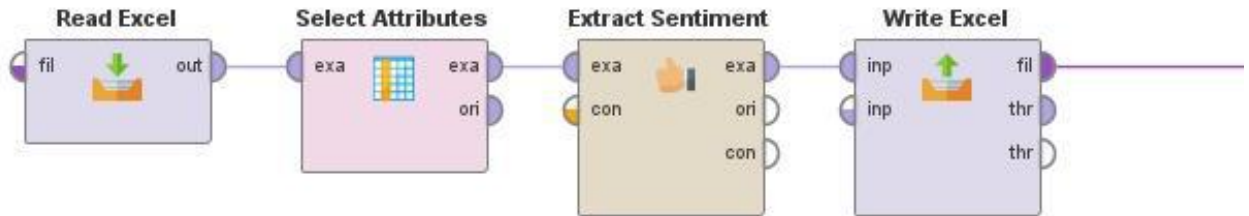


Figure 3. The data acquisition process for algorithm tests.

2.2. Classification Analysis

The algorithms to be used to classify sentiment analyses of tweets related to the tourist attractions in the study were tested using the RapidMiner software. Gradient Boosting, Deep Learning, Decision Tree, K-Nearest Neighbor, and Random Forest algorithms were used in the classification.

RapidMiner operators used in the classification process are presented in Figure 4. These operators are:

- **Generate Attribute**; constructs new attributes using the dataset. Here, sentiments were assigned as attribute names based on the attribute values.

- **Select Attributes**; allows selecting attributes from the dataset.
- **Set Role**; allows assigning a role to the specified attribute.
- **Nominal to Text**; changes the selected attributes to “text”.
- **Process Documents from Data**; allows creating a document from the data (Figure 5).

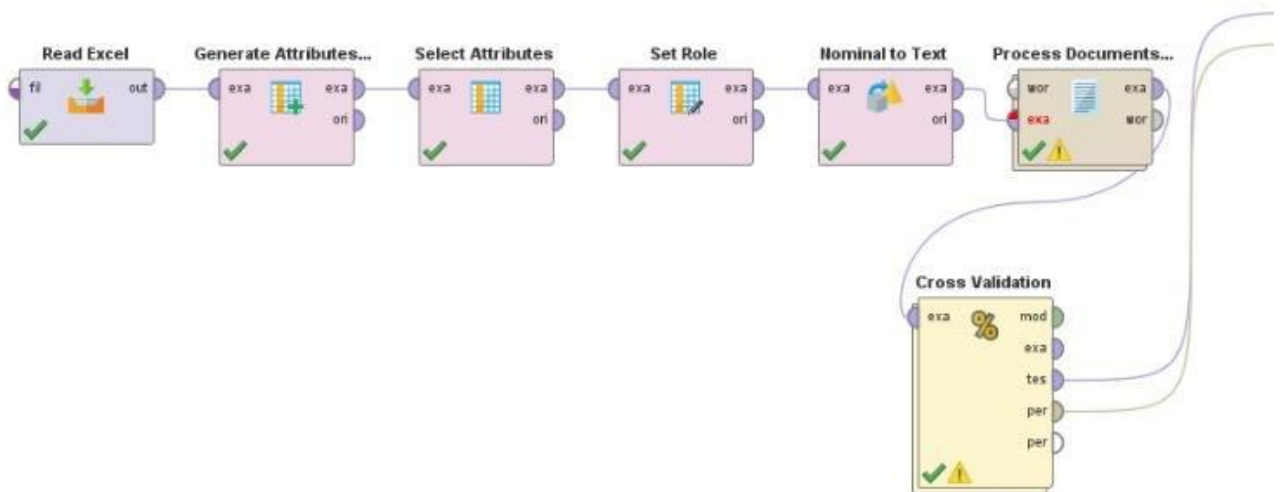


Figure 4. Classification process.

RapidMiner operators used in the documents from the data process (Figure 5) are as follows:

- **Tokenize**; splits a text into a sequence of words.
- **Transform Cases**; changes the characters in a text to uppercase or lowercase.
- **Filter Stopwords**; allows filtering the stop words in the text.

