



SAYI/ISSUE 33
OCAK/JANUARY 2022

EUROPEAN JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi



E-ISSN 2148-2683

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

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

Prof. Dr. Hüseyin TOROS
Editor

Prof. Dr. Ahmet DOĞAN
Editor

Editorial Board Members

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

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

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

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

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

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

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

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

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



YTaguchi Yöntemi Kullanılarak Hafif Genleşmiş Kil Üretiminin Optimizasyonu

Özkan KÜÇÜK, Yunus URAN

Sayfa: 1 - 9

Derin Öğrenme Algoritmalarının GPU ve CPU Donanım Mimarileri Üzerinde Uygulanması ve Performans Analizi: Deneysel Araştırma

Tuğba SARAY ÇETİNKAYA, Ahmet SERTBAŞ

Sayfa: 10 - 19

Mısırdaki Koçan ve Tane Ölçümlerinde Kullanılan Görüntü İşleme Yazılımlarından Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

Murat CİRİT, Ferhat KAYA, Niyazi KILIÇ, Fatih KAHRIMAN

Sayfa: 20 - 25

Evre Uyumlu Optik OFDM Sistemler için Karmaşık Aşırı Öğrenme Makinası Tabanlı Doğrusal Olmayan Denkleştirici

Ahmet GÜNER

Sayfa: 26 - 31

Mevcut Binalarda Taşıyıcı Sistem Düzensizliklerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma

Varol KOÇ

Sayfa: 32 - 39

Farklı Koşullarda YOLO ve Faster R-CNN Algoritmaları ile Videoda Hareketli Nesne Tespiti

Abdulghani Mawlood A.ghani ABDULGHANI, Gonca Gökçe MENEKŞE DALVEREN

Sayfa: 40 - 54

Homojenleştirme Süresinin Mg-Al-Sn-Mn-La-Gd Alaşımın Aşınma Davranışı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

İsmail Hakkı KARA

Sayfa: 55 - 59

İlkokul Dersliklerinde İç Hava Kalitesinin İyileştirilmesi Üzerine Bir Araştırma

Ülger BULUT KARACA

Sayfa: 60 - 67

MR Sönümleyicili Yarı Aktif Ayarlı Kütle Sönümleyicisinin Uyarlamalı Kontrolü

Mahmut PAKSOY, Hüseyin AGGÜMÜŞ

Sayfa: 68 - 73

Makarna ve Erişte Türlerindeki Tiaminin İn Vitro Olarak Biyoerişilebilirliğinin Saptanması

Serap ANDAÇ ÖZTÜRK

Sayfa: 74 - 78

Ekmeklik Buğday Bitkisinden Ribozom İnaktivite Eden Protein (Tritin) in silico Analizi

Serap DEMİREL, Mustafa USTA, Abdullah GÜLLER

Sayfa: 79 - 87

Farklı Yük Çeşitleri İçin Parçacık Sürü Optimizasyonu ve Ziegler-Nichols Metodunun DC Motor Hız Kontrolü Probleminde Karşılaştırılması

Celal Onur GÖKÇE, Volkan DURUSU, Ridvan UNAL

Sayfa: 88 - 92

Güvenlik İkliminin Güvenlik Performansına Olan Etkisi: Türkiye'deki Çalışanlar Arasında Bir Çalışma

Ahmet Ebrar SAKALLI, Sertaç TEMUR, Mehmet BADEM, Ebru KARATAŞ

Sayfa: 93 - 106

Findık Kurdu (Curculio nucum L. Col.: Curculionidae)'nın Düzce ve Sakarya'daki Mevcut Durumunun Belirlenmesi

Ercan ÇÖPOĞLU, Salih KARABÖRKLÜ

Sayfa: 107 - 111

Trachystemon orientalis L.'in yağ asitleri, vitaminler, fitosteroller ve fenolik asitlerin profili ve antioksidan aktivitelerinin değerlendirilmesi

Ersin DEMİR

Sayfa: 112 - 118

İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS

Karar Kuramı ve Karar Verme

Sena GÜNGÖR, Uğur ÖZCAN

Sayfa: 119 - 125

Üniversite Öğrencilerinin Okul İçi ve Dışı Sosyal Medya Davranışları: Bir Alan Araştırması

Fatih Çağatay BAZ

Sayfa: 126 - 132

Elektrokimyasal Olarak Eksfoliyeli Edilmiş Grafen-Kitosan Hidrojelinin Simetrik Süperkapasitör Uygulaması

Ömer SADAK

Sayfa: 133 - 137

Parasal Aktarım Mekanizması Kanallarından Faiz ve Kredi Kanalinin VAR Yöntemiyle İncelenmesi: Türkiye Örneği

Nihat DOĞANALP

Sayfa: 138 - 144

The Effect of Different Sowing Densities on Yield and Yield Components of Durum Wheat (Triticum Durum L.)

Arzu MUTLU

Sayfa: 145 - 153

Havai Rüzgar Enerji Sistemleri için Sürekli Mıknatıslı Senkron Generator Tasarım ve Optimizasyonu

Esra ÇELİK, Muhammed GARİP

Sayfa: 154 - 160

Genel Hizalama İndeksi Yöntemiyle 2 Boyutlu Saf Fermiyonik Modelde Kaosun İncelenmesi

Beyrul CANBAZ

Sayfa: 161 - 166

Üretim Sistemlerinde Makine Öğrenmesi ile Kestirimci Bakım Uygulaması ve Modellemesi

Hakan CEYHAN, Mustafa Cem KASAPBAŞI

Sayfa: 167 - 175

Kapsül Ağları ile Yüz Verilerinin Sınıflandırılması

Ayşe ÇOBAN, Fatih ÖZYURT

Sayfa: 176 - 183

Hekimlerin Defansif Tıp Farkındalık Düzeylerinin, Pozitif ve Negatif Defansif Tıp Tutumlarına Etkilerinin Görev Yaptıkları İşletmelerde İsrar Faktörü Açısından İncelenmesi: İstanbul'da Kardiyoloji Hekimleri Üzerine Bir Araştırma

Menekşe KILIÇARSLAN, Muhammed Talha NARCI

Sayfa: 184 - 191

Patoloji Görüntülerinin Derin Öğrenme Yöntemleri İle Sınıflandırılması

Meral KARAKURT, İsmail İŞERİ

Sayfa: 192 - 206

Koronavirüs Pandemisinin Kıbrıs'taki Hava Kalitesine Etkisinin İncelenmesi

Sedef ÇAKIR, Mbachu PRINCEWILL

Sayfa: 207 - 212

Kentsel Yüzey Isı Adalarının Belirlenmesinde Yer Yüzey Sıcaklık Verilerinin Kullanımı

Müge ÜNAL

Sayfa: 213 - 222

Fotovoltaik Hücrelerin Karakteristik Parametrelerinin Mayıs Sineği Algoritması ile Kestirimi ve İncelenmesi

Burak ARIKAN, Serdar KOÇKANAT

Sayfa: 223 - 235

Dağıtık Üretime Sahip Şebekelerde Yük Karakteristiklerinin Koruma Sistemi Üzerine Etkisinin İncelenmesi

İbrahim EVKAY, Mustafa BAYSAL, Uğur Savaş SELAMOĞULLARI

Sayfa: 236 - 243

Bulgaristan-Türkiye Sınır Bölgesinden Toplanan Topraklarda 137Cs Konsantrasyonu
Selin ÖZDEN

Sayfa: 244 - 250

Kaynak Uygulamaları Sonucunda Gemi Saclarında Meydana Gelen Distorsiyon ve Çarpılmaların
Önlenmesine Yönelik Çalışmalar

Sıtkı ÇİRTLİK

Sayfa: 251 - 257

Çilekte Verim ve Meyve Kalitesi Üzerine Sulama Seviyeleri ile Absisik Asit Uygulamalarının Etkileri
Burçak KAPUR, Eser ÇELİKTOPUZ, Mehmet Ali SARİDAS, Abdul Qaiyom SARWARI

Sayfa: 258 - 266

Bir SCARA Robot Manipülâtörün Konum Kontrolü için SMC Denetleyici Parametrelerini Belirlemeye
Yönelik Arı Algoritması Yaklaşımı

Sinan İLGEN, Akif DURDU, Erdi GÜLBAHÇE, Abdullah ÇAKAN, Mete KALYONCU

Sayfa: 267 - 273

Yoğun Hesaplama ve Zaman Gerektiren İşlemlerin Sunucularda Yapılması
Ramazan AKKURT, Ferhat TÜYSÜZ

Sayfa: 274 - 279

Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Kültürel Miras Alanlarına Etkisi

Yusuf UZUN, Osman GÖZEL

Sayfa: 280 - 284

Üretim Takip Sistemleri ve Kavramsal Veri Analizi ile Dijital Fabrika Oluşumu

Halil KILIÇ, Mustafa TİMUR

Sayfa: 285 - 289

Beyin Cerrahisi İçin Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Gerçekleştirmek

Hasibe Nur KILINÇ, Yusuf UZUN

Sayfa: 290 - 296

Havacılık Öğrencilerinin Eğitimde Motivasyon Düzeylerinin Ölçülmesine Yönelik Bir Araştırma

Harun YILMAZ, Savaş S. ATEŞ

Sayfa: 297 - 305

Türkiye'de COVID-19'un SEIR Temelli Salgın Modellemesi

Kevser ŞAHİNBAŞ, Ferhat ÇATAK

Sayfa: 306 - 310

Uzaktan Öğrenme İçin Bulanık Mantık Tabanlı Materyal Öneri Sistemi

Beyza ESİN ÖZSEVEN, Naim CAGMAN

Sayfa: 311 - 317

İmalat Çeliğinin Açısal Sert Dolgu Prosesinde Artık Gerilmelerin İncelenmesi

Atilla SAVAŞ

Sayfa: 318 - 322

Döküm Kasnakların Tahrikinde Kullanılan V-Kayışlarının Otomatik Soğutulmasının Deneysel
Olarak Araştırılması

Zülküf BALALAN, Mesut KÖSE, Omer EKİNCİ

Sayfa: 323 - 330

Uzay Keşifleri ve Asteroid Madenciliği

Levent ÖZMEN

Sayfa: 331 - 337

Yüzey Kaplama İçin PLC Tabanlı Özel Amaçlı Makina Tasarımı ve Uygulaması

Kenan CAN, Figan DALMIŞ, İbrahim DALMIŞ

Sayfa: 338 - 343

Türkiye'nin Sağlık Turizminde Tercih Edilme Nedenleri Üzerine Bir Çalışma: Medikal Turizm Endeksi

Uygar ÜSTÜN, Yeter DEMİR USLU

Sayfa: 344 - 353

İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS

Çocuklarda Florür alımının Dünya Sağlık Örgütü ve Avrupa Birliği Kılavuzlarına Göre Değerlendirilmesi

Sabiha Zeynep Aydenk KÖSEOĞLU

Sayfa: 354 - 362

MEREC ve WEDBA Yöntemleri ile Bir Lojistik Firmasının Yıllara Göre Performansının Değerlendirilmesi

Melike TOSLAK, Beyza AKTÜRK, Alptekin ULUTAŞ

Sayfa: 363 - 372

Orman Yangınları ve Sonrası: Orman Ekosistem Restorasyonu

Nedim KEMER

Sayfa: 373 - 381

Use of Colors and Music in a Store Atmosphere

Rana ÖZYURT KAPTANOĞLU

Sayfa: 382 - 389

The Assessment and Comparison of Health Information Systems in Turkey and in the World

Menekşe KILIÇARSLAN

Sayfa: 390 - 395

Dünyada ve Türkiye'de Sağlık Hizmetlerinin Dijital Pazarlanması

Menekşe KILIÇARSLAN

Sayfa: 396 - 399

Kendinden Kanatlı (Finli) Borulu Ekonomizerlerin Termal Performansa Etkisi

Ayşegül BALIKCI, Berna ÇERİ, Tarkan KOCA

Sayfa: 400 - 406



Taguchi Yöntemi Kullanılarak Hafif Genleşmiş Kil Üretiminin Optimizasyonu

Özkan Küçük^{1*}, Yunus Uran²

^{1*} Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Müh. Bölümü, Bilecik, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-4337-4454), ozkan.kucuk@bilecik.edu.tr

² Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilecik, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-4712-0849), M.Y.URAN@hotmail.com

(İlk Geliş Tarihi 21 Kasım 2021 ve Kabul Tarihi 25 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1026535)

ATIF/REFERENCE: Küçük, Ö., Uran, Y. (2022). Taguchi Yöntemi Kullanılarak Genleşmiş Kil Üretiminin Optimizasyonu. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (33), 1-9.

Öz

Genleşmiş kil agrega üretiminde, hangi parametrelerin etkili olduğunu bilmek ve bu parametrelerin genleşme üzerinde ne kadar etkili olduğunu belirlemek önemlidir. Bu çalışmada, hafif genleşmiş kil bilyelerinin üretiminin optimum şartlarının Taguchi yöntemi ile belirlenmesi incelenmiş olup, performans değeri olarak genleşme oranı ve pişme kaybı dikkate alınmıştır. Ayrıca bulunan optimum şartlarda su emme oranı ve tane yoğunluğu da analiz edilmiştir. Çalışmada, parametre olarak organik madde yüzdesi (0, 1, 2, 3 ve 4), ön ısıtma sıcaklığı (150, 200, 300, 400 ve 500°C), ön ısıtma süresi (1, 3, 5, 7 ve 9 dakika), sinterleme sıcaklığı (1050, 1100, 1150, 1175 ve 1200°C) ve sinterleme süresi (5, 7, 9, 11 ve 13 dakika) seçilmiş ve deneylerin tümünde tane boyutu 250 µm altı olarak sabit alınmıştır. Buna göre optimum şartlar, organik madde yüzdesi %3, ön ısıtma sıcaklığı 150°C, ön ısıtma süresi 1 dakika, sinterleme sıcaklığı 1200°C ve sinterleme süresi 13 dakika olarak bulunmuştur. Bu şartlarda, tahmin edilen genleşme oranı %4,34 olup, yapılan deneylerde %4,32'lik bir değer, pişirme kaybı için ise tahmin edilen değer %30,30 olup, yapılan deneylerde %31,63'lük bir değer elde edilmiştir. Ayrıca parametrelerin çıktılar üzerindeki yüzde etkileri de hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hafif Genleşmiş Kil, Taguchi Metodu, Optimizasyon, Kil Bilyesi.

Optimizing of Lightweight Expanded Clay Production By Using the Taguchi Method

Abstract

In the production of lightweight expanded clay, it is important to know which parameters are effective and to determine the effect of these parameters on the expansion. In this study, the optimum conditions for the production of slightly expanded clay balls by the Taguchi method were investigated, and the expansion ratio and firing loss were taken into account as performance values. In addition, the water absorption rate and grain density were analyzed under optimum conditions. In the study, organic matter percentage (0, 1, 2, 3 and 4), preheating temperature (150, 200, 300, 400 and 500°C), preheating time (1, 3, 5, 7 and 9 minutes), The sintering temperature (1050, 1100, 1150, 1175 and 1200°C) and sintering time (5, 7, 9, 11 and 13 minutes) were chosen and the grain size was fixed as below 250 µm in all of the experiments. Accordingly, the optimum conditions were found to be organic matter percentage 3%, preheating temperature 150°C, preheating time 1 minute, sintering temperature 1200°C and sintering time 13 minutes. Under these conditions, the estimated expansion rate is 4.34%, a value of 4.32% in the experiments, the estimated value for the cooking loss is 30.30%, and a value of 31.63% was obtained in the experiments. In addition, the percentage effects of the parameters on the outputs were calculated.

Keywords: Lightly Expanded Clay, Taguchi Method, Optimization, Clay Ball.

* Sorumlu Yazar: ozkan.kucuk@bilecik.edu.tr

1. Giriş

Hafif malzemelerin içerisinde basınç mukavemeti en yüksek olanı, geliştirilmiş kilden üretilen hafif yapı malzemesidir. Bazı kil, killi şist ve şeyllerin sinterleşme süreci hızlı olur ve 1100-1300°C derecelere kadar ısıtıldığında genişleşip hacim artışına uğrarlar. Bu özellikleri taşıyan killi şist, kil ve şeyllere genel olarak genişleyen killer denilmektedir. Genleştirilmiş kil elde etmek için hammadde olarak; kumlu kil (Lem, mil), erken sinterleşen kil, killi şist ve şiferton yaygın olarak kullanılmaktadır. Genleştirilmiş kil, dünya piyasasında günümüzde Leca, Liapor ve Keramzit tanımlamaları ile de anılmaktadırlar. Türkiyede ise Lecat olarak isimlendirilmiştir. Şekil 1'de geliştirilmiş kil agregasından örnek gösterilmiştir (Güneş, 2019).