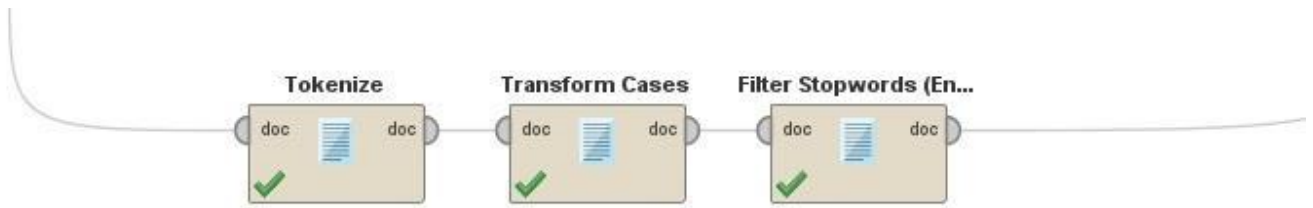


Figure 5. Process documents from the data process.

RapidMiner operators used in cross-validation process (Figure 7) are as follows:

- **Cross-Validation**; performs cross-validation as it is observed in Figure 6. The input data are partitioned into a specific number of equal-size subsets used as test and training data sets in this process. The algorithm specified in the process is used to obtain the optimal result. The partition number in the study was determined as 10.

- **Performance**: It shows the cross-validation results such as estimated negative/positive, real negative/positive, recall, precision, and accuracy. The recall is the ratio of correct guess size to the total class size. It is also known as the sensitivity of the model. On the other hand, precision is a positive predicted value. Recall and precision can be calculated with these formulas in Figure 6:

$$\text{Precision} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Positive}}$$

$$\text{Recall} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Negative}}$$

Figure 6. Calculation of precision and recall.

The algorithm to be used in the sentiment analysis of the tourist attractions was determined by considering the accurate classification rates obtained from the classification process. The performance rates of the classification algorithms are presented in Section 2.3.

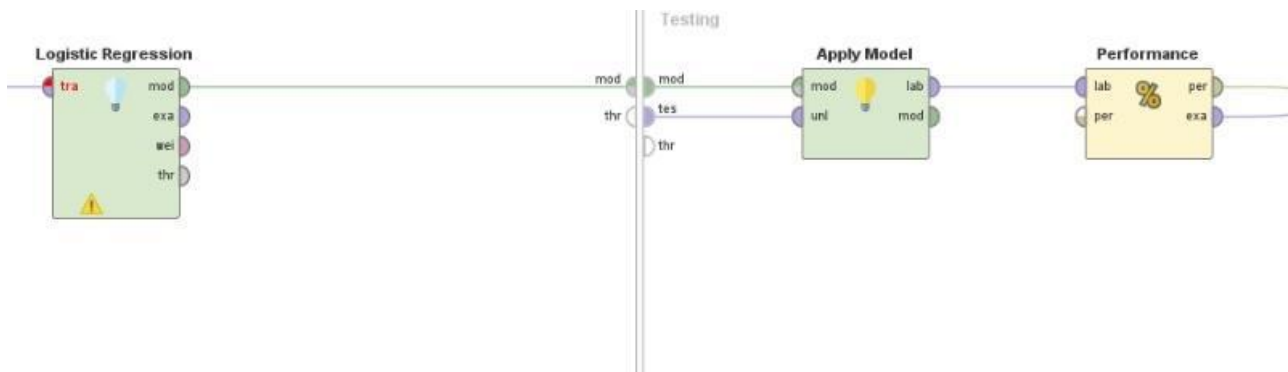


Figure 7. Cross-validation process.

2.3. Sentiment Analysis

The sentiment analysis of the data retrieved from Twitter and optimized was conducted using the OperatorToolbox, an extension of RapidMiner. Sentiment analysis can be performed with the “Extract Sentiment” tool included in this extension. It is also possible to use different databases of sentiment analysis in this operator.

RapidMiner operators used for the sentiment analysis process (Figure 8) are as follows:

- **Filter Examples**; filters the data based on a given condition and selects what to keep and remove.

- **Aggregate**; perform aggregate functions including group, sum, and count.
- **Merge**; merges datasets with different attributes.
- **Append**; merges datasets with the same attributes.
- **Rename**; allows renaming a specified attribute.
- **Normalize**; normalize the values of selected attributes using an intended method. The "proportion transformation" was used for normalization in the study. With this method, the data were divided into proportions such that their sum would be 1.

- **Generate Attributes**; constructs new attributes using the dataset. Here the data were calculated in percentage.

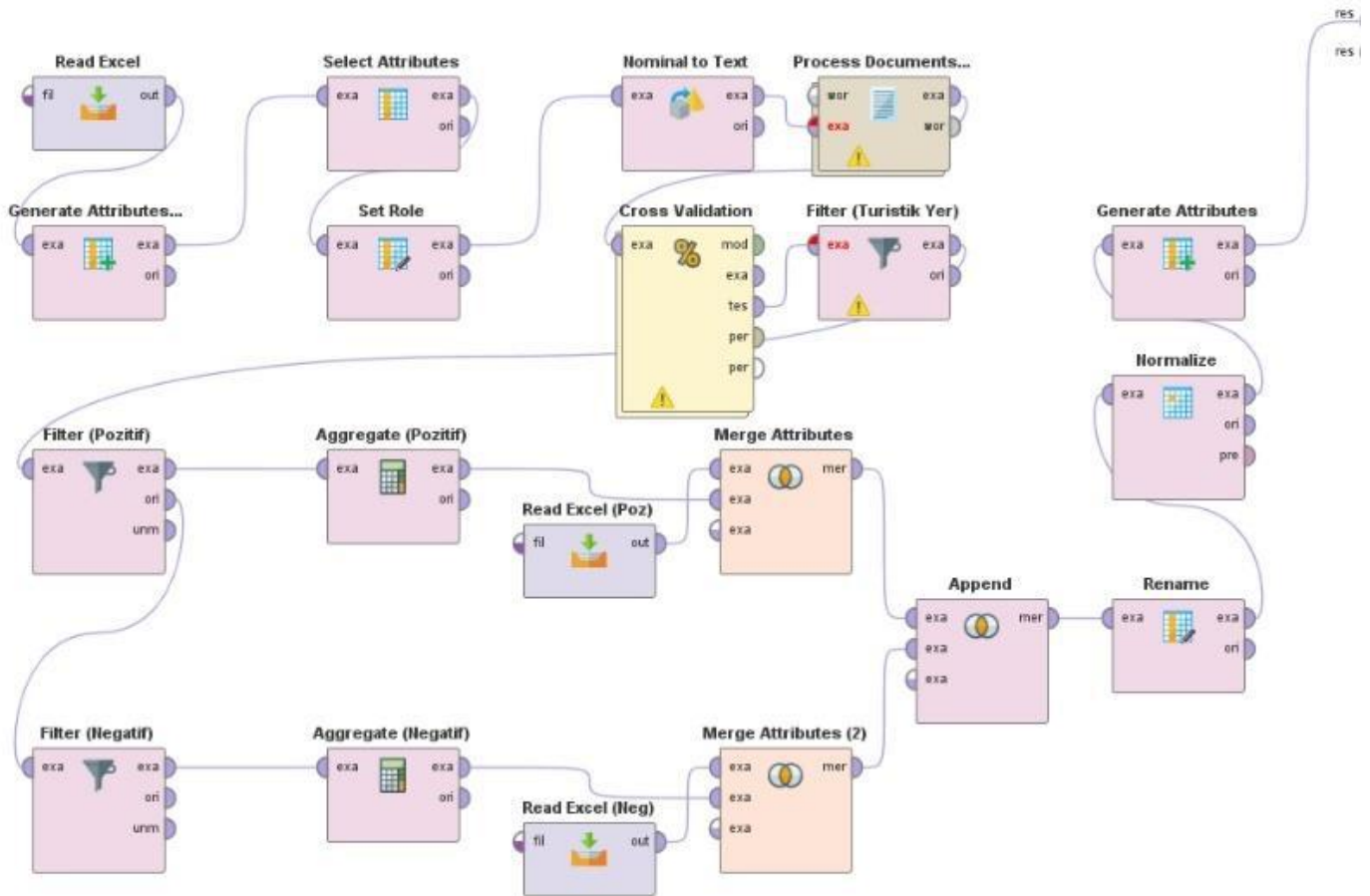


Figure 8. Sentiment analysis process.

In sentiment analysis, text data must first be preprocessed. For this reason, the data is filtered for sentiment analysis. Filtering means preparing features in text data because the features are not explicitly available in text data. After the filtering, tokenizing, stop words filtering, stemming, and lowercasing is done for better results. For tokenizing, the text is divided into words. After that, stop words such as "is, the, end," etc., are filtered out. After this process, all words can be stem for accuracy of the sentiment analysis. Stemming means reducing suffixes in words and making them close to the root word. This process can improve results, but stemming should be done carefully as the word's meaning can change.

The second part of sentiment analysis is attribute selection, which means giving features to words after the first step. There are many feature selection models, but the Bag of Words (BoW) model can be explained as the most preferred feature selection model for attribute selection.

The third step of sentiment analysis is training data. One part of the data is selected for training and obtaining trained classifiers in this process. Trained classifiers are needed for final tests. Classification can be done with different classification algorithms such as Naïve Bayes, Random Forest, Decision Trees, etc.

The last step of sentiment analysis is testing the dataset. After testing data with classification algorithms, the

algorithm with the highest accuracy rate is selected. With this algorithm, all test data is classified and obtained.