Hafif genişletilmiş kil agregası (LECA), kireç içermeyen veya çok az içerikli özel plastik kilden üretilir. Kil kurutulur, ısıtılır ve döner fırınlarda 1100–1300 °C'de yakılır. LECA, fırın dairesel hareketi nedeniyle neredeyse patates şeklinde veya yuvarlak şekilli, tek tip gözenek yapısına sahip gözenekli seramik üründür. LECA'daki çok sayıda küçük, hava dolu boşluk, hafiflik, termal ve ses yalıtımı özelliklerini verir (Rashad, 2018). Genleştirilmiş hafif kil agregasının üretilmesi 1917 yılında Kansas City'de başlamış olup, ilk standartlara girişi Amerika Birleşik Devletlerinde, sonra da Avrupada olmuştur. Kil bilyeleri yapılar da ısı ve ses yalıtımı, toprak basıncını azaltma, drenaj, dolgu malzemesi olarak, topraksız tarımda, seracılıkta ve peyzaj uygulamalarında tercih edilen bir malzemedir. Genleşmiş kil tanelerinin büyük oranda hava boşluğu içerdiğinden, toprağın havalanmasını ve su geçirgenliğini yüksek olmasını sağlar. Buharlaştırma ile su kayıplarını azaltır. Hastalık taşımaz, barındırmaz. pH değerleri 6.5<pH<8.5 aralığında olduğundan dolayı, bitkiler için uygun bir gelişme ortamı sağlar (LECAT, 2021).

Genleşen killer, ısı ile işlem gördüklerinde, gaz çıkışı ile birlikte hacimleri 5 - 6 kat artar. İçerdikleri gazların çıkışıyla birlikte, yüzeylerinde sinter kabuk oluşmakta, çıkan gazlar bünyede tutulmakta ve gözenekli, hafif, sert ve cürufumsu bir yapıya dönüşmektedirler (Özguven, 2009).

Mineralojik bileşimin en önemli değeri, ısıl işlemin ana aşamalarında faz dönüşümleri de dahil olmak üzere, genişmiş kilin yapı oluşumunun karmaşık fiziko kimyasal sürecini önceden belirlemesi gerçeğinde yatmaktadır. Kimyasal bileşim esas olarak kil hammaddelerinin mineralojik bileşimine bağlıdır. Bu nedenle, her bir bileşenin içeriğinin sınırlarını ve bunların genişleyen ve genişlemeyen kil hammaddelerinin yanı sıra değişen derecelerde genişlemeye sahip hammaddelerin oranlarını belirlemek önemlidir. (Onatskiy, 1987)

Günümüzde, hafif malzemelerin farklı ticari ve endüstri alanlarında tercih edilmesi her geçen gün yaygınlaşmaktadır. İnşaat sektöründe hafif ve gözenekli malzemeler, genellikle hafif yapı elemanlarının imalatında kullanılmaktadır. Ancak, kimyasal bileşimleri ve yapısal form özelliklerinden dolayı, inşaat endüstrisinde farklı alanlarda ve amaçlarda kullanılmaktadır. Mesela, avrupada bir konutun ısıtma maliyeti bize göre 3 kat daha azdır. Bunun nedeni yapılar da hafif yapı malzemesi kullanılmasıdır. Hafif malzemelerin yalıtım özellikleri çok iyi olduğundan enerji tasarrufu sağlamaktadır. (Güneş, 2019)

Dünyada, genişleyen kilden hafif malzeme üreten fabrikaların sayısında ve üretiminde düşüşler görülmesine rağmen, depreme dayanıklı binaların inşası ve enerji tasarrufu amacıyla gelecekte ülkemizin bu konuda bazı çalışmalar yapmalıdır. Türkiye'de genişleyen kil rezervleri oldukça çok bulunmaktadır. Bu nedenle, ülkemizin kil rezerve potansiyeli araştırılmalı, genişleme özellikleri analiz edilmeli, yapısal özellikleri ve endüstriyel olarak kullanılabilirlikleri araştırılmalıdır (Güneş, 2019). Günümüzde Bilecik ilimizin Söğüt ilçesinde geliştirilmiş kil üretimi yapan bir işletme faaliyette bulunmaktadır.

Genleşmiş kil agregaların üretimi, teknik özelliklerinin karşılaştırılması ve yapı malzemesi olarak kullanımı üzerine literatürde birçok çalışma yapılmıştır.

Genişletilmiş kil agregası üretimi için etkin parametrelerin incelenmesi üzerine yapılmış bir çalışmada, farklı parametrelerin üretimi nasıl etkilediğini belirlemek için üç ayrı alandan örnekler kullanılarak genişleme testleri yapılmıştır. Genleşme testlerinde parametre olarak kil tane boyutu, pelet boyutu, fırın sıcaklığı ve pişirme süresi seçilmiştir. Üretim üzerindeki etkileri ayrı ayrı kanıtlanmıştır. Kil boyutunun küçültülmesinin genişleme üzerinde olumlu, pelet boyutunun küçültülmesinin ise olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca fırın içindeki sıcaklık ve kilin fırında kalma süresinin de elde edilen agregası kalitesi için kritik değerler olduğu belirtilmiş ve optimum üretim için şartlar detaylı olarak anlatılmıştır (Ozguven & Gunduz, 2012). Arıöz ve arkadaşları (Arıöz, 2007) yapmış olduğu bir çalışmada, tuğla ve kiremit yapımında kullanılan kilin kömür ile farklı oranlarda karıştırılıp 1000-1200°C arasında ki sıcaklıklarda ısıl işleme tabi tutulması sonucu hafif, geliştirilmiş kil agregaları üretmişler, sonrasında agregaların kitlesel yoğunluk ve su emme özelliklerini belirlemişlerdir. Isıl işlem sıcaklığının ve kömür katkısı miktarının üretilen agregaların özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada (L. Gündüz, Kalkan, Ş. O. & Özguven, A. , 2020) genişleyen kil olarak değerlendirilebilecek en önemli sahalardan biri olan Ankara-Kalecik kil sahasının detaylı arazi ve laboratuvar çalışmaları ile endüstriye kazandırılması amaçlanmış ve katkısız geliştirme deneyleri sonucunda genişleme oranı 6,3 ve agregası birim hacim ağırlığı 291 kg/m³ olan çok kaliteli bir genişleşmiş kil agregası üretiminin mümkün olduğu iddia edilmiştir.

Genleştirilmiş kil agregası ile farklı çimento dozajlarında taşıyıcı hafif beton üretim olanakları ve betonun mekanik ve fiziksel özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, doğal kumun ve geliştirilmiş kil agregasının kullanıldığı beton karışımları tasarlanmıştır. Genleştirilmiş kil agregası ile 1,7 kg/m³ gibi düşük bir yoğunluğa sahip, basınç dayanımı 41,27 MPa olan taşıyıcı hafif beton elde etmenin mümkün olduğu belirlenmiştir. Üretilen hafif beton karışımlarında 450 kg/m³ çimento dozlu betonların en yüksek basınç dayanımı değerlerine sahip olduğu bulunmuştur (Subaşı, 2009). Yapılan bir çalışmada, genişleşmiş kil agregaları ile tasarlanmış geleneksel ve hafif yapı betonları arasındaki dayanım ve elastik özellikleri karşılaştırılmıştır (Dilli, Atahan, & Şengül, 2015). Genleşmiş kil agregası ve silis dumanının hafif betonun özellikleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, araştırmacılar (Ahmad, Chen, & Farasat Ali Shah, 2019) ısı yalıtımı, ısıl kütle ve yapı malzemesi olarak kullanılacak, kendiliğinden akışlı ve enerji verimli hafif agregalı köpük betonun (LAFC) formülasyonu üzerinde yoğunlaşmışlardır.

Bir yapı malzemesi olarak hafif genişleşmiş kil agregası hakkında yapılan bir çalışmada, geleneksel çimento esaslı

malzemelerde ve ayrıca inorganik polimerlerde (jeopolimerler) yapı malzemelerinin bir parçası olarak kullanılmasına odaklanan daha önce yapılmış çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca, LECA beton ve harcının bazı özelliklerini değiştirmek için eklenen çeşitli malzemeler hakkında bilgi verilmiş ve raporlanmıştır (Rashad, 2018). Piero vd. kendiliğinden şişmeyen killerden hafif beton için genişlemiş kil agregası üretimi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır (Pioro & Pioro, 2004). Genleşmiş kil agregalı kendiliğinden yerleşen hafif beton üretiminin incelendiği bir çalışmada, hafif agregalı betonun (SCLC) kendi kendine yerleşebilirliği analiz edilmiş ve formülasyonu için izin verilen sınırlar önerilmiştir. SCLC'nin normal titreşimli hafif betona göre daha iyi performans gösterdiği bulunmuştur. (Bogas, Gomes, & Pereira, 2012)

Genleşmiş kilin kullanıldığı diğer bir incelemede, genleşmiş kil granüllerinin birleştirilmiş gözenekli örneklerinin akustik ve akustik olmayan özelliklerinin sistematik bir çalışması sunulmuş ve parçacık boyutunun konsolide genleşmiş killerin akustik performansı üzerindeki etkisi deneysel ve teorik olarak araştırılmıştır (Vašina, Hughes, Horoshenkov, & Lapčík, 2006).

Nkansah vd. PAH'ların (fenantren, floranten ve piren) sudan uzaklaştırılması için bir sorbent olarak hafif genişletilmiş kil agregasının (LECA) kullanımını araştırmışlardır. Araştırmacılar LECA'nın, sulu PAH'ların uzaklaştırılması için alternatif bir yöntem olarak kullanılabilirliğini belirtmişlerdir (Nkansah, Christy, Barth, & Francis, 2012).

Genleştirilmiş killer yapay bir madde olup, doğada genleşmiş halde bulunmazlar. Doğada bulunan her kil genleşmez. Genleşen kil üretmek için kullanılan ham maddeler erken sinterleşen kil, kumlu kil, killi şist, şeyl ve şifertondur (Devecioğlu, 2012). Ayrıca, genleşen kil yapımı sırasında, genleşmeyi arttırmak ve hızlandırmak için, motorin, kok kömürü, alçı, pirit, limonit, kireç gibi maddeler katılmaktadır (L. Gündüz, Şapçı, N., Bekar, M., 2006).

Yapmış olduğumuz mevcut çalışmamızda katkı maddesi olarak organik bir madde kullanılarak üretilen genleşmiş kil bilyelerinin, genleşme oranı ve pişme kaybı için optimum şartları belirlenerek, bu şartlardaki tane yoğunluğu ve su emme oranı da tespit edilmiştir. Tüm bu optimizasyon işlemlerinde Taguchi yöntemi kullanılmıştır. Yapılan literatür incelemesinde, genleşmiş kil üretiminin optimizasyonunda Taguchi yönteminin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısıyla bu çalışma bu açıdan bir ilk olduğu ve bundan sonra yapılacak optimizasyon çalışmalarına ışık tutacağı kanaatindeyiz.

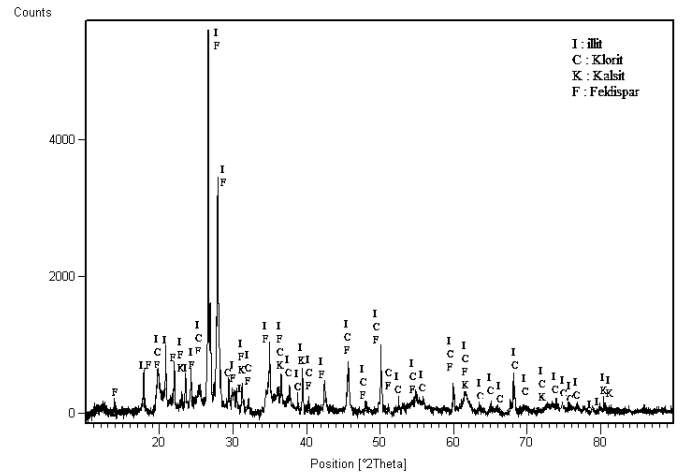
2. Materyal ve Metot

2.1. Materyallerin Hazırlanışı

Bu çalışmada kullanılan kil örnekleri, Söğüt Toprak Madencilik A.Ş. şirketine ait kil ocağından temin edilmiştir. Kullanılan kilin kimyasal analizleri XRF cihazı ile yapılmış olup Tablo 1 de ve XRD grafiği ise şekil 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Kil'in Kimyasal Analizi (Table 1. Chemical Analysis of Clay Used in the Study)

Bileşik	Yüzde (%)
Ateşte kayıp: LOI	6,387
NiO	0,043
CuO	0,026
BaO	0,402
Fe ₂ O ₃	5,601
ZrO ₂	0,048
CaO	2,407
ZnO	0,024
SrO	0,015
TiO ₂	1,292
Al ₂ O ₃	16,885
SiO ₂	59,966
MnO	0,128
MgO	1,501
K ₂ O	1,438
Na ₂ O	3,362
P ₂ O ₅	0,343
SO ₃	0,211



Şekil 1. Çalışmada Kullanılan Kil'in XRD Grafiği (Figure 1. XRD Graph of Clay Used in the Study)

Kil numunesi önce etüvde kurutulmuş ve 250 mikron altında olacak şekilde halkalı öğütücüde öğütülmüştür. Ayrıca organik madde olarak kullanılan katkı maddesi de aynı şekilde halkalı öğütücüde 250 mikron altına düşürülmüştür. Kil ve organik madde belli oranlarda %23 rutubet içerecek şekilde karıştırılmış ve 5 ayrı karışım hazırlanmış olup, Tablo 2 de verilmektedir.

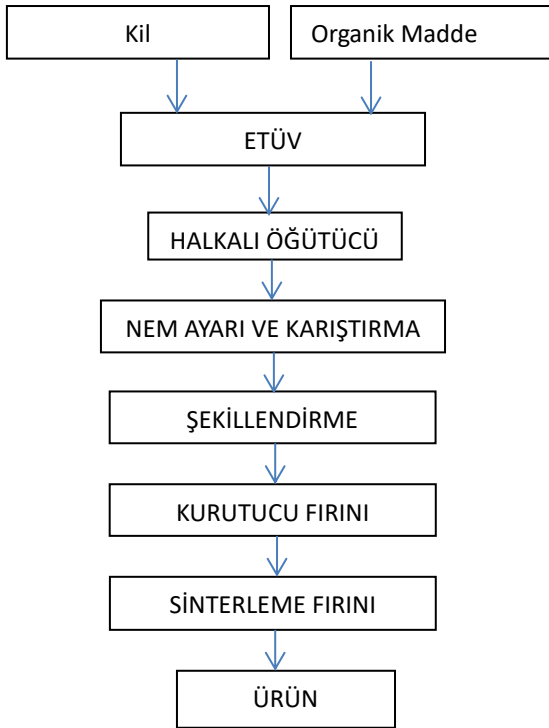
Tablo 2. Kil ve Organik Madde Karışım Oranları (Table 2. Clay and Organic Matter Mixing Ratios)

1.KARIŞIM	%100 Kil + %0 Organik Madde
2.KARIŞIM	%99 Kil + %1 Organik Madde
3.KARIŞIM	%98 Kil + %2 Organik Madde
4.KARIŞIM	%97 Kil + %3 Organik Madde
5.KARIŞIM	%96 Kil + %4 Organik Madde

Daha sonra bu karışımlar kullanılarak 8mm lik peletler oluşturulmuştur. Bu oluşturulan peletler farklı sıcaklık ve sürelerde önce kurutma işlemine tabi tutulmuş, ardından sinterleme işlemi yapılarak hafif genleşmiş kil üretimi tamamlanmıştır.

Genleşmiş kil bilyesi üretim aşamalarını gösteren akım şeması şekil 2 de ve tüm deneylerin sonucunda üretilen killer ise şekil 3 de verilmektedir.

Elde edilen genleşmiş kil numunelerinde tane yoğunluğu, pişme kaybı, genleşme oranı ve su emme oranı analizleri yapılmıştır. Daha sonra elde edilen değerler kullanılarak, optimum parametre seviyeleri Taguchi Metodu ile tespit edilmiştir.



Şekil 2. Genleştirilmiş Kil Bilyesi Üretimi Akım Şeması (Figure 2. Expanded Clay Ball Production Flow Chart)

Numunelerin tane yoğunlukları Arşimet prensibine göre, piknometre kullanılarak ölçülmüş ve aşağıdaki formülden hesaplanmıştır.

$$\rho = \frac{C-A}{[B+(C-A)]-D} \quad (1)$$

Burada; A: piknometrenin boş ağırlığı, B: su dolu piknometrenin ağırlığı, C: Piknometre + numune ağırlığı, D: piknometre + su + numune ağırlığı'dır.

Herbir sıcaklıktaki numuneler için %genleşme miktarı ise aşağıdaki formülden hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Genleşme} = \left(\frac{R1/2}{R2/2} \right)^3 \quad (2)$$

Burada R1: Peletlerin fırına girmeden önceki çapı, R2: Peletlerin şişme sonrası çapı'dır.

Pişme Kaybı,

e-ISSN: 2148-2683

$$\% \text{Pişme Kaybı} = \frac{m-m_1}{m} \times 100 \quad (3)$$

formülü ile hesaplanmıştır. Burada; m, fırına konmadan önce ham peletlerin kütlesi ve m₁ fırından çıkartılan genleşmiş kil ölçüldükten sonrakikütlesi'dir.

Su emme oranının (W) hesaplanmasında, önce kuru genleşmiş kil numuneleri tartılmış (M₁), daha sonra genleşmiş kil numunesi 24 saat suya daldırılıp bekletilmiş ve tekrar tartılmıştır(M₂). Su emme oranı (W), 24 saatlik daldırmadan sonra, su emme yüzdesi olarak aşağıdaki formülden hesaplanmıştır.

$$W = \frac{100 \times (M_2 - M_1)}{M_1} \quad (4)$$

2.2. Taguchi Metodu

Endüstriyel süreçlerin optimizasyonunda, iyi planlanmış ve analiz edilmiş ön üretim deneyleri, ürünlerin kalitesini iyileştirmede ve maliyeti en aza indirmede, analizi sağlıklı yapabilmek için önemli katkı sağladığından dolayı istatistiksel deney tasarımları kullanılmaktadır. Zaman alıcı ve maliyetli olan klasik deney tasarımında; bir faktörün etkisi incelenirken, incelenen faktör dışındaki tüm faktörler sabit tutulup, sadece araştırılan faktör değiştirilmektedir. Oysa, istatistiksel deney tasarımında, birçok faktörün aynı anda sistematik olarak değişimi sözkonusudur. Faktörlerin etkileri iyi bir şekilde incelendiğinde, sürecin kontrolü için uygun adımlar atılabilir(Şirvancı, 1997). İstatistiksel deney tasarım yöntemlerinden biri olan Taguchi Yöntemi, en az deney yaparak maliyetleri en düşük seviyede tutma prensibine dayanan bir yöntemdir(Taguchi, 1987). Bu yöntemin diğer istatistiksel deney tasarım yöntemlerinden farkı; bir deneyi etkileyen parametreleri, kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen olmak üzere iki grupta incelemeye imkân sağlamasıdır. Genellikle ürün veya sürecin her birinin performans karakteristiği nominal değer veya hedef değere sahip olmalıdır. Amaç, bu hedef değer etrafındaki değişkenliği azaltmaktır. Deneysel verilerden belirlenecek optimum çalışma şartları, farklı ortamlarda veya farklı zamanlarda, her zaman aynı veya birbirine yakın performans değerini verebilmelidir. Bunun için kullanılacak optimizasyon kriteri, Taguchi'ye göre performans istatistiğidir. Parametrelerin optimum şartlarının bulunmasında aşağıdaki performans istatistiği formülleri kullanılmaktadır(Küçük, 2005).

Daha büyük daha iyi;

$$SN_L = -10 \text{Log} \left(\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{1}{y^2} \right) \quad (5)$$

Daha küçük daha iyi;

$$SN_S = -10 \text{Log} \left(\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n y^2 \right) \quad (6)$$

Burada n: deney tekrar sayısı, y: parametrenin deneysel olarak bulunan değeridir(burada y: genleşme oranı veya pişme kaybı vs. dir). Eğer bir araştırmada, hedef maksimum değere ulaşmaksa, SN_L değerini maksimum yapan parametre seviyeleri optimumdur. Eğer amaç minimum değeri yakalamaksa SN_S'yi maksimum yapan parametre seviyeleri optimumdur (Montgomery, 1991). Taguchi yönteminde tespit edilen optimum çalışma şartlarını veren performans değeri,

$$Y_{it} = \mu + X_i + e_i \quad (7)$$

eşitliği yardımı ile tahmin edilir. Burada Y_{it} : i. deneyin tahmin edilen performans değeri, X_i : i. deneyde kullanılan parametre seviyelerinin toplam etkinlik boyutu, μ : ortalama ve e_i : deneysel hatadır.

Eşitlik 73, ilave modelin uygun olup olmadığını belirlemek için deneysel verileri kullanarak hesaplanan bir tahmindir. Bu yüzden tahmini hata için güven sınırları belirlenmelidir (Phadke, 1989). Tahmini hata, gözlenen Y_{it} ile tahmin edilen Y_{it} arasındaki farktır. Tahmini hata için güven aralığı (Se) aşağıdaki eşitlikler yardımı ile bulunur.

$$S_e = \pm 2 \sqrt{\left(\frac{1}{n_0}\right) \sigma_e^2 + \left(\frac{1}{n_r}\right) \sigma_e^2} \quad (8)$$

$$\sigma_e^2 = \frac{\text{Hata kareleri toplamı}}{\text{Hata için serbestlik derecesi}} \quad (9)$$

$$\frac{1}{n_0} = \frac{1}{n} + \left[\frac{1}{n_{A_i}} - \frac{1}{n}\right] + \left[\frac{1}{n_{B_i}} - \frac{1}{n}\right] + \left[\frac{1}{n_{C_i}} - \frac{1}{n}\right] + \dots \quad (10)$$

Burada; Se güven aralığı, n yapılan toplam deney sayısı, n_r teyit deneyinin tekrar sayısı ve n_{A_i} , n_{B_i} , n_{C_i} , ... A, B, C parametrelerinin i. seviyelerinin sayısıdır. Eğer tahmini hata, bu sınırlar dışında ise, bu modelin uygun olmadığı farz edilir (Phadke, 1989).

Doğrulama deneyi, kontrol parametreleri arasındaki etkileşimlerin varlığını tespit etmek için güçlü bir araçtır. Optimum koşullar altında tahmin edilen yanıt, gözlemlenen yanıtla eşleşmiyorsa, etkileşimlerin önemli olduğu anlamına gelir. Öngörülen yanıt, gözlemlenen yanıtla eşleşirse, etkileşimlerin muhtemelen önemli olmadığı ve toplamsal modelin iyi bir yaklaşım olduğu anlamına gelir (Phadke, Kackar, Speeney, & Grieco, 1983).

2.3. Parametrelerin genleşme oranı ve pişme kaybı üzerine etkileri

Bu çalışmada kullanılan parametre sayısı 5 ve her bir parametre için seviye sayısı da 5 olarak alınmış ve L_{25} (5^5) Taguchi faktöriyel fraksiyonel deney tasarımı planı yapılmış olup, parametreler ve seviyeleri Tablo 3 de, deney planı ve araştırma sonuçları tablo 4 de verilmiştir.

Tablo 3. Tasarımın parametre ve seviyeleri (Table 3. Parameters and levels of design)

	Parametreler	Seviyeler				
		1	2	3	4	5
A	Organik Madde (%)	0	1	2	3	4
B	Ön Isıtma Sıcaklığı (°C)	150	200	300	400	500
C	Ön Isıtma Süresi (Dakika)	1	3	5	7	9
D	Sinterleme Sıcaklığı (°C)	1050	1100	1150	1200	1175
E	Sinterleme Süresi (Dakika)	5	7	9	11	13

Tablo 4. Tasarımın deney planı ve sonuçları (Table 4. Experiment plan and results of the design)

Deney No	A	B	C	D	E	Pişme Kaybı (%)	Genleşme Oranı (%)	Tane Yoğunluğu	Su emme oranı
1	1	1	1	1	1	27	0.670	1.532	13.00
2	1	2	2	2	2	27	0.670	1.481	8.390
3	1	3	3	3	3	23	0.670	1.469	7.640
4	1	4	4	4	4	25	1.000	1.576	6.660
5	1	5	5	5	5	27	0.670	1.369	7.190
6	2	1	2	3	4	28	1.424	0.880	6.130
7	2	2	3	4	5	29	1.424	0.713	3.730
8	2	3	4	5	1	29	0.670	1.770	11.00
9	2	4	5	1	2	26	1.000	1.890	12.14
10	2	5	1	2	3	29	1.000	1.693	11.94
11	3	1	3	5	2	30	1.953	0.810	9.830
12	3	2	4	1	3	29	1.953	0.650	13.35
13	3	3	5	2	4	29	0.670	1.620	9.590
14	3	4	1	3	5	30	2.600	0.670	7.350
15	3	5	2	4	1	27	0.670	1.559	5.440
16	4	1	4	2	5	29	2.600	0.700	10.32
17	4	2	5	3	1	30	4.291	0.640	9.400
18	4	3	1	4	2	30	3.375	0.590	3.430
19	4	4	2	5	3	27	1.0000	1.268	15.23
20	4	5	3	1	4	28	1.0000	1.549	13.18
21	5	1	5	4	3	28	4.2910	0.530	2.240
22	5	2	1	5	4	23	2.5996	0.750	8.230
23	5	3	2	1	5	30	1.1289	0.870	12.68
24	5	4	3	2	1	27	0.6699	1.435	12.63
25	5	5	4	3	2	27	0.6699	1.496	6.430

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Üretilen Genleşmiş Killer ve Özellikleri

Çalışmalar sonucunda üretilen genleşmiş kil numuneleri şekil 3 de ve XRF ile yapılan kimyasal analiz sonuçları Tablo 5 de verilmiştir. Burada eser miktarda bulunan elementler analiz edilmemiştir. Ayrıca her bir deneyde elde edilen genleşmiş kilin tane yoğunluğu 530 kg/m^3 ila 1890 kg/m^3 aralığında değişmekte olup, optimum şartlardaki tane yoğunluğu 702 kg/m^3 olarak bulunmuştur.

Tablo 5. Çalışmada Üretilen Genleşmiş Kil'in Kimyasal Analizi (Table 5. Chemical Analysis of Expanded Clay Produced in the Study)

Bileşik	Yüzde (%)
Ateşte kayıp: LOI	0,09
Fe ₂ O ₃	7,19
CaO	3,09
TiO ₂	1,00
Al ₂ O ₃	17,46
SiO ₂	63,60
MgO	2,02
K ₂ O	2,92
Na ₂ O	0,86



Şekil 3. Deneyler sonucunda üretilmiş genleşmiş kil bilyeleri (Figure 3. Expanded clay balls produced as a result of experiments)

3.1. İstatistiksel Hesaplamalar

İstatistiksel hesaplamaların ve analizlerin yapılmasında MINITAB 17 paket programından yararlanılmıştır. Hafif genleşmiş kil üretiminde genleşme oranı ve pişme kaybını maksimum yapan parametre seviyelerinin bulunmasında (5) numaralı eşitlik kullanılmıştır. Genleşme oranı ve pişme kaybını maksimum yapan parametre seviyelerini tespit etmek için Tablo 4 deki değerler kullanılarak (5) nolu eşitlikten SN_L değerleri bulunmuştur. Bu SN_L değerleri yardımıyla parametre seviyeleri için marjinal ortalama performans istatistiği değerleri (SN_{ort}) hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 4 ve 5 de grafik olarak verilmiştir. SN_{ort} değerini maksimum yapan parametre seviyelerine ait performans değerini tahmininde (7) nolu eşitlik kullanılmıştır.

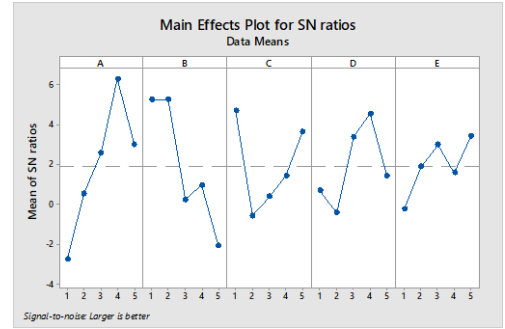
Şekil 4 incelendiğinde SN_{ort} değerini maksimum yapan parametre seviyeleri, A₄, B₁, C₁, D₄ ve E₅ olduğu görülmektedir. Dolayısıyla genleşme oranını maksimum yapan parametre değerleri A₄, B₁, C₁, D₄ ve E₅ olacaktır. Buna göre optimum

şartlar; organik madde miktarı için %3, ön ısıtma sıcaklığı için 150°C , ön ısıtma süresi için 1 dakika, sinterleme sıcaklığı için 1200°C ve sinterleme süresi için 13 dakika olarak bulunmuştur. Optimum şartlar altında tahmin edilen genleşme oranı 4,34 ve deneysel olarak bulunan değerde 4,32'dir.

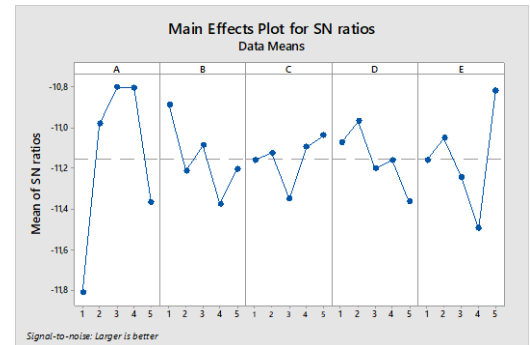
Şekil 5 incelendiğinde SN_{ort} değerini maksimum yapan parametre seviyeleri, A₄, B₁, C₅, D₂ ve E₅ olduğu görülmektedir. Dolayısıyla pişme kaybını maksimum yapan parametre değerleri A₄, B₁, C₅, D₂ ve E₅ olacaktır. Buna göre optimum şartlar; organik madde miktarı için %3, ön ısıtma sıcaklığı için 150°C , ön ısıtma süresi için 9 dakika, sinterleme sıcaklığı için 1100°C ve sinterleme süresi için 13 dakika olarak bulunmuştur. Optimum şartlar altında tahmin edilen pişme kaybı %31,6 ve deneysel olarak bulunan değerde %30,3 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca pişme kaybını, genleşme oranının optimum olduğu şartlar (A₄, B₁, C₁, D₄ ve E₅) için değerlendirdiğimizde tahmin edilen pişme kaybı %30,7 ve deneysel olarak bulunan değerde %27,8 olarak bulunmuştur.

Çalışmada kullanılan parametrelerin optimum seviyeleri ve bu seviyelere ait sayısal değerler ve alternatif çalışma şartları Tablo 6'de verilmiştir.

Tablo 6'de verildiği gibi genleşme oranını maksimum yapan parametre değerleri, pişme kaybı için de alternatif bir şart olarak da düşünülebilir. Burada pişme kaybı için 2.durum ile alternatif olan 3.durum hemen hemen aynı güven aralığı içinde kaldığından genleşme oranı için bulunan A₄, B₁, C₁, D₄ ve E₅ optimum şartları pişme kaybı içinde kabul edilerek, her iki performans değeri için optimum şart A₄, B₁, C₁, D₄ ve E₅ olarak alınabilir. Bu optimum şartlarda üretilen genleşmiş kil bilyelerinin tane yoğunluğu ve su emme yüzdeleri de araştırılmış olup, tane yoğunluğu 702 kg/m^3 su emme yüzdesi 6,45 olarak bulunmuştur.