The sentiment extraction process of this research was done with the help of the "Extract Sentiment" tool of the Operator Toolbox in RapidMiner. Then, classification algorithms are used to improve the accuracy and retrieve test results.

3. Results

The classification algorithms' performances were first compared to select the optimal algorithm for the sentiment analysis of the posts about the specified tourist attractions in the Black Sea Region of Turkey. Then the posts were analyzed using the sentiment analysis. The relevant results are presented in this section.

3.1. Performance of Classification Algorithms

The classification algorithms selected for the performance comparison in the study included Deep Learning, Gradient Boosting, Decision Tree, k-Nearest Neighbor, Logistic Regression, Naive Bayes, Random Forest, and Support Vector Machine. The performances of the relevant algorithms are presented in between Table 1 and Table 8, respectively. The values for accuracy (written in bold in the figures) were obtained using the following formula in Figure 9:

$$\text{Accuracy Rate} = \frac{\text{Accurately Estimated}}{\text{Accurate and Inaccurate Estimations}} \times 100$$

Figure 9. Calculation of accuracy rate.

The test results of the Deep Learning algorithm are given in Table 1. When we consider the precisions of the

Deep Learning algorithm, it was seen that the negative precision was 75.14%, and the positive precision was 90.07%. When we consider the recalls of the algorithm, it was seen that the negative recall was 86.19%, and the positive recall was 81.46%. As a result of the test, it was seen that the accuracy rate of the Deep Learning algorithm was 83.32%.

Table 1. Performance of Deep Learning algorithm.

Deep Learning	Real Negative	Real Positive	Precision
Accuracy: 83.32%			
Estimated Negative	674	223	75.14%
Estimated Positive	108	980	90.07%
Recall	86.19%	81.46%	

As a result of classification algorithm tests, the Gradient Boosting algorithm values are given in Table 2. When considering precisions, it was seen that negative precision was 90.64%, and positive precision was 81.61%.

When we consider the recalls of the algorithm, it was seen that the negative recall was 66.88%, and the positive recall was 95.51%. In addition, as a result of the test, it was seen that the accuracy rate of the algorithm was 84.23%.

Table 2. Performance of Gradient Boosting algorithm.

Gradient Boosting	Real Negative	Real Positive	Precision
Accuracy: 84.23%			
Estimated Negative	523	54	90.64%
Estimated Positive	259	1149	81.61%
Recall	66.88%	95.51%	

The information obtained from the classification algorithm test about the Decision Tree algorithm is given in Table 3. As a result of the classification algorithm test, the negative precision of the Decision Tree algorithm was 97.46%, and the positive precision was 76.80%. When

recalls of the algorithm were considered, it was seen that the negative recall was 53.96%, and the positive recall was 99.09%. In addition, as a result of the test, it was seen that the accuracy rate of the algorithm was 81.31%.

Table 3. Performance of Decision Tree algorithm.

Decision Tree	Real Negative	Real Positive	Precision
Accuracy: 81.31%			
Estimated Negative	422	11	97.46%
Estimated Positive	360	1192	76.80%
Recall	53.96%	99.09%	

The classification algorithm test results about the k-Nearest Neighbor Algorithm are shown in Table 4. When we look at the test results, it was seen that the negative precision of the k-Nearest Neighbor algorithm was 84.92%, and the positive precision was 85.57%. When we consider

the recalls of the algorithm, it was seen that the negative recall was 76.34%, and the positive recall was 91.19%. In addition, as a result of the test, it was seen that the accuracy rate of the algorithm was 85.34%.

Table 4. Performance of k-Nearest Neighbor algorithm.

k-Nearest Neighbor	Real Negative	Real Positive	Precision
Accuracy: 85.34%			
Estimated Negative	597	106	84.92%
Estimated Positive	185	1097	85.57%
Recall	76.34%	91.19%	

The test result of the Logistic Regression algorithm is shown in Table 5. As a result, the negative precision of the Logistic Regression was found 71.38%, and the positive precision was 85.20%. In terms of recall values, the

negative recall of the algorithm was 78.77%, and the positive recall was 79.47%. In addition, as a result of the test, it was seen that the accuracy rate of the algorithm was 79.19%.

Table 5. Performance of Logistic Regression algorithm.

Logistic Regression	Real Negative	Real Positive	Precision
Accuracy: 79.19%			
Estimated Negative	616	247	71.38%
Estimated Positive	166	956	85.20%
Recall	78.77%	79.47%	

The test results of the Naïve Bayes algorithm are given in Table 6. Looking at the precision of the Naïve Bayes algorithm as a result of the test, it was seen that the negative precision was 78.75%, and the positive precision was 88.25%. When we consider the recalls of the algorithm, it was seen that the negative recall was 82.48%, and the positive recall was 85.54%. In addition, as a result of the test, it was seen that the accuracy rate of the algorithm was 84.33%.