Şekil 4. Genleşme Oranı için parametre seviyelerine göre SN_{ort} değerleri (Figure 4. SN_{ort} values according to parameter levels for Expansion Rate)



Şekil 5. Pişme kaybı için parametre seviyelerine göre SN_{ort} değerleri (Figure 5. SN_{ort} values according to parameter levels for Cooking loss)

Tablo 6. Deneylerde optimum çalışma şartları, gözlemlenen ve tahmin edilen genleşme oranı ve pişme kaybı (Table 6. Optimum working conditions, observed and predicted expansion rate and cooking loss in the experiments)

Parametreler	Genleşme Oranı İçin		Pişme Kaybı İçin			
	1.Durum*		2.Durum**		3. Durum***	
	Değer	Seviye	Değer	Seviye		
A: Organik Madde (%)	3	4	2	3	3	4
B: Ön Isıtma Sıcaklığı (°C)	150	1	150	1	150	1
C: Ön Isıtma Süresi (Dakika)	1	1	9	5	1	1
D: Sinterleme Sıcaklığı (°C)	1200	4	1100	2	1200	4
E: Sinterleme Süresi (Dakika)	13	5	13	5	13	5
Gözlemlenen değer (%)	4,32		%30,30		%27,80	
Tahmin edilen değer (%)	4,34		%31,63		%30,70	
Güven aralığı (%), Se	3,22-5,46		28,45-34,81		27,52-33,88	

*Genleşme oranı için SN_L değerlerine göre optimum şartlar
 ** Pişme Kaybı için SN_L değerlerine göre seçilen optimum şartlar
 *** Pişme Kaybı için Alternatif bir çalışma şartı

Tablo 7. Optimizasyon deneyi için varyans analizi (Genleşme Oranı için) – (Table 7. Analysis of variance for optimization experiment (for Expansion Ratio))

Parametreler	Serbestlik Derecesi SD _i	Kareler Toplamı SS _i	Kareler Ortalaması MS _i	F _{Deneyisel}	Etkinlik (%)
A Organik Madde (%)	4	17,8160	4,45399	20,20	32,41
B Ön Isıtma Sıcaklığı (°C)	4	15,2114	3,80286	17,25	27,68
C Ön Isıtma Süresi (Dakika)	4	11,7257	2,93141	13,30	21,34
D Sinterleme Sıcaklığı (°C)	4	8,7973	2,19933	9,98	16,01
E Sinterleme Süresi (Dakika)	4	1,4143	0,35356	1,60	2,57
Hata	29	6,3938	0,22048	-	-
Toplam	49	61,3585	-	62,33	-

$$F_{\text{Tablo}(4.29)_{0,95}}=2,70, F_{\text{Tablo}(4.29)_{0,99}}=4,05$$

Tablo 8. Optimizasyon deneyi için varyans analizi (Pişme Kaybı için) – (Table 8. Analysis of variance for optimization experiment (for Cooking Loss))

Parametreler	Serbestlik Derecesi SD _i	Kareler Toplamı SS _i	Kareler Ortalaması MS _i	F _{Deneyisel}	Etkinlik (%)
A Organik Madde (%)	4	72,992	18,2479	10,25	59,56
B Ön Isıtma Sıcaklığı (°C)	4	13,233	3,3083	1,86	10,81
C Ön Isıtma Süresi (Dakika)	4	4,878	1,2194	0,68	3,95
D Sinterleme Sıcaklığı (°C)	4	7,809	1,9523	1,10	6,39
E Sinterleme Süresi (Dakika)	4	23,618	5,9044	3,32	19,29
Hata	29	51,639	1,7807		
Toplam	49	174,168			

$$F_{\text{Tablo}(4.29)_{0,95}}=2,70, F_{\text{Tablo}(4.29)_{0,99}}=4,05$$

Parametrelerin etkin olup olmadıkları, deneysel olarak bulunan $F_{\text{Deneyisel}}$ değeri ile F_{Tablo} değerlerinin karşılaştırılmasıyla tespit edilmiştir. Eğer $F_{\text{Deneyisel}} > F_{\text{Tablo}}$ ise, ilgili parametre performans değeri üzerinde etkindir. Eğer $F_{\text{Deneyisel}} < F_{\text{Tablo}}$ ise parametre performans değeri üzerinde etkin değildir. Tasarım deneyleri için yapılan varyans analizleri genleşme oranı için Tablo 7’de, pişme kaybı için ise Tablo 8’de verilmektedir.

Tablo 7 incelendiğinde sinterleme süresi dışındaki tüm parametrelerin $F_{\text{Deneyisel}}$ değerlerinin F_{Tablo} değerlerinden büyük olduğu görülmektedir. Bu da optimizasyondaki seçilen sinterleme süresi dışındaki tüm parametrelerin, performans değeri üzerinde oldukça etkili olduğu anlamına gelmektedir. Her bir parametrenin etkinliği $F/\Sigma F$ denklemden yaklaşık olarak belirlenmiştir. (Levent, Kaya, Kocakerim, Yiğit, &

Küçük, 2007). Burada en etkin parametrenin organik madde miktarının olduğu açıkça görülmektedir.

4. Sonuç

Mevcut çalışmadan çıkan başlıca sonuçlar şunlardır:

Hafif Genleşmiş kil üretiminde genleşme oranı üzerinde etkili olan parametreler etkinlik düzeyine göre sırasıyla organik madde, ön ısıtma sıcaklığı, ön ısıtma süresi, sinterleme sıcaklığıdır. Sinterleme süresinin etkin olmadığı söylenebilir.

Hafif Genleşmiş kil üretiminde pişme kaybı üzerinde etkili olan parametreler ise etkinlik düzeyine göre sırasıyla organik madde, sinterleme süresi, ön ısıtma sıcaklığı, sinterleme sıcaklığı ve ön ısıtma süresidir. Ön ısıtma süresi %99 güven seviyesinde etkin olmayıp, %95 güven seviyesinde ise çok az etkilidir.

Seçilen parametre değerleri dahilinde optimum koşullar, organik madde miktarı için %3, ön ısıtma sıcaklığı için 150°C, ön ısıtma süresi için 1 dakika, sinterleme sıcaklığı için 1200°C ve sinterleme süresi için 13 dakikadır. Bu koşullar altında genleşme oranı 4,32, pişme kaybı %27,80, tane yoğunluğu 702 kg/m³, su emme yüzdesi 6,45 olarak bulunmuştur (Tablo 6).

Öngörülen ve gözlenen değerler birbirine çok yakındır ve toplamsal modelin üretim sürecinin çeşitli parametrelere bağımlılığını açıklamak için yeterli olduğu sonucuna varılabilir.

Laboratuvar ortamında Taguchi yöntemi ile belirlenen optimum koşullar gerçek üretim ortamlarında da tekrarlanabilir olduğundan; bu çalışmanın bulguları endüstriyel ölçekte işleme için çok faydalı olabilir.

5. Teşekkür

Bu çalışmanın yapılmasında malzeme temini sağladığı ve laboratuvar imkânlarını sunduğu için Söğüt Toprak Madencilik şirketine teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Ahmad, M. R., Chen, B., & Farasat Ali Shah, S. (2019). Investigate the influence of expanded clay aggregate and silica fume on the properties of lightweight concrete. *Construction and Building Materials*, 220, 253-266. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.171
- Ariöz, Karasu, B., Kılınç, K., Kaya, G., Arslan, G., Tuncan, M., Tuncan, A. & Kıvrak, S. (2007). Production of Expanded Clay Aggregate by The Use of Coal. Paper presented at the The IV. Ceramic, Glass, Enamel, Glaze and Pigment Seminar with International Participation (SERES 2007), 1054-1062, Eskisehir, Turkey.
- Bogas, J. A., Gomes, A., & Pereira, M. F. C. (2012). Self-compacting lightweight concrete produced with expanded clay aggregate. *Construction and Building Materials*, 35, 1013-1022. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.111
- Devocioğlu, A. G. (2012). Kitre Katkılı Genleştirilmiş Kil Agregalı Betonların Isıl Ve Mekanik Özelliklerinin Analizi. (Doktora Tezi), Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye.
- Dilli, M. E., Atahan, H. N., & Şengül, C. (2015). A comparison of strength and elastic properties between conventional and

lightweight structural concretes designed with expanded clay aggregates. *Construction and Building Materials*, 101, 260-267.

doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.080

- Gündüz, L., Kalkan, Ş. O. & Özgüven, A. . (2020). Genleşmiş Kil Agregaların Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması Üzerine Bir Çalışma Ankara Kalecik Bölgesi Örneği. *Hazır Beton*, 157, 65-72.
- Gündüz, L., Şapçı, N., Bekar, M. (2006). Utilization of expanded clay as lightweight aggregate. *Journal of Clay Science and Technology*, 1(2), 43-49.
- Güneş, O. (2019). Genleştirilmiş Kil Agregası İle Taşıyıcı Hafif Beton Üretimi. (Yüksek Lisans Tezi), Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kütahya.
- Küçük, Ö., Kocakerim, M.M., Çopur, M. & Yartaşı, A. (2005). Optimization Of Dissolution Of Ulexite In (NH₄)₂SO₄ Solutions. *Canadian Metallurgical Quarterly*, 44(1), 53-58. doi:https://doi.org/10.1179/cm.2005.44.1.53
- LECAT. (2021). Söğüt Toprak Madencilik A.Ş. Retrieved from https://lecat.com.tr/lecat-nedir
- Levent, M., Kaya, Ö., Kocakerim, M., Yiğit, V., & Küçük, Ö. (2007). Optimization of desulphurization of Artvin–Yusufeli lignite with acidic hydrogen peroxide solutions. *Fuel*, 86(7), 983-992. doi:https://doi.org/10.1016/j.fuel.2006.10.010
- Montgomery, D. C. (1991). *Design and Analysis of Experiments*, . ABD: John Wiley & Sons Inc.
- Nkansah, M. A., Christy, A. A., Barth, T., & Francis, G. W. (2012). The use of lightweight expanded clay aggregate (LECA) as sorbent for PAHs removal from water. *Journal of Hazardous Materials*, 217-218, 360-365. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.03.038
- Onatskiy, S. P. (1987). *Expanded Clay Production: 3rd ed., rev. and add*, M., Stroyizdat Publ., 1987, p. 333 (in Russian).
- Ozguven, A., & Gunduz, L. (2012). Examination of effective parameters for the production of expanded clay aggregate. *Cement and Concrete Composites*, 34(6), 781-787. doi:https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2012.02.007
- Özgüven, A. (2009). Genleşen Kil Agregası Üretimi Ve Endüstriyel Olarak Değerlendirilmesi. (Doktora), Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği. (237301)
- Phadke, M. S. (1989). *Quality engineering using robust design*, . Prentice Hall, New Jersey, 61-292.
- Phadke, M. S., Kackar, R. N., Speeney, D. V., & Grieco, M. J. (1983). Off-line quality control in integrated circuit fabrication using experimental design. *The Bell System Technical Journal*, 62(5), 1273-1309. doi:10.1002/j.1538-7305.1983.tb02298.x
- Piolo, L. S., & Piolo, I. L. (2004). Production of expanded-clay aggregate for lightweight concrete from non-selfbloating clays. *Cement and Concrete Composites*, 26(6), 639-643. doi:https://doi.org/10.1016/S0958-9465(03)00103-3
- Rashad, A. M. (2018). Lightweight expanded clay aggregate as a building material – An overview. *Construction and Building Materials*, 170, 757-775. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.009
- Subaşı, S. (2009). Production of structural lightweight concrete with expanded clay aggregate. *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ*, 24(3), 559-567.
- Şirvancı, M. (1997). *Kalite için deney tasarımı “Taguchi Yaklaşımı”*. İstanbul: Literatür Yayıncılık.

- Taguchi, G. (1987). *System of Experimental Design, Quality Resources: (Vol. 1)*. New York.
- Vašina, M., Hughes, D. C., Horoshenkov, K. V., & Lapčík, L. (2006). The acoustical properties of consolidated expanded clay granulates. *Applied Acoustics*, 67(8), 787-796. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2005.08.003>



Derin Öğrenme Algoritmalarının GPU ve CPU Donanım Mimarileri Üzerinde Uygulanması ve Performans Analizi: Deneysel Araştırma

Tuğba Saray Çetinkaya^{1*}, Ahmet Sertbaş²

^{1*} İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul Meslek Yüksek Okulu, Bilişim Güvenliği Teknolojisi Programı, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-1639-553X), tsaray@gelisim.edu.tr

² İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8166-1211), asertbas@iuc.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 20 Mayıs 2021 ve Kabul Tarihi 19 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.937936)

ATIF/REFERENCE: Çetinkaya Saray, T. & Sertbaş, A. (2022). Derin Öğrenme Algoritmalarının GPU ve CPU Donanım Mimarileri Üzerinde Uygulanması ve Performans Analizi: Deneysel Araştırma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 10-19.

Öz

Günümüzde hızla gelişen teknolojiyle verilerin çeşitliliği ve boyutu artmaktadır. Bu artış bilgisayar mimarisinde farklı tasarımları ortaya çıkarmıştır. CPU ve GPU mimarileri üzerlerinde bulunan çekirdek sayıları uygulama anında sonuca ulaşmada çözümler sağlayabilmektedir. Yazılım geliştirmesi yapılırken işlem performansı ve güç tüketimine dikkat edilmelidir. CPU'lar GPU'lardan daha uzun işlem süresi ile uygulamaları yürütmektedir. Bu süre performans sırasında harcanan gücü doğru orantılı etkilemektedir. GPU'lar derin öğrenme algoritmalarında CPU'lardan daha hızlı ve başarılı sonuçlar vermektedir. Öğrenme aşamasındaki en önemli kriter olan veri setinin büyüklüğü ve çeşitliliği öğrenme başarısını aynı oranda artırmaktadır. Bu çalışmada farklı mimariye sahip işlemciler üzerinde veri seti büyüklüğü ve işlem süresi kriterleri göz önünde bulundurularak uygulamalar yapılmıştır. Yapılan uygulamalarda GPU mimarilerinde harcanan güç seviyesi ölçülmüştür. Farklı büyüklüğe sahip 3 veri seti üzerinde CNN, RNN ve LSTM derin öğrenme algoritmaları uygulanmıştır. 6 farklı deney yapılarak performans ve enerji tüketimi konularında tespitler ve performans karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar ile algoritmalar üzerinde çalışmalar yapılırken süre ve enerji kriterleri baz alınmıştır. Bulgular derin öğrenme algoritmalarının yüksek doğrulukta GPU sistemlerinde tahmin edilmesinde yardımcı bir araç olarak kullanılabilirliği yönündedir. Araştırmanın sonuçları CPU ve GPU sistemleri ile enerji ve süre açısından önemli bilgiler içermesinin yanı sıra, gelecekte farklı sektörlerde uygulanması açısından değer taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Derin Öğrenme, GPU, CPU, Bilgisayar Mimarisi, Performans Analizi.

Application of Deep Learning Algorithms to GPU and CPU Hardware Architectures and Performance Analysis: Experimental Research

Abstract

Nowadays, the variety and volume of data is increasing with the rapidly developing technology. This increase has led to different designs in computer architecture. The number of cores on CPU and GPU architectures can provide solutions to achieve the result at the time of application. When developing software, attention should be paid to processing performance and power consumption. CPUs run applications with a longer processing time than GPUs. This time directly affects power consumption during performance. GPUs produce faster and more successful results than CPUs for Deep Learning algorithms. The size and diversity of the dataset, which is the most important criterion in the learning phase, increases the learning success to the same extent. In this study, applications were performed on processors with different architectures considering the criteria of dataset size and processing time. In the applications, the power consumption of GPU architectures is measured. CNN, RNN and LSTM deep learning algorithms are

* Sorumlu Yazar: tsaray@gelisim.edu.tr

applied to 3 different sized datasets. 6 different experiments are performed and determinations and performance comparisons are made on the performance and power consumption. Time and energy criteria were used in processing the algorithms with the results of the study. The results show that Deep Learning algorithms can be used as a tool for predicting GPU systems with high accuracy. The results of the study not only contain important information related to CPU and GPU systems, energy, and time, but also are valuable for future applications in various fields.

Keywords: Deep learning, GPU, CPU, Computer Architecture, Performance Analysis.

1. Giriş

Günümüz bilgisayar uygulamalarında yüksek hızlı ve düşük güçlü hesaplama ihtiyacı gittikçe artan ve çözümü zor bir problemdir. Son yıllarda, yeni bilgisayar mimarilerinin geliştirilmesinde güç verimliliği ve yüksek performans özellikleri baskın kriterler haline gelmiştir. Bu kapsamda, güç verimliliği açısından mevcut ihtiyaçlara cevap veren yeni sistemler planlanırken, artan tasarım zorluğuna çözüm olarak sistemi parça düzeyinde ele alınmasına odaklanılmaktadır. Bu yaklaşım da paralellik ve farklı yapılar dayanan tasarımlar öne çıkarmaktadır.