The test results of the Naïve Bayes algorithm are given in Table 6. Looking at the precision of the Naïve Bayes algorithm as a result of the test, it was seen that the negative precision was 78.75%, and the positive precision was 88.25%. When we consider the recalls of the algorithm, it was seen that the negative recall was 82.48%, and the positive recall was 85.54%. In addition, as a result of the test, it was seen that the accuracy rate of the algorithm was 84.33%.

Table 6. Performance of Naïve Bayes algorithm.

Naive Bayes	Real Negative	Real Positive	Precision
Accuracy: 84.33%			
Estimated Negative	645	174	78.75%
Estimated Positive	137	1029	88.25%
Recall	82.48%	85.54%	

The classification algorithm test results of the Random Forest algorithm are given in Table 7. As a result of the test, when the precision of the Random Forest algorithm is examined, it is seen that the negative precision is 100%, and the positive precision is

72.08%. When we consider the recalls of the algorithm, it was seen that the negative recall was 40.41%, and the positive recall was 100%. In addition, as a result of the test, it was seen that the accuracy rate of the algorithm was 76.53%.

Table 7. Performance of Random Forest algorithm.

Random Forest	Real Negative	Real Positive	Precision
Accuracy: 76.53%			
Estimated Negative	316	0	100%
Estimated Positive	466	1203	72.08%
Recall	40.41%	100%	

After the classification algorithm tests, test values of the Support Vector Machine algorithm are given in Table 8. When we look at the precision of the Support Vector Machine algorithm as a result of the test, it was seen that the negative precision was 94.36%, and the positive precision was 85.63%. When we

consider the recalls of the algorithm, it was seen that the negative recall was 74.94%, and the positive recall was 97.09%. In addition, as a result of the test, it was seen that the accuracy rate of the algorithm was 88.36%.

Table 8. Performance of Support Vector Machine algorithm.

Support Vector	Real Negative	Real Positive	Precision
Machine Accuracy: 88.36%			
Estimated Negative	586	35	94.36%
Estimated Positive	196	1168	85.63%
Recall	74.94%	97.09%	

The comparison of the accuracy of the classification algorithms examined in the study is presented in Figure 10. The relevant comparison revealed that Support Vector Machine had the highest accuracy (88.36%). It was followed by k-Nearest

Neighbor (85.34%), Naive Bayes (84.33%), Gradient Boosting (84.23%), Deep Learning (83.32%), Decision Tree (81.31%), Logistic Regression (79.19%), and Random Forest (76.53%) respectively.

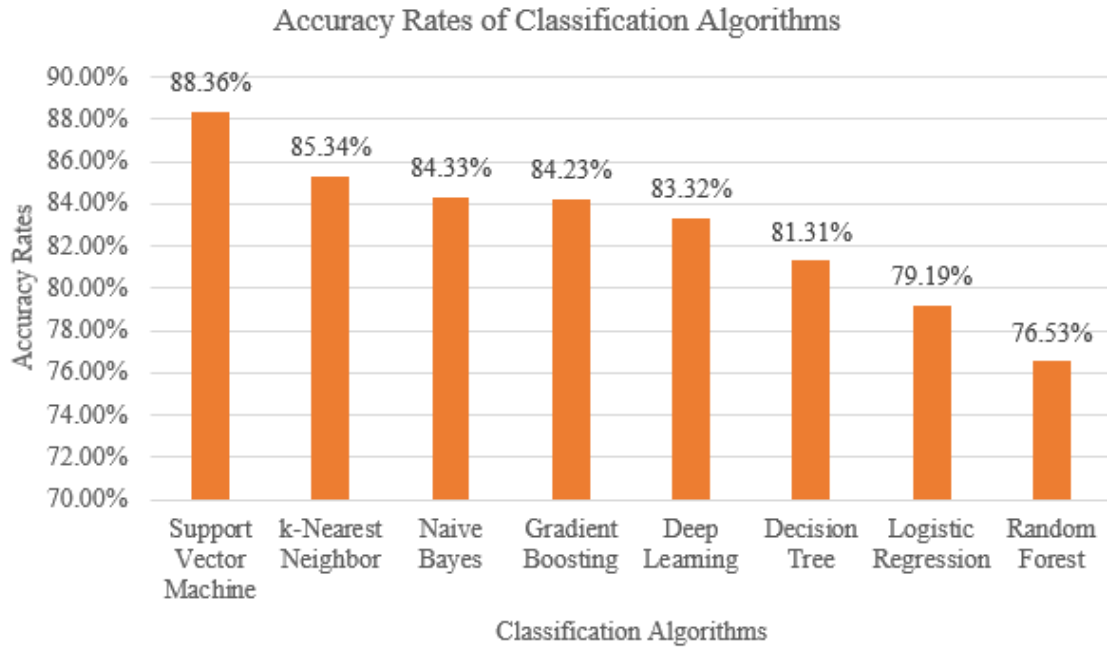


Figure 10. Accuracy of classification algorithms.