Bu makale şu şekilde düzenlenmiştir: Çalışmanın ikinci bölümünde yapay zeka alanında uygulamalar ve güç analizi konusunda literatürde yer alan çalışmalar incelenmiştir. Makalenin üçüncü bölümünde çalışmanın metodolojisi, dördüncü bölümde ise yapılan deneylerden elde edilen görsel çıktılar ve test sonuçları verilmiştir. Son bölümde ise, çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. İlgili Çalışmalar

Bilgisayar sistemlerinde devre performansını arttıran, maliyeti ve güç harcama seviyesini düşüren teknolojiler üzerinde durulmaktadır. Gordon Moore'un (Moore Yasası) teknoloji ölçeklendirme tahminleri, üretim entegrasyonunu (yonga başına transistör) ölçeklendirerek üretim maliyetine odaklanmıştır. Doğal olarak daha sonraki tasarımlar uzun yıllar boyunca bu maliyet odaklı performans iyileştirmeleri üzerine olmuştur. Dennard ise transistörlerin boyutu küçüldüğünde, besleme voltajlarının düşmesi üzerine bir ölçeklendirme ilkesi ortaya koymuştur. Bu ölçeklendirme, Moore Yasası tarafından ortaya konulmuş olan transistör artışının etkisine dair görüşünün, performans iyileştirmesi ve güç tasarrufu olarak ikiye ayrılmasına neden olmuştur. Daha sonra bu yöntemler, sistemlerin gücü verimli bir şekilde ve daha uzun süre kullanması için yetersiz kaldığında komut düzeyinde paralellik (ILP- instruction-level parallelism) ile bilgisayar mimarisinde alternatif paralellik türleri (görev / iş parçacığında paralellik gibi) keşfedilmeye başlanmıştır. Bu sayede çok çekirdekli (Multicore) mimari tasarlanmıştır (Själänder ve ark., 2014). Tek işlem çoklu veri (SIMD) mimarisi, performansı artırmak için yaygın olarak kullanılan ve etkin performansa sahip bir paralel işleme yöntemidir. Çok çekirdekli sistemlerde kullanılmaktadır. Birim zamanda tek bir işlem gerçekleştirilmektedir (Huang ve ark., 2019) (Mumcu ve ark., 2020).

Yapay zeka alanında gerçekleştirilen bir çok örnek gerçek yaşamdan temelini almaktadır (Nabiyev, 2003). Yapay zeka yöntemlerinden bulanık mantık, yapay sinir ağları, destek vektör makineleri ve rastgele ormanlar kullanılarak hayvan cinsiyetinin tahmini konusunda yüksek tahminleme çalışması gerçekleştirilmiştir (Öztürk ve ark., 2022). Yüz tanıma sistemlerinde kullanılmak üzere Haar-Cascades sınıflandırıcısı ve LBPH (Yerel İkili Desenler Histogramları) kullanılarak diğer

yüz tanıma sistemlerinden farklı bir sistem geliştirilmiştir (Karadağ ve ark., 2020). Derin öğrenme teknikleri kullanılarak geliştirilen Faster R-CNN (Faster Region Based Convolutional Networks) evrişimli sinir ağı ile geliştirilen çalışma içerisinde "Bardak" veri seti kullanılarak yüksek nesne tanıma başarısı elde edilmiştir (Yılmaz ve ark., 2020). Uykuda solunum bozukluğu konusunda makine öğrenmesi teknikleri ile uykuda solunum bozukluğu türleri sınıflandırılmıştır (Balci, 2022). Tıbbi görüntüleme tabanlı hastalıkların teşhis etmek için evrişimli sinir ağı (CNN) tabanlı bir tıbbi görüntü birleştirme algoritması geliştirilmiştir (Abas ve ark., 2021). Geliştirilen bir çalışmada sosyal medyada ifadelerini üzerinde doğal dil işleme teknikleriyle duyguya dayalı anahtar kelimeler içeren Türkçe sözlük oluşturularak sosyal medya duyarlılık analizi yapılmıştır (Uysal ve ark., 2017). Geliştirilen bir çalışmada havuçların fiziksel özelliklere göre hacimlerini tahmin etmek için derin öğrenme yaklaşımlarından LSTM (Uzun Kısa Süreli Bellek) ve DFN (Derin İleri Beslemeli Ağ) algoritmaları kullanılarak yüksek tahmin oranı elde edilmiştir (Örnek ve ark., 2021). Asma yaprağı sınıflandırması için derin öğrenmeye dayalı bir sınıflandırma çalışması ile öznelik seçiminin sınıflandırma başarısını arttırdığı ölçülmüştür (Koklu ve ark., 2021). Yangının tespitinden derin öğrenme yaklaşımıyla dumanın renk histogramını kullanarak yangın ve duman algılama algoritması geliştirilmiştir (Lee ve ark., 2019).

Son yıllarda ise güç kısıtlamalarının basit modül seviyesindeki kontrollerle yönetilmesi zorlaştıkça, daha iyi güç çözümleri sunabilecek tasarımlara odaklanılmıştır. Özellikle farklı güç ve performans özelliklerine sahip sistemlerin çeşitliliğini sağlamak için yonga işleme modülleri farklılaştırılmıştır. Bu farklılaşmalar homojen veya heterojen paralellik özelliğine sahip yonga tasarımları ile gerçekleştirilmektedir (Själänder ve ark., 2014). Bilgisayar mimarisi içerisinde işlemciler, güç kullanımı açısından büyük orana sahiptir. Özellikle veri taşıma ve veri depolama gibi işlemler güç sorunlarına neden olmaktadır. Bilgisayar sistemlerinde, gerçek aritmetik birimler üzerinde görüntü işleme gibi kapasiteyi yoğun olarak kullanan işlem gereksinimleri arttıkça gelişen bu sistemlerin güç tüketimi de artmaktadır. Böyle durumlarda gömülü işlemciler masaüstü veya sunucu işlemcilerinden çok daha az güç kullanmaktadır, ancak kayan noktalı aritmetik işlemler için sınırlı destek sağlamakta veya hiç destek vermemektedir. İşlem kapasitesini arttırmak için daha karmaşık yapıda sistemler geliştirilmektedir (Själänder ve ark., 2014) (Huynh ve ark., 2012). Bu yapılardan biri olan karma (Hybrid) yeniden yapılandırılabilir işlemciler, daha iyi komut yürütme performansı ve güç tüketimini dengelemek için sabit ve yeniden yapılandırılabilir bilgi işlem yapılarını birleştirmektedirler (Huynh ve ark., 2012). Çekirdek sayısı artmış GPU mimariler ve kriptografik motorlar gibi hızlandırıcılarla da birleştirilebilmektedir (Själänder ve ark., 2014). Ayrıca yazılım ile programlanabilen donanımlar da (FPGA) yüksek kapasiteli işlemlerde düşük maliyet ve düşük güç tüketimi ihtiyacını sağlamak için kullanılmakta ve amaca

göre optimize edilebilmektedir (Dehnavi ve ark., 2018) (Kahoul ve ark., 2009).

Düşük güçte herhangi bir sistemi tasarlamak için, sistemin farklı seviyelerde güç optimizasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Sistem düzeyindeki mimarilerinin çoğu sıralı devrelerden oluşmakta, bu devrelerin tasarımı sistemin genel gücünü azaltmada önemli bir rol oynamaktadır (Katreepalli ve ark., 2019) (Sanapala, 2017). Etkin güç tüketim kavramı, içerisinde mikro denetleyici birimi (MCU- microcontroller unit) içeren akıllı mobil cihazlar için de büyük öneme sahiptir. MCU, gerçek zamanlı algılama görevleri gerçekleştirirken olağanüstü düşük güç performansına sahip olmalarını sağlayan farklı çalışma modları arasında dinamik olarak geçiş yapabilir. Donanım optimizasyonunun yanı sıra, bir MCU ile enerji verimliliğini ve hizmet kalitesini dengelemek için programlama algoritmalarıyla farklı tasarımlar gerçekleştirilmektedir (Lautner ve ark., 2018).

Günümüzde belirli görevleri yerine getirmek için belirli bir amaca özel yüksek performans ve hacim verimliliği sunan mimariler geliştirilebilmektedir. Bu mimariler sayesinde çoklu

işlem protokolleri, ayrı modüller ile kontrol edilebilmektedir (Li ve ark., 2012) (Veera ve ark., 2019) (Sriadibhatla ve ark., 2019). Makine öğrenmesi, görüntü işleme, derin öğrenme gibi yüksek performans gerektiren uygulamalar geliştirmek için CPU, GPU, FPGA ve TPU platformlarından oluşan farklı mimariye sahip seçenekler mevcuttur. En iyi performansı ve düşük maliyet için hangi platformu seçmek büyük önem taşımaktadır (Çetin ve ark., 2013) (InAccel, 2018) (Goz ve ark., 2020) (Demirbas ve ark., 2020). İşlemci mimarilerin çalışırken bilgi işlem performansları ölçülebilmektedir (Wyant ve ark., 2012) (Mittal ve ark., 2014).

FPGA ve GPU hızlandırıcıları içeren hibrit sistemler önemli performans iyileştirmeleri sağlayabilirken aynı zamanda verimliliği artırabilmektedir. Ayrıca CUDA sistemi, GPU'ları programlamak için yüksek verimlilik yaklaşımı sağlamaktadır (Betkaoui ve ark., 2010) (Holm ve ark., 2020) (Vaidya, 2018). GPU mimariler, yüksek performanslı işlemler için paralel hesaplama çözümleri sunabilmektedirler (Bandyopadhyay, 2019). Yüksek performanslı gömülü görüntü uygulamaları geliştirmek için çalışma zamanı ve performansı enerji kısıtlamalarıyla dengelenmelidir (Qasameh ve ark., 2019).

Tablo 1. Literatür taraması kapsamında değerlendirilen çalışmalar.

Çalışma İsmi	Mimari Tipi	Gerçekleştirilen Uygulama Tipi
Huynh ve ark., 2012	CPU	Güç verimli hesaplama
Lautner ve ark., 2018	Mikrokontroller	Güç verimliliği algoritmaları
Wyant ve ark., 2012	CPU, GPU ve FPGA	Performans karşılaştırılması
Mumcu ve ark., 2020	GPU	Cuda üzerinde paralel programlama
Holm ve ark., 2020	GPU	Python ile performans, güç ve verimlilik analizi
Aydın ve ark., 2020	GPU	Cuda üzerinde paralel programlama

3. İşlemci Mimarileri ve Kullanılan Derin Öğrenme Yöntemleri

Çalışmanın metodolojisi; işlemci mimarileri üzerinde geliştirilen yazılımların donanımlar üzerinde işlem performansı ve güç tüketimi kavramlarının genel çerçevesini çizmek, güç analizini araştırmak, bu çerçevede GPU (Graphics Processing Unit - Grafik İşlemci Ünitesi) ve CPU (Central Processing Unit - Merkezi İşlem Birimi)'nin mimarilerini incelemek, bu mimariler üzerinde geliştirilen algoritmaları tespit etmek ve algoritmaların mimariler üzerinde güç ve süre tüketimini önemini ortaya koymak ve öneriler getirmektir. Bu kapsamda nicel bir araştırma yöntemi kullanılarak araştırma yapılmıştır. Araştırmanın konusu ve amacı doğrultusunda belirlenen sorulara yanıtlar aranmıştır:

- CPU ve GPU mimari sistemlerinde güç analizi, cuda, güç tüketimi, güç kaybı ve kullanılan algoritmaların genel çerçevesi neleri içermektedir?

- Güç analizine yönelik geçmişte yapılmış çalışmalar nasıl değerlendirilmiştir?

- Yapay Zeka algoritmalarının CPU ve GPU mimarilerinde yapılmış çalışmaları hangileridir?

- Mimarilerde kullanılacak algoritmalarından elde edilen sonuçlar kapsamında hangi öneriler getirilebilir?

Araştırma kapsamında özellikle CPU ve GPU mimarilerinde güç analizi konusunda var olan durumlar ve bu durumlardan elde edilen sonuçlar kapsamında öneriler getirilmeye çalışılmıştır. Çalışmada kapsamında, Türkiye ve yurtdışı literatürde olan kaynaklar taranmış, bu kaynaklardan elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak ve çalışma neticesinde ortaya çıkan sonuçlar ele alınarak işlemci mimarileri konusunda vurgu yapılmıştır.

3.1. CPU Hesaplama

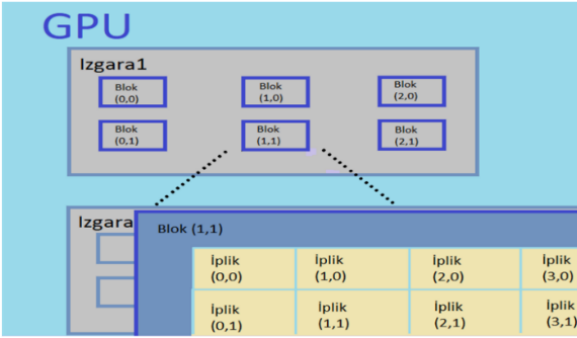
CPU bir diğer adıyla işlemci, milyarlarca mikroskobik boyutta transistörden oluşan küçük boyutta bir donanımdır. Aritmetik mantık birimi (ALU) ve kontrol birimi (CU) olmak üzere iki ana bileşenden oluşmaktadır. CPU temel olarak talimatları almak, çözmek, yürütmek ve saklamak işlevlerini sırasıyla yerine getirmektedir. Bir saniye içerisinde bu sırada gerçekleştirdiği döngülerin sayısı işlemci hızını oluşturmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle temel mimariler kullanılarak birçok farklı tasarım oluşmaktadır.

CPU'nun çok çeşitli görevleri hızlı işleyecek şekilde tasarlanması, ancak çalışabilecek görevlerin eşzamanlılığıyla sınırlı olmasıdır. CPU çalışma performansı üzerinde yürütülen görevlerin sayısından, kesmelerden ve görev anahtarlarının sıklığından doğrudan etkilenmektedir (Dodi ve ark., 2012). CPU mimarisinde bir program derlendiğinde harcanan gücün büyük bir bölümünü işlemci kullanmaktadır. Bu değer tüketilen enerjinin ortalama olarak %88.94' ünü temsil etmektedir. Geriye kalan bölüm DRAM tarafından kullanılmaktadır (Pereira ve ark., 2017).

3.2. GPU Mimarisi

GPU, yüksek çözünürlüklü görüntüleri ve videoları aynı anda hızlı bir şekilde işlemek için tasarlanmıştır (Stratton ve ark., 2012). GPU'lar birden çok veri kümesi üzerinde paralel işlemler gerçekleştirebildiğinden, makine öğrenimi ve bilimsel hesaplama gibi görüntü işleme uygulamaları dışında kalan görevler için de yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek performanslı hesaplama kodları üzerinde gerçekleştirilen uygulamalarda Python kullanmanın etkisi ihmal edilebilir düzeydedir ve eşdeğer seviyeye ayarlanmış CUDA ve OpenCL uygulamalarında çoğu durumda aynı hesaplama performansı elde edilebilmektedir (Holm ve ark., 2020) (Aydın ve ark., 2020).

GPU özellikle grafik hesaplama yapmak için tasarlanmış bir işlemci mimarisidir. CPU mimarisinin yapısına göre daha fazla CU ve ALU birimine sahiptir. Ayrıca komutlar paralel olarak işlenmektedir. Bu sayede grafik hesaplama işlemlerinde daha verimli ve hızlı performansa sahiptir. GPU programlama dilleri, kavramsal olarak birbirine çok benzerdir ve aynı tür paralellik ilkelerine sahiptir. GPU teknolojisi, programlama dilleri ve kütüphaneler aracılığıyla GPU üzerinde tam erişimli çalışabilmektedir. Bu bölümde donanımsal olarak GPU özelliklerinden ve türlerinden bahsedilmiştir. GPU mimari yapısı Şekil 1 üzerinde verilmiştir.



Şekil 1. GPU mimari yapısı.

GPU çekirdeğinde şekil 1 üzerinde de görülen iş parçacığı (iplik), blok ve ızgara birimleri mevcuttur. Bu birimler GPU hesaplama işlemlerinde mimariden verimli şekilde yararlanmamızı sağlamaktadır. GPU için oluşturulan CUDA (Compute Unified Device Architecture) yazılım eklentisi ile birlikte yeni bir mimari ortaya çıkmıştır. Bir CUDA programı, bir grup iş parçası bloğundaki birden fazla iş parçacığı ile başlatılabilmektedir. Bu iş parçacığı bloğu da ızgara yapısını oluşturmaktadır. Birçok iş parçacığı bloğu grubu ile birden çok ızgara yapısı oluşturulabilmektedir. Bu sayede, CUDA mimarisinin mevcut kodu yürütme anında kullandığı toplam iplik sayısının en üst düzeye çıkarılmasını mümkün kılmaktadır (Bandyopadhyay, 2019).