Consequently, in line with the results obtained, the Support Vector Machine was determined to be the optimal algorithm for the sentiment analysis of the relevant tourist attractions.

3.1. Performance of Classification Algorithms

This section conducted sentiment analysis on the Twitter posts about the specified tourist attractions. Support Vector

Machine, the algorithm with the highest accuracy, was used in the analysis. The numbers and rates of the tweets with positive or negative content obtained as a result of the sentiment analysis are presented in Figure 11 and Figure 12, respectively.

The numbers of tweets with positive or negative content obtained from the sentiment analysis of the posts regarding the tourist attractions determined are presented in Figure 11.

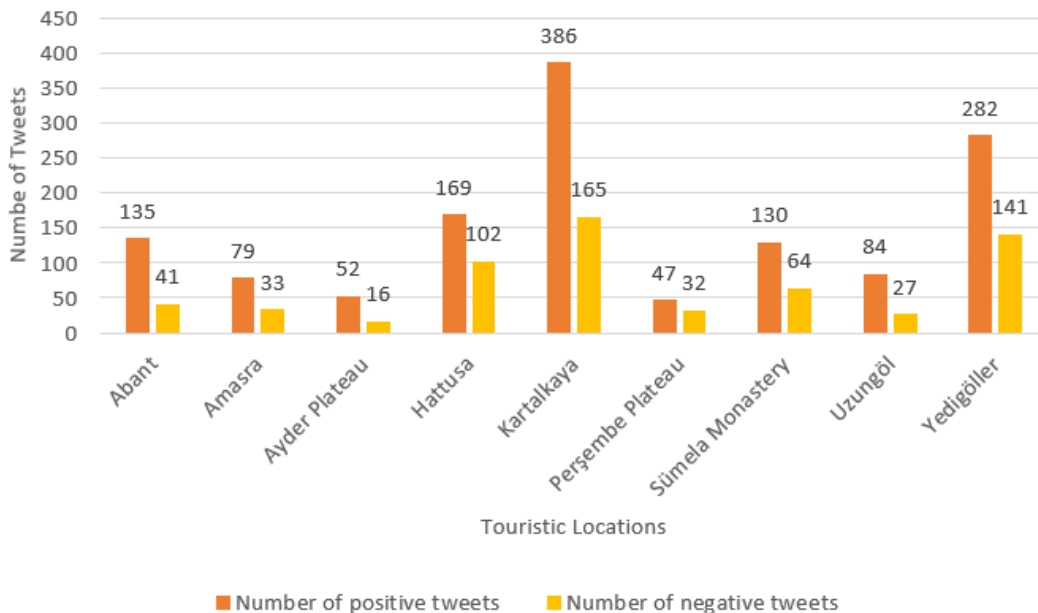


Figure 11. The numbers of positive and negative tweets about the tourist attractions.

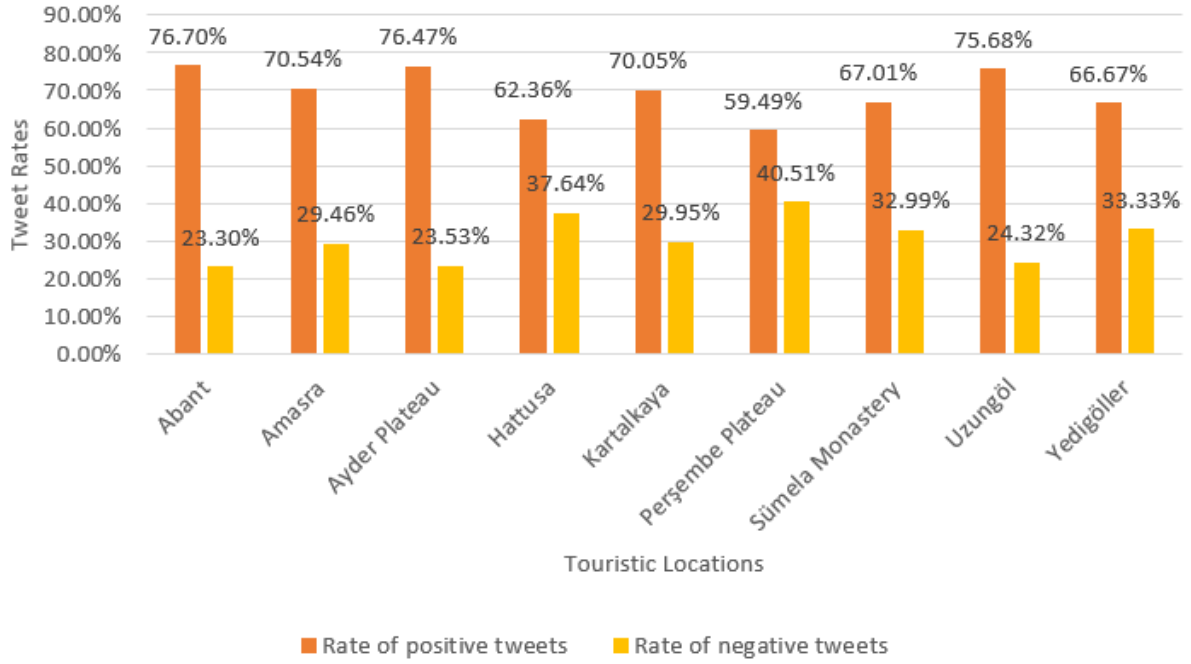


Figure 12. The rates of positive and negative tweets regarding the tourist attractions.

The rates of the tweets with positive or negative content acquired at the end of the sentiment analysis of the posts about the tourist attractions specified are presented in Figure 12.

The ranking of the tourist attractions based on the rate of the positive tweets is presented in Figure 13. When the figure is

examined, it can be observed that Abant ranks first with the highest rate of tweets with positive content (76.70%). It is followed by Ayder Plateau (76.47%), Uzungöl (75.68%), Amasra (70.54%), Kartalkaya (70.05%), Sümela Monastery (67.01%), Yedigöller (66.67%), Hattusa (62.36%) and Perşembe Plateau (59.49%), respectively.

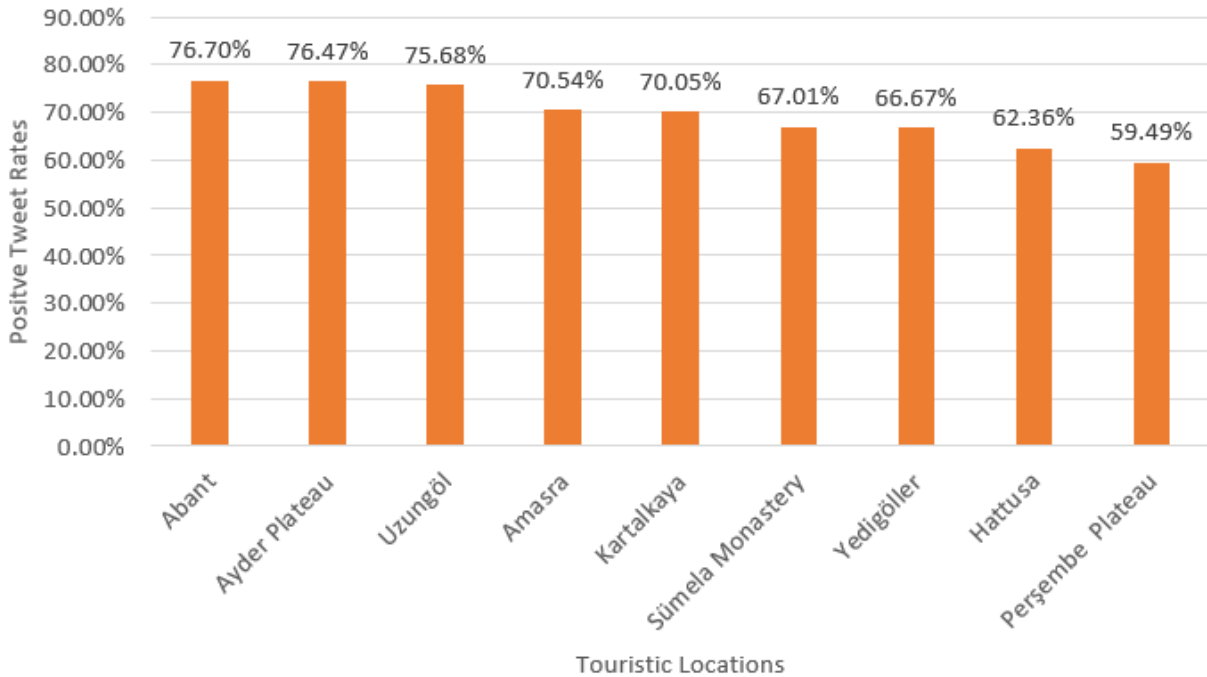


Figure 13. Ranking of the tourist attractions based on the rate of positive tweets.