İş parçacığı, GPU yapısındaki tek çekirdekli işleri yeniden işlemek için paralel olarak çalıştırılan birimdir. GPU iş parçacığı CPU iş parçacıklarına çok benzemektedir. Aralarındaki tek fark GPU'larda kullanılabilir iş parçacığı sayısının çok daha yüksek olabilmesidir. İş parçacığı, şekil 1 üzerinde görüldüğü gibi, bir iplik koleksiyonudur. Her bloktaki iş parçacığı sayısı GPU mimarisine sınırlıdır. Örneğin, Maxwell mimarisine ait bir NVIDIA GeForce Titan X GPU'da, bir bloktaki maksimum iş parçacığı sayısı 1024'tür. Ancak bu sınırlamaya rağmen, bir GPU programı kesinlikle çok sayıda bloğu kullanabilir. Bu durum, yüksek performanslı GPU'larda iş parçacığının paralel olarak

yürütülmesinin en üst düzeye çıkarılmasını sağlamaktadır. Izgara NVIDIA GPU'nun hesaplama yeteneğine bağlı olarak, maksimum iş parçacığı ve blok sayısına göre blok boyutunu ayarlama imkanı sunmaktadır. Bu şekilde, GPU'nun hesaplama gücünden maksimum doluluk oranıyla en iyi şekilde faydalanılmaktadır.

GPU üzerinde yüksek performanslı bilgi işleme kodu oluşturmak ve geliştirmek için Python kullanılmaktadır (Lam ve ark., 2015) (Vaidya, 2018) (Bandyopadhyay, 2019) (Holm ve ark., 2020). Python özellikle bilgisayar bilimlerinde son yıllarda çok kullanılan ve dünyada üzerindeki araştırma toplulukları tarafından kabul görmüş bir programlama dilidir. Güçlü hesaplama yetenekleri de düşünüldüğünde GPU üzerinde kullanılan kütüphaneleri verimli bir şekilde erişim sağlayabilmektedir.

Günümüzde CUDA ve OpenCL'ye erişmenin standart yolu C ve C++ programlama dilleridir. Ancak bu dillerle kod geliştirmek zaman alıcıdır ve büyük zahmet gerektirmektedir. Python gibi daha üst düzey dillerin kullanılması GPU üzerinde geliştirme verimliliğini önemli ölçüde arttırmaktadır (Holm ve ark., 2020) (Bandyopadhyay, 2019) (Vaidya, 2018). OpenCL (Holm ve ark., 2020), Apple tarafından 2009 yılında başlatılan ücretsiz ve açık heterojen bir bilgi işleme platformudur. CUDA'nın aksine, ortak bir araç seti yoktur. OpenCL'in dezavantajı, farklı üreticilerin OpenCL uygulamaları arasında büyük farklılıklar olmasıdır (Holm ve ark., 2020). CUDA'nın bu şekilde bir dezavantajı yoktur. CUDA, GPU üzerinde kullanılan NVIDIA tarafından üretilmiş C/C++ dillerini içeren OpenACC derleyicisini içermektedir. CUDA, NVIDIA aygıtı sürücü üzerinde ortak araç seti ile çalıştırılmaktadır. SDK örnekler ve kütüphaneler içermektedir. Microsoft Visual Studio ve Eclipse üzerinde çalışacak bir uzantıya (Nvidia Nsight) sahiptir. Bu uzantı GPU üzerinde kod vurgulama, GPU'nun izlenmesi ve GPU bottleneck tanımlamada kullanılmaktadır (Holm ve ark., 2020) (Bandyopadhyay, 2019) (Vaidya, 2018). Bottleneck, hafızanın çalışma hızıyla işlemcinin çalışma hızı arasındaki farktan dolayı oluşan bir sorundur. İşlemcinin bilgileri işleme ve hafızadan getirme hızıyla, hafızanın bilgi gönderme hızından çok daha yüksek olması bilgi işleme hızı (GPU'nun hızından bağımsız olarak) büyük oranda düşmektedir. CUDA ve OpenCL tüm bellek alt sistemi dahil GPU donanımına tam erişim sağlayan iki programlama dilidir.

NumPy, makine öğrenimi araştırmacıları ve algoritma geliştiricileri için Python programı üzerinde bilimsel hesaplama yapmak için oluşturulmuş bir kütüphanedir. NumPy kullanılarak Python üzerinde bir makine kütüphanesi olan Scikit-learn (sklearn) kütüphanesi geliştirilmiştir (Pedregosa ve ark., 2011). Derin öğrenme hesaplamaları NumPy'ı lineer cebir hesaplamaları için kullanmaktadır. Bu yüzden NumPy uyumlu bir GPU arayüzü olan CuPy geliştirilmiştir (Okuta ve ark., 2017). CuPy'nin Python üzerinde NVIDIA GPU cihazlarını kullanmak için CUDA ve C++ kodu gerektirmeyen bir yapısı vardır. CUDA ile yüksek performanslı ve Python programı ve kütüphaneleri ile son derece uyumludur. Ayrıca CUDA' da yazılmış olan çekirdekleri de desteklemektedir.

Numba (Lam ve ark., 2015) açık kaynaklı bir JIT (Just in Time) derleyicisidir. NumPy'nin verimsiz olduğu durumları optimize etmek için geliştirilmiştir. Küçük kod değişiklikleriyle, CPU'lar ve GPU'larda Python kodunu paralelleştirmek için bir dizi seçenek sunmaktadır. Numba, Python üzerinde hesaplama yapan kullanıcılar için kodun verimli bir şekilde

paralleleştirilmesinde kullanılır. GPU'ya tam performanslı olarak erişimde kolaylık sağlamaktadır. Python üzerinde GPU'ya erişim sağlayan bir başka kütüphanede OpenCV (Kaehler ve ark., 2016)'dir. Algoritmaların GPU hızlandırmasına olanak sunan bu kütüphane, GPU mimarisinde grafik işlemlerinde kullanılmaktadır. OpenCV GPU modülü CUDA kullanılarak yazılmıştır ve NVIDIA ekosisteminden faydalanmaktadır (Vaidya, 2018). PyCuda ve PyOpenCL (Klökner ve ark., 2012) kütüphaneleri Python programlama dili ile NVIDIA CUDA arasında bağlantı kurarlar. Bu kütüphanelerin en iyi özellikleri performanslı ve dinamik bir programlama dili ile GPU ve CPU arasında görev tamamlayıcısı olarak kullanılabilirlerdir.

3.3. Güç Tüketimi

Güç tüketimi, bilimsel hesaplama ve veri işleme ihtiyacının artması ile gelişme kaydedilmesi gerekliliği görülen konu haline gelmiştir. Bu durumlar tipik olarak gömülü ve mobil hesaplama platformlarında bulunan güç verimli mimarilerin kullanılması ve geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur (Huynh ve ark., 2012). Elektronik devrelerde güç tüketimi sırasındaki aşırı kayıp statik ve dinamik güç kaybından kaynaklanmaktadır. Statik güç kaybı, alt eşik iletimi nedeniyle devrenin durgun halde gerçekleşmesi, boşaltma kaynağı delinmesi gibi durumlardır. Statik gücün bu kayba katkısı, dinamik güce kıyasla düşüktür (Katreepalli ve ark., 2019). Dinamik güç kaybı ise sinyal geçişi ve kısa devre akımı nedeniyle oluşmaktadır. Kısa devre güç kaybı, sinyal geçişi sırasında güç kaynağının ve toprağın anlık olarak kısılmasına bağlıdır. Kısa devre gücünün güç kaybına etkisi, dinamik gücün yaklaşık %5-10'udur. Düşük-yüksek ve yüksek-düşük sinyal geçişi nedeniyle tüketilen güç, dinamik gücün önemli bir kısmını oluşturmaktadır (Katreepalli ve ark., 2019). Denklem 1 üzerinde bir mikrodenetleyici için güç tüketim oranı γ ile gösterilmiştir.

$$\gamma(\emptyset, \pi) = E/\pi \quad (1)$$

Bağlantısı ile hesaplanmaktadır. Denklem 2 üzerinde E, bir kaynağın kapanma dönemindeki güç tüketimidir (Lautner ve ark., 2018) ve denklem 2 üzerinde formülü gösterilmiştir.

$$E = (\emptyset + t_0) C_e \quad (2)$$

Güç verimliliği modern bilgisayarlarda en önemli ölçütlerden birisi olmuştur. Donanımın bir işlemi gerçekleştirmek için kullandığı gücü ölçmek ve mümkün olduğunca aza indirmek için kullanılan yöntemlerdir. Daha yüksek güç verimliliği ile çalışan mimariler, daha düşük hızda veya daha yüksek maliyeti olan mimariler yerine tercih edilmektedir. Bilgisayar mimarisinde güç tüketimi ölçümü MIPS / W (işlemcinin saniyede işlediği komut sayısı/ Watt) 'dir. Farklı donanımlarda enerji verimliliğini değerlendirmek bazı ölçüm alanları kullanılmaktadır Bunlardan bazıları (Qasaimh ve ark., 2019); Çalışma zamanı: Donanımın çalışma zamanı performansı, bir kodunun başlangıcı ve bitişi arasındaki geçen süre (gecikme süresi) ölçülerek değerlendirilir.

Enerji: Kod bloğu başına enerji tüketimi, bir kod bloğunun bir çekirdeğin işlemlerini gerçekleştirmek için dağıtılan elektrik enerjisi miktarını belirler. Bir çerçeveyi işlemek için gecikme süresi boyunca tüketilen güç olarak ölçülür. Cihaz gücü iki bölüme ayrılabilir:

(1) Statik güç: aktif hesaplama yapılmadığında (sistem boşa iken) tüketilen güç miktarını gösterir,

(2) Dinamik güç: sistem hesaplama yaptığı sırada statik güç seviyesinin üzerinde tüketilen güç miktarını gösterir.

Enerji Geciktirme Ürünü (EDP): Çalışma zamanı veya yalnızca kare başına enerji resmin tamamını göstermez. Bir donanım platformu pratik kullanım için çok yavaşken çok düşük güçte olabilir. Enerji Gecikme Ürünü (EDP) metriği, kare başına tüketilen enerji (mJ / kare) ile (ms / kare) olarak ölçülen algoritmanın verimini dikkate alır. EDP, enerji / çerçeve ve gecikme süresinin ürünüdür. Bu şekilde, belirli hesaplama için hangi donanım mimarisinin daha uygun olduğuna karar verirken adil bir karşılaştırma yapılabilir. Düşük EDP daha iyidir, bu da donanım mimarisinin daha kısa sürede daha az güç kullanarak belirli hesaplama görevlerini bitirebileceği anlamına gelir.

GPU'larda güç tüketimi analizinde "Sıcaklık", "Güç Tüketimi" ve "Çalıştırılma Anında Hafıza Boyutunu" parametrelerini izlemek için Python programlama dilinde Nvidia-Smi komutu kullanılmaktadır. Anlık olarak harcanan gücün ölçülmesini sağlayan Nvidia-Smi komutu şekil 2 ile verilmiştir.

```
#GPU count and name
nvidia-smi -L

GPU 0: Tesla T4 (UUID: GPU-10da1aba-025c-3bd3-a983-d05cb014693c)

[ ] nvidia-smi

Tue Jan 19 00:34:01 2021

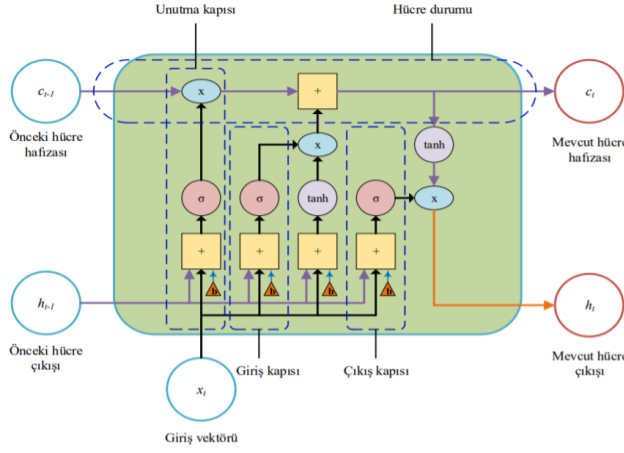
-----
| NVIDIA-SMI 460.27.04 | Driver Version: 418.67 | CUDA Version: 10.1 |
|-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----|
| GPU Name            | Persistence-M | Bus-Id        | Disp.A | Volatile Uncorr. ECC |
| Fan  Temp  Perf  Pwr:Usage/Cap |      Memory-Usage | GPU-Util  Compute M. |
|-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----|
| 0   Tesla T4        |      Off      | 00000000:00:04:0 | Off    |                      |
| N/A   38C    P8     9W / 70W | 0MiB / 15079MiB | 0%        | Default |
|-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----|
|                          |                          |                          |         | MIG M.               |
|                          |                          |                          |         | ERR!                 |
|-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----|
```

Şekil 2. Nvidia-Smi komutu kullanımı.

Nvidia-Smi GPU işlemlerinin kullanım sırasında arka planda çalışarak yapılan işlemler üzerinde GPU'nun güç tüketiminin, sıcaklığının ve hafıza boyutunun çıktısını günlük dosya şeklinde elde edilmesini sağlamaktadır. Nvidia-Smi yüksek performanslı GPU'ları desteklemektedir. Mevcut bilgisayarın günlük CPU bilgisini tutmamaktadır.

3.4. Derin Öğrenme Yöntemleri

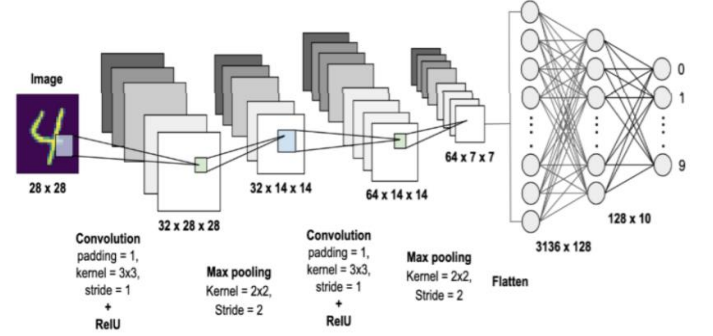
Bu çalışma kapsamında üç farklı derin öğrenme yöntemi kullanılmıştır. Bunlardan; RNN literatürde tekrarlayan sinir ağı olarak adlandırılmaktadır. Zaman serisi ve belirli bir sıra ile alınan verileri işlemek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. İleri ve geri beslemeli işlemler ile bir döngü oluşturulur ve sıralı veriler uygulanarak başarılı sonuçlar elde edilir. RNN yönteminde büyük miktarda zaman verisine ihtiyaç duyulduğunda geri besleme işlemi sırasında sistemin türevinin aşırı azalması, yok olması veya çok yüksek değerlere ulaşması gibi sorunlar yaşanmaktadır. Bu sorunları çözmek amacıyla LSTM yöntemi geliştirilmiştir. LSTM giriş katmanı, çıkış katmanı ve RNN mimarisinde bulunmayan Unutma katmanından meydana gelmektedir. İstenmeyen veri unutma katmanı sayesinde filtrelenmekte ve büyük veri setlerinde başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Şekil 3'te Mimarisi ve bu mimari üzerinde bulunan bölümlerin gösterimi yapılmıştır (Dursun ve ark., 2021).



Şekil 3. LSTM (Uzun Kısa Süresi Bellek) algoritmasını mimarisi.

CNN ise, temel olarak görüntüleri sınıflandırmak, benzerlikleri kullanarak kümelemek ve nesne tanıma işlemleri için kullanılan yapay sinir ağlarıdır. Çok katmanlı mimariye

sahip sinir ağlarının ileri yayılım algoritması ile oluşturulmuş bir türüdür (Selvin ve ark., 2017), (Ullah ve ark., 2017), (Zhu ve ark., 2019). CNN bir veya daha fazla katmanlardan oluşmaktadır. Şekil 4 üzerinde katmanları gösterilmiştir (Bozkaya ve ark., 2021).



Şekil 4. CNN (Konvolüsyonel Sinir Ağı) katmanları.

4. Deneysel Araştırma

Tablo 2. GPU üzerinde işlenen programların deneysel sonuçları.

<pre>Mon Jan 18 20:51:40 2021 ----- NVIDIA-SMI 460.27.04 Driver Version: 418.67 CUDA Version: 10.1 ----- ----- ----- ----- ----- ----- GPU Name Persistence-M Bus-Id Disp.A Volatile Uncorr. ECC Fan Temp Perf Pwr:Usage/Cap Memory-Usage GPU-Util Compute M. ----- ----- ----- ----- ----- ----- 0 Tesla T4 Off 00000000:00:04:0 Off 0 N/A 42C P8 9W / 70W 0MiB / 15079MiB 0% Default ----- ----- ----- ----- ----- Processes: GPU Memory Usage GPU GI CI PID Type Process name GPU Memory ID ID ID ID Usage ----- ----- ----- ----- ----- No running processes found</pre>	<pre>Mon Jan 18 20:54:38 2021 ----- NVIDIA-SMI 460.27.04 Driver Version: 418.67 CUDA Version: 10.1 ----- ----- ----- ----- ----- GPU Name Persistence-M Bus-Id Disp.A Volatile Uncorr. ECC Fan Temp Perf Pwr:Usage/Cap Memory-Usage GPU-Util Compute M. ----- ----- ----- ----- ----- 0 Tesla T4 Off 00000000:00:04:0 Off 0 N/A 65C P0 32W / 70W 1129MiB / 15079MiB 0% Default ----- ----- ----- ----- ----- Processes: GPU Memory Usage GPU GI CI PID Type Process name GPU Memory ID ID ID ID Usage ----- ----- ----- ----- ----- No running processes found</pre>
<p>Deney 1 Başlangıç Durumunda GPU Değerleri</p> <pre>Mon Jan 18 22:06:51 2021 ----- NVIDIA-SMI 460.27.04 Driver Version: 418.67 CUDA Version: 10.1 ----- ----- ----- ----- ----- GPU Name Persistence-M Bus-Id Disp.A Volatile Uncorr. ECC Fan Temp Perf Pwr:Usage/Cap Memory-Usage GPU-Util Compute M. ----- ----- ----- ----- ----- 0 Tesla T4 Off 00000000:00:04:0 Off 0 N/A 55C P8 10W / 70W 0MiB / 15079MiB 0% Default ----- ----- ----- ----- ----- Processes: GPU Memory Usage GPU GI CI PID Type Process name GPU Memory ID ID ID ID Usage ----- ----- ----- ----- ----- No running processes found</pre>	<p>Deney 1 Bitiş Durumunda GPU Değerleri</p> <pre>Mon Jan 18 22:43:39 2021 ----- NVIDIA-SMI 460.27.04 Driver Version: 418.67 CUDA Version: 10.1 ----- ----- ----- ----- ----- GPU Name Persistence-M Bus-Id Disp.A Volatile Uncorr. ECC Fan Temp Perf Pwr:Usage/Cap Memory-Usage GPU-Util Compute M. ----- ----- ----- ----- ----- 0 Tesla T4 Off 00000000:00:04:0 Off 0 N/A 73C P0 32W / 70W 2341MiB / 15079MiB 0% Default ----- ----- ----- ----- ----- Processes: GPU Memory Usage GPU GI CI PID Type Process name GPU Memory ID ID ID ID Usage ----- ----- ----- ----- ----- No running processes found</pre>
<p>Deney 2 Başlangıç Durumunda GPU Değerleri</p> <pre>[] import time print(time.ctime()) Thu Jan 21 20:38:43 2021 [] !lscpu grep 'Model name' # cpu modeli ve özellikleri Model name: Intel(R) Xeon(R) CPU @ 2.30GHz</pre>	<p>Deney 2 Bitiş Durumunda GPU Değerleri</p> <pre>[] print(time.ctime()) # Bitiş saati ve tarihini öğreniyoruz. Thu Jan 21 21:10:51 2021</pre>
<p>Deney 3 Başlangıç Durumunda CPU Değerleri</p> <pre>Mon Jan 18 23:05:40 2021 ----- NVIDIA-SMI 440.33.01 Driver Version: 440.33.01 CUDA Version: 10.2 ----- ----- ----- ----- ----- GPU Name Persistence-M Bus-Id Disp.A Volatile Uncorr. ECC Fan Temp Perf Pwr:Usage/Cap Memory-Usage GPU-Util Compute M. ----- ----- ----- ----- ----- 0 Tesla V100-SXM2... Off 00000000:00:1E:0 Off 0 N/A 35C P0 38W / 300W 600MiB / 16160MiB 0% Default ----- ----- ----- ----- ----- Processes: GPU Memory Usage GPU PID Type Process name GPU Memory ----- ----- ----- ----- ----- No running processes found</pre>	<p>Deney 3 Bitiş Durumunda CPU Değerleri</p> <pre>Mon Jan 18 23:15:17 2021 ----- NVIDIA-SMI 440.33.01 Driver Version: 440.33.01 CUDA Version: 10.2 ----- ----- ----- ----- ----- GPU Name Persistence-M Bus-Id Disp.A Volatile Uncorr. ECC Fan Temp Perf Pwr:Usage/Cap Memory-Usage GPU-Util Compute M. ----- ----- ----- ----- ----- 0 Tesla V100-SXM2... Off 00000000:00:1E:0 Off 0 N/A 35C P0 38W / 300W 15333MiB / 16160MiB 0% Default ----- ----- ----- ----- ----- Processes: GPU Memory Usage GPU PID Type Process name GPU Memory ----- ----- ----- ----- ----- No running processes found</pre>
<p>Deney 4 Başlangıç Durumunda GPU Değerleri</p> <pre>Mon Jan 18 23:05:40 2021 ----- NVIDIA-SMI 440.33.01 Driver Version: 440.33.01 CUDA Version: 10.2 ----- ----- ----- ----- ----- GPU Name Persistence-M Bus-Id Disp.A Volatile Uncorr. ECC Fan Temp Perf Pwr:Usage/Cap Memory-Usage GPU-Util Compute M. ----- ----- ----- ----- ----- 0 Tesla V100-SXM2... Off 00000000:00:1E:0 Off 0 N/A 35C P0 38W / 300W 600MiB / 16160MiB 0% Default ----- ----- ----- ----- ----- Processes: GPU Memory Usage GPU PID Type Process name GPU Memory ----- ----- ----- ----- ----- No running processes found</pre>	<p>Deney 4 Bitiş Durumunda GPU Değerleri</p> <pre>Mon Jan 18 23:15:17 2021 ----- NVIDIA-SMI 440.33.01 Driver Version: 440.33.01 CUDA Version: 10.2 ----- ----- ----- ----- ----- GPU Name Persistence-M Bus-Id Disp.A Volatile Uncorr. ECC Fan Temp Perf Pwr:Usage/Cap Memory-Usage GPU-Util Compute M. ----- ----- ----- ----- ----- 0 Tesla V100-SXM2... Off 00000000:00:1E:0 Off 0 N/A 35C P0 38W / 300W 15333MiB / 16160MiB 0% Default ----- ----- ----- ----- ----- Processes: GPU Memory Usage GPU PID Type Process name GPU Memory ----- ----- ----- ----- ----- No running processes found</pre>

<pre> Mon Jan 18 20:51:40 2021 ----- NVIDIA-SMI 460.27.04 Driver Version: 418.67 CUDA Version: 10.1 ----- ----- ----- ----- ----- ----- GPU Name Persistence-M Bus-Id Disp.A Volatile Uncorr. ECC Fan Temp Perf Pwr:Usage/Cap Memory-Usage GPU-Util Compute M. ----- ----- ----- ----- ----- ----- 0 Tesla T4 Off 00000000:00:04:0 Off 0% Default N/A 42C P8 9W / 70W 0MiB / 15079MiB ----- ----- ----- ----- ----- Processes: GPU GI CI PID Type Process name GPU Memory ID ID ID Usage ----- ----- ----- ----- ----- No running processes found </pre>	<pre> Mon Jan 18 20:54:38 2021 ----- NVIDIA-SMI 460.27.04 Driver Version: 418.67 CUDA Version: 10.1 ----- ----- ----- ----- ----- GPU Name Persistence-M Bus-Id Disp.A Volatile Uncorr. ECC Fan Temp Perf Pwr:Usage/Cap Memory-Usage GPU-Util Compute M. ----- ----- ----- ----- ----- 0 Tesla T4 Off 00000000:00:04:0 Off 0% Default N/A 65C P0 32W / 70W 1129MiB / 15079MiB ----- ----- ----- ----- ----- Processes: GPU GI CI PID Type Process name GPU Memory ID ID ID Usage ----- ----- ----- ----- ----- No running processes found </pre>
Deneý 5 Bařlangıç Durumunda GPU Deęerleri	Deneý 5 Bitiř Durumunda GPU Deęerleri
<pre> Tue Jan 19 00:52:59 2021 ----- NVIDIA-SMI 440.33.01 Driver Version: 440.33.01 CUDA Version: 10.2 ----- ----- ----- ----- ----- GPU Name Persistence-M Bus-Id Disp.A Volatile Uncorr. ECC Fan Temp Perf Pwr:Usage/Cap Memory-Usage GPU-Util Compute M. ----- ----- ----- ----- ----- 0 Tesla V100-SXM2... Off 00000000:00:1E:0 Off 0% Default N/A 34C P0 36W / 300W 0MiB / 16160MiB ----- ----- ----- ----- ----- Processes: GPU PID Type Process name GPU Memory ID ID ID Usage ----- ----- ----- ----- ----- No running processes found </pre>	<pre> Tue Jan 19 01:06:04 2021 ----- NVIDIA-SMI 440.33.01 Driver Version: 440.33.01 CUDA Version: 10.2 ----- ----- ----- ----- ----- GPU Name Persistence-M Bus-Id Disp.A Volatile Uncorr. ECC Fan Temp Perf Pwr:Usage/Cap Memory-Usage GPU-Util Compute M. ----- ----- ----- ----- ----- 0 Tesla V100-SXM2... Off 00000000:00:1E:0 Off 0% Default N/A 36C P0 37W / 300W 15626MiB / 16160MiB ----- ----- ----- ----- ----- Processes: GPU PID Type Process name GPU Memory ID ID ID Usage ----- ----- ----- ----- ----- No running processes found </pre>
Deneý 6 Bařlangıç Durumunda GPU Deęerleri	Deneý 6 Bitiř Durumunda GPU Deęerleri

Araştırmada CPU ve GPU çeşitlerinin kullanılabilereği alanların ne olduğu ve bu sırada geręekleřen işlemlerin hangi mimaride ne kadar sũrede ne kadar gũç harcayarak geręekleřtirildiđi 0lçũlmũřtũr. Bu kapsamda nicel bir araştırma y0ntemi benimsenerek ęalıřma yapılmıştır. Araştırma kapsamında 0zellikle GPU mimarisi altyapısında sũre ve enerji kullanımı test edilmiş ve uygulamaların tũrũne g0re hangi mimarinin verimli zamanlama ile tũkettiđi enerji ũzerine vurgu yapılmıştır. Deneýler Google Colab bulut altyapısı kullanılarak sunucular ũzerinde geręekleřtirilmiřtir. Tablo 3 'de erişilen sunucuların listesi yer almaktadır. Bulut ũzerinde başka servislerde elde dilecek gũç değerleri değişiklik g0sterebilmektedir.

Ęalıřmanın ilerleyen b0lũmlerinde Tablo 2 ile ęalıřma kapsamında geręekleřtirilen deneýlerin sonuğlarından ekran g0rũntũleri, Tablo 3 ile uygulamalarda kullanılan mimari bilgileri ve Tablo 4 ile uygulamalarda CPU ve GPU'lar arasında performans fahlılarını g0zlemlmek amacıyla kullanılan algoritmalar ve bu algoritmaların sahip olduğu 0zellikler verilmiştir.

Tablo 2, de ęalıřma kapsamında geręekleřtirilen deneýlerin ekran g0rũntũleri verilmiştir. Bu ekran g0rũntũleri ũzerinde; deneýin başlangıç ve bitiş zamanları, kullanılan donanım bilgileri, başlangıç ve bitiş anlarında kullanılan gũç durum bilgisi ve sistemin sıcaklık bilgileri bulunmaktadır.

Tablo 3. Uygulamalarda kullanılan mimariler.

	İşlemci Mimarisi	CPU Clock	CPU Core	CUDA Core	GPU Memory
İntel Xeon	İntel Xeon CPU	2.3GHz	1	-	-
Tesla V100-SXM2	İntel Xeon E5-2686 V4	2.3 GHz	18	5120	16 GB
Tesla T4	İntel Xeon CPU	2.2GHz	1	2560	16 GB

Tablo 4. Uygulamalarda kullanılan programlar.

Program No.	Kullanılan Algoritma	Kullanılan Veriseti	Veriseti Bũyũklũđũ	Eğitim Adım Sayısı
1	CNN	MNIST	60.000	12
2	LSTM	Nvidia Time Series Dataset	2.690	5
3	RNN	IMDB	25.000	10

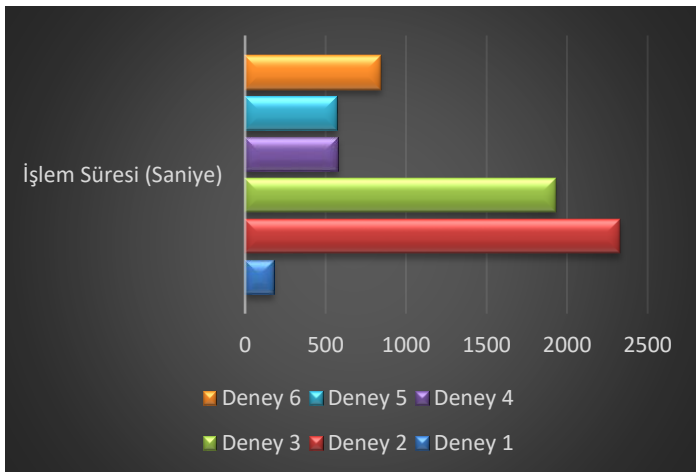
Tablo 5. Uygulama sonuçları.

Deney No.	Program No.	Mimari Adı	Toplam İşlem Süresi (saniye)	İşlem Başlangıcında Ölçülen Güç (Watt)	İşlem Bitiminde Ölçülen Güç (Watt)
1	1	GPU- Tesla T4	178	9W	32W
2	2	GPU- Tesla T4	2328	10W	32W
3	1	CPU- İntel Xeon (R) 2.3GHz	1928	3W	8W
4	2	GPU- Tesla V100-SXM2-16GB	577	38W	38W
5	3	GPU- Tesla T4	568	9W	32W
6	3	GPU- Tesla V100-SXM2-16GB	845	36W	37W

5. Sonuçlar

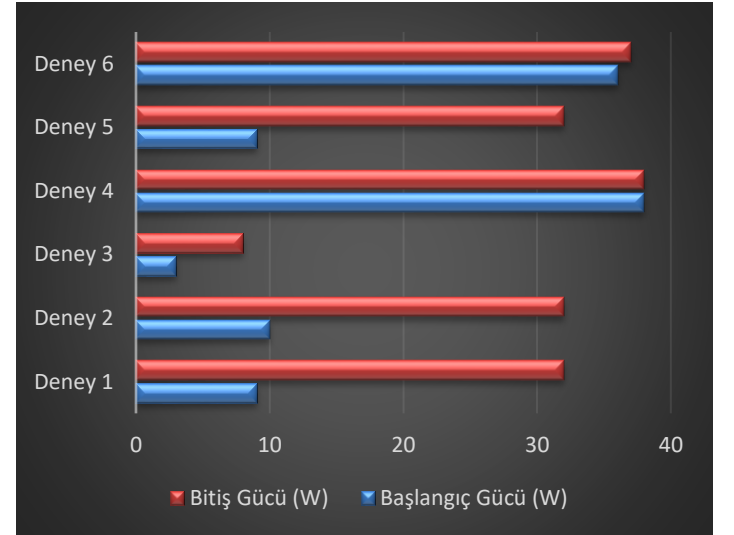
Bu çalışma kapsamında elde edilen en önemli bulgu veriseti boyutuna bağlı olarak işlemci mimarileri üzerinde güç tüketimi farklılıkları olmuştur. Alınan sonuçlara göre tablo 2 üzerinde verilen mimariler derin öğrenme uygulamalarında başarılı olmuştur. Ancak işlem süresi ve güç tüketimi bakımından farklı sonuçlar elde edilmiştir. Derin öğrenme algoritmaları ile farklı verisetleri ve mimariler üzerinde gerçekleştirilmiş uygulamalar farklı sürede tamamlanmış ve farklı seviyede güç tüketmişlerdir.