4. Conclusion and Recommendations

With the development of technology, social media has become one of the biggest marketing channels for the tourism sector (Aktan, 2018). It is a fact that social media influences tourists' preferences to a great extent (Doğan et al., 2018). The present study collected tourism-related data from social media platforms, and sentiment analysis was conducted on the tweets about the specified tourist attractions. The analysis has revealed that, among all the tourist attractions, Abant has the highest rate of posts with positive content (76.70%), whereas Perşembe Plateau has the lowest rate (59.49%). In addition, the analysis has paved the way for an evaluation of the relevant destinations that need more care and improvement.

In classifying the dataset used in the study, Support Vector Machine has been determined as the highest accuracy algorithm (88.36%). Different classification algorithms may also be tested for future research to identify a better algorithm with higher accuracy.

Moreover, regarding the ranking of the tourist attractions, it can be considered unlikely to provide a precise ranking since the tourist attractions in the study do not belong in the same category, and the peak seasons are different for these destinations.

Furthermore, a website or application can be developed to present the data from the processes carried out in this study so that people who intend to visit the relevant tourist attractions can evaluate prior to their travel.

During the review of posts about the study's tourist attractions, different tweets were collected for each attraction. For future research, more data can be collected to achieve the same number of tweets for each tourist attraction to conduct a more effective study.

For future research, it is also recommended that longer-term data should be obtained, and tourist attractions should be ranked into categories. Besides, considering the peak seasons of the attractions, only the tweets posted during these seasons can be analyzed to obtain more accurate results.

In addition, since the data in the study were collected using the RapidMiner software, it should be considered that the limitation of the software allows retrieving data from Twitter for the last seven days from the date of retrieval. Therefore, it should be taken into account that the news and events during the week of

the data collection could affect the social media posts positively or negatively, and it could consequently impact the analysis.

Finally, due to the 7-day data obtain the limitation of the RapidMiner software, it can be considered that the study results are based on a small-scale analysis. Therefore, for future research, it is suggested that the same subject be studied by retrieving a higher number of posts; in this way, potential tourists can benefit from this new research while making their travel decisions.

References

- Akgül, E. S., Ertano, C., Diri, B. (2016). Sentiment Analysis with Twitter. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 22(2), 106–110. <https://doi.org/10.5505/pajes.2015.37268>
- Akın, B., Gürsoy Şimşek, U. T. (2018). Sosyal Medya Analitiği ile Değer Yaratma: Duygu Analizi ile Geleceğe Yönelim. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 797–811. <https://doi.org/10.30798/makuiibf.435804>
- Aktan, E. (2018). Sosyal Medyanın turizm Pazarlamasındaki Rolünün Değerlendirilmesi (Assessing the Role of Social Media in Tourism Marketing). *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 6(3), 228–248. <https://doi.org/10.21325/jotags.2018.280>
- Doğan, M., Pekiner, A. B., Karaca, E. (2018). Sosyal Medyanın Turizm ve Turist tercihlerine Etkisi: Kars-Doğu Ekspresi Örneği. *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 669–683. <https://doi.org/10.24010/soid.443504>
- Özdemir, S. S., Özdemir, M., Polat, E., Aksoy, R. (2015). Sosyal Medya Kavramı ve Sosyal Ağ Sitelerinde Yer Alan Online Reklam Uygulamalarının İncelenmesi. *EJOVOC : Electronic Journal of Vocational Colleges*, 4(4). <https://doi.org/10.17339/ejovoc.96993>
- Özturkcan, S., Kasap, N., Çevik, M., Zaman, T. (2017). An analysis of the Gezi Park Social Movement Tweets. *Aslib Journal of Information Management*, 69(4), 426–440. <https://doi.org/10.1108/ajim-03-2017-0064>
- Sabuncu, İ. & Atmis, M. (2020). Social Media Analytics for Brand Image Tracking: A Case Study Application for Turkish Airlines. *Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi*, 6 (1), 26-41.
- Verma, T., Renu, R., Gaur, D. (2014). Tokenization and Filtering Process in Rapidminer. *International Journal of Applied Information Systems*, 7(2), 16–18. <https://doi.org/10.5120/ijais14-451139>