Tablo 4 üzerinde verilen deneylerin işlem süresi saniye cinsinden hesaplanmıştır. 6 adet deney yapılmıştır. Bir numaralı deneyde GPU-Tesla T4 mimarisi üzerinde Mnist veri seti kullanılarak CNN uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu deney 178 saniye sürmüştür. İki numaralı deney GPU-Tesla T4 mimarisinde Nvidia Time Series Dataset veri seti kullanılarak LSTM uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu deney 2328 saniyede tamamlanmıştır. Üç numaralı deney CPU- İntel Xeon (R) 2.3GHz mimarisi üzerinde Mnist veri seti kullanılarak CNN uygulaması gerçekleştirilmiştir. CPU üzerinde derlenen bu deney 1928 saniye sürmüştür. Dört numaralı deney GPU- Tesla V100-SXM2-16GB mimarisi üzerinde Nvidia Time Series Dataset veri seti kullanılarak LSTM uygulaması gerçekleştirilmiştir. Uygulama 577 saniyede tamamlanmıştır. Beşinci deney GPU-Tesla T4 mimarisi üzerinde derlenerek IMDB veri seti ile RNN uygulaması yapılmıştır. Bu uygulama 568 saniye sürmüştür. Altıncı deneyde GPU- Tesla V100-SXM2-16GB mimarisi üzerinde IMDB veri seti ile RNN uygulaması yapılmıştır. Bu deney 845 saniye sürmüştür. Gerçekleştirilen deneylerin işlem sürelerinin karşılaştırıldığı grafik Şekil 5 üzerinde verilmiştir.



Şekil 5. Deneylerin süre açısından karşılaştırması.

Gerçekleştirilen deneylerde her deney için ayrı ayrı başlangıç ve bitiş güç hesabı yapılmıştır. Bu hesaplama ile deneyler için harcanan güç ölçümleri ortaya çıkmıştır. Bu ölçümler; deney 1 için 23W, deney 2 için 22W, deney 3 için 5W, deney 4 için fark yok, deney 5 için 23W, deney 6 için 1W olarak ölçülmüştür. Şekil 6 üzerinde deneylerde harcanan güç miktarının karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 6. Deneylerde harcanan güç karşılaştırması.

Sonuç olarak, çalışma içerisinde kullanılan veri seti ve algoritmaların işlemci mimarileri üzerinde gerçekleşen güç tüketiminde etkili olduğu görülmüştür. Birinci ve üçüncü deneyde Mnist veri seti kullanılarak CNN uygulaması gerçekleştirilmesine rağmen işlem süresinde farklılık olduğu ölçülmüştür. İkinci ve dördüncü deneylerde farklı işlemci mimarileri üzerinde Nvidia Time Series veri seti kullanılarak LSTM uygulaması gerçekleştirilmiş fakat farklı işlem süresi ve güç tüketimi ölçülmüştür. Beşinci ve altıncı deneylerde farklı işlemci mimarileri üzerinde IMDB veri seti ile RNN uygulaması gerçekleştirilmiş ve farklı işlem süresi ve güç tüketimi ölçülmüştür.

Çalışmada mevcut işlemci mimarilerinde derin öğrenme uygulaması gerçekleştirildiğinde göz önünde bulundurulması gereken durumlar üzerinde deneyler yapılmıştır. Yazılım derlenirken uygulama da kullanılan veri seti büyüklüğü ve seçilen algoritma, mevcut işlemci mimarisi ile sınırlı kalmaktadır. Bu sınırın özellikle GPU mimarilerinde güç tüketimi ve çalışma süresini, CPU mimarisinde çalışma süresi bakımından etkilediği görülmüştür. Bu yüzden derin öğrenme

uygulamalarında etkili güç tüketimi için veri setinin büyüklüğü göz önünde bulundurularak uygun mimari seçilmelidir.

Kaynakça

- Själänder, M., Martonosi, M., & Kaxiras, S. (2014). Power-efficient computer architectures: Recent advances. *Synthesis Lectures on Computer Architecture*, 9(3), 1-96.
- Huang, L., Lü, Y., Ma, S., Xiao, N., & Wang, Z. (2019). SIMD stealing: Architectural support for efficient data parallel execution on multicores. *Microprocessors and Microsystems*, 65, 136-147.
- Li, T., Evans, A. T., Chiravuri, S., Gianchandani, R. Y., & Gianchandani, Y. B. (2012). Compact, power-efficient architectures using microvalves and microsensors, for intrathecal, insulin, and other drug delivery systems. *Advanced drug delivery reviews*, 64(14), 1639-1649.
- Katreepalli, R., & Haniotakis, T. (2019). Power efficient synchronous counter design. *Computers & Electrical Engineering*, 75, 288-300.
- Dehnavi, M., & Eshghi, M. (2018). Cost and power efficient FPGA based stereo vision system using directional graph transform. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 56, 106-115.
- Huynh, T. V., Mücke, M., & Gansterer, W. N. (2012). Evaluation of the Stretch S6 Hybrid Reconfigurable Embedded CPU Architecture for Power-Efficient Scientific Computing. *Procedia Computer Science*, 9, 196-205.
- Lautner, D., Hua, X., DeBates, S., Song, M., & Ren, S. (2018). Power efficient scheduling algorithms for real-time tasks on multi-mode microcontrollers. *Procedia computer science*, 130, 557-566.
- Wyant, C. M., Cullinan, C. R., & Frattesi, T. R. (2012). Computing performance benchmarks among cpu, gpu, and fpga. *Computing*.
- Mittal, S., & Vetter, J. S. (2014). A survey of methods for analyzing and improving GPU energy efficiency. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 47(2), 1-23.
- Betkaoui, B., Thomas, D. B., & Luk, W. (2010). Comparing performance and energy efficiency of FPGAs and GPUs for high productivity computing. In *2010 International Conference on Field-Programmable Technology* (pp. 94-101). IEEE.
- Mumcu, M. C., & Bayar, S. (2020). Parallel Implenetation Of The GPR Techniques For Detecting And Mapping Ancient Buildings By Using CUDA. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 352-359.
- Stratton, J. A., Anssari, N., Rodrigues, C., Sung, I. J., Obeid, N., Chang, L., ... & Hwu, W. M. (2012). Optimization and architecture effects on GPU computing workload performance. In *2012 Innovative Parallel Computing (InPar)* (pp. 1-10). IEEE.
- InAccel. (2018). Cpu Gpu Fpga or Tpu, <https://medium.com/@inaccel/cpu-gpu-fpga-or-tpu-which-one-to-choose-for-my-machine-learning-training-948902f058e0>, 15.03.2021.
- Kahoul, A., Constantinides, G. A., Smith, A. M., & Cheung, P. Y. (2009). Heterogeneous architecture exploration: Analysis vs. parameter sweep. In *International Workshop on Applied Reconfigurable Computing* (pp. 133-144). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Qasaimeh, M., Denolf, K., Lo, J., Vissers, K., Zambreno, J., & Jones, P. H. (2019). Comparing energy efficiency of CPU, GPU and FPGA implementations for vision kernels. In *2019 IEEE International Conference on Embedded Software and Systems (ICCESS)* (pp. 1-8). IEEE.
- Holm, H. H., Brodtkorb, A. R., & Sætra, M. L. (2020). GPU computing with Python: Performance, energy efficiency and usability. *Computation*, 8(1), 4.
- Bandyopadhyay, A., (2019). *Hands-On GPU Computing with Python: Explore the capabilities of GPUs for solving high performance computational problems*, Packt Publishing, ISBN-13: 978-1789341072
- Aydın, S., Samet, R., & Bay, Ö. F. (2020) Gpu Programlamada Cuda Platformu Kullanılan Paralel Görüntü İşleme Çalışmalarının İncelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 23(3), 737-754.
- Vaidya, B. (2018). *Hands-On GPU-Accelerated Computer Vision with OpenCV and CUDA: Effective techniques for processing complex image data in real time using GPUs*. Packt Publishing Ltd.
- Goz, D., Ieronymakis, G., Papaefstathiou, V., Dimou, N., Bertocco, S., Simula, F., ... & Taffoni, G. (2020). Performance and energy footprint assessment of FPGAs and GPUs on HPC systems using Astrophysics application. *Computation*, 8(2), 34.
- Lam, S. K., Pitrou, A., & Seibert, S. (2015). Numba: A llvm-based python jit compiler. In *Proceedings of the Second Workshop on the LLVM Compiler Infrastructure in HPC* (pp. 1-6).
- Okuta, R., Unno, Y., Nishino, D., Hido, S., & Loomis, C. (2017). Cupy: A numpy-compatible library for nvidia gpu calculations. In *Proceedings of Workshop on Machine Learning Systems (LearningSys) in The Thirty-first Annual Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS)* (p. 7).
- Kaehler, A., & Bradski, G. (2016). *Learning OpenCV 3: computer vision in C++ with the OpenCV library*. " O'Reilly Media, Inc."
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., ... & Duchesnay, E. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *the Journal of machine Learning research*, 12, 2825-2830.
- Klöckner, A., Pinto, N., Lee, Y., Catanzaro, B., Ivanov, P., & Fasih, A. (2012). PyCUDA and PyOpenCL: A scripting-based approach to GPU run-time code generation. *Parallel Computing*, 38(3), 157-174.
- Sriadihatla, S., & Baboji, K. (2019). Design and implementation of area and power efficient reconfigurable fir filter with low complexity coefficients. *Gazi University Journal of Science*, 32(2), 494-507.
- Öztürk, A., Allahverdi, N. & Saday, F. (2022). Application of artificial intelligence methods for bovine gender prediction. *Turkish Journal of Engineering*, 6 (1), 54-62.
- Karadağ, N., Çetinkaya, A. & Aydın, H. (2020). Yerel İkili Desenler Histogramları ile Covid-19 Tanılı Kişiler Üzerinde Kimlik Analizi ve Bildiri Sistemi. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6 (3), 172-183.
- Yılmaz, O., Aydın, H. & Çetinkaya, A. (2020). Faster R-CNN Evrimsel Sinir Ağı Üzerinde Geliştirilen Modelin Derin Öğrenme Yöntemleri ile Doğruluk Tahmini ve Analizi: Nesne Tespiti Uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 783-795.
- Nabiyev, V. V. (2003). *Yapay zeka: problemler-yöntemler-algoritmalar*. Seçkin Yayıncılık.

- Balci, M., Tasdemir, S., Ozmen, G., & Golcuk, A. (2022). Machine Learning-Based Detection of Sleep-Disordered Breathing Type Using Time and Time-Frequency Features. *Biomedical Signal Processing and Control*, 73, 103402.
- Abas, A. İ., Kocer, H. E., & Akhan Baykan, N. (2021). Medical image fusion with convolutional neural network in multiscale transform domain. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 29.
- Uysal, E., Yumusak, S., Oztoprak, K., & Dogdu, E. (2017). Sentiment analysis for the social media: A case study for turkish general elections. In *Proceedings of the SouthEast Conference* (pp. 215-218).
- Örnek, M. N., & Örnek, H. K. (2021). Developing a deep neural network model for predicting carrots volume. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-9.
- Koklu, M., Unlarsen, M. F., Ozkan, I. A., Aslan, M. F., & Sabanci, K. (2021). A CNN-SVM study based on selected deep features for grapevine leaves classification. *Measurement*, 110425.
- Lee, Y., & Shim, J. (2019). Deep learning and color histogram based fire and smoke detection research. *International journal of advanced smart convergence*, 8(2), 116-125.
- Bozkaya, F., Yusefi, A., Tıǧlıoǧlu, Ş., Kaya, A. K., Kazancı, O., Akmaz, M. Y., Durdu, A. & Sungur, C. (2021). Otonom Sistemlerde Veri Çoǧaltma Yöntemleri Kullanılarak İyileştirilmiş Gerçek Zamanlı Nesne Tespiti. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Ejosat Special Issue 2021 (ICCEES)*, 83-87.
- Dursun, Ö. O. & Toraman, S. (2021). Uzun Kısa Vadeli Bellek Yöntemi ile Havayolu Yolcu Tahmini. *Journal of Aviation*, 5 (2), 241-248.
- Sanapala, K. (2017). Two Novel Subthreshold Logic Families for Area and Ultra Low-Energy Efficient Applications: DTGDI & SBBGDI. *Gazi University Journal of Science*, 30(4), 283-294.
- Demirbas, A. A., & Çınar, A. (2020) Nesne Sınıflandırma İşlemi İçin Tensor İşleme Birimi ve Cpu Performans Karşılaştırması. *Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi*, 1(1), 10-15.
- Dodiu, E., & Gaitan, V. G. (2012). Custom designed CPU architecture based on a hardware scheduler and independent pipeline registers—Concept and theory of operation. In *2012 IEEE International Conference on Electro/Information Technology* (pp. 1-5). IEEE.
- Pereira, R., Couto, M., Ribeiro, F., Rua, R., Cunha, J., Fernandes, J. P., & Saraiva, J. (2017). Energy efficiency across programming languages: how do energy, time, and memory relate?. In *Proceedings of the 10th ACM SIGPLAN International Conference on Software Language Engineering* (pp. 256-267).
- Çetin, N. M., & Hacıömeroǧlu, M. (2013). Gpu Hızlandırılmalı Veri Demetleme Algoritmalarının İncelenmesi. *Ajit-E: Bilişim Teknolojileri Online Dergisi*, 4(11), 19-59.
- Nvidia Time Series Dataset, Modeling Time Series Data with Recurrent Neural Networks in Keras, Son Erişim Tarihi: 02.01.2021, <https://courses.nvidia.com/courses/course-v1:DLI+L-FX-24+V1/about> adresinden erişildi.
- Tensorflow Mnist Dataset, Loads the MNIST dataset, Son Erişim Tarihi: 05.01.2021, https://www.tensorflow.org/api_docs/python/tf/keras/dataset_s/mnist/load_data adresinden erişildi.
- Tensorflow IMDB Dataset, Loads the IMDB dataset, Son Erişim Tarihi: 09.01.2021, https://www.tensorflow.org/api_docs/python/tf/keras/dataset_s/imdb/load_data adresinden erişildi.
- Selvin, S., Vinayakumar, R., Gopalakrishnan, E. A., Menon, V. K., & Soman, K. P. (2017, September). Stock price prediction using LSTM, RNN and CNN-sliding window model. In *2017 international conference on advances in computing, communications and informatics (icacci)* (pp. 1643-1647). IEEE.
- Ullah, A., Ahmad, J., Muhammad, K., Sajjad, M., & Baik, S. W. (2017). Action recognition in video sequences using deep bi-directional LSTM with CNN features. *IEEE access*, 6, 1155-1166.
- Zhu, F., Ye, F., Fu, Y., Liu, Q., & Shen, B. (2019). Electrocardiogram generation with a bidirectional LSTM-CNN generative adversarial network. *Scientific reports*, 9(1), 1-11.



Mısırdaki Koçan ve Tane Ölçümlerinde Kullanılan Görüntü İşleme Yazılımlarından Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

Murat Cirit^{1*}, Ferhat Kaya², Niyazi Kılıç³, Fatih Kahrıman⁴

^{1*} Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Böl., Çanakkale, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0479-5181), murat_cirit_1905@hotmail.com

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-1447-7291), ferhattkaya6@gmail.com

³ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-3054-3957), klc.niyazi00@gmail.com

⁴ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6944-0512), fkahrıman@hotmail.com

(İlk Geliş Tarihi 11 Haziran 2021 ve Kabul Tarihi 17 Aralık 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.950996)

ATIF/REFERENCE: Cirit, M., Kaya, F., Kılıç, N. & Kahrıman, F. (2022). Mısırdaki Koçan ve Tane Ölçümlerinde Kullanılan Görüntü İşleme Yazılımlarından Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 20-25.

Özet

Mısır ıslahı ve yetiştiriciliğine yönelik araştırmalarda koçan ve tane özelliklerinin belirlenmesine yönelik ölçümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Geleneksel ölçümler oldukça fazla zaman alan ve fazla işgücü gerektiren yöntemlere dayanmaktadır. Son yıllarda bilgisayar bilimlerinin tarımsal araştırmalarda kullanımı oldukça yaygınlaşmış ve koçan/tane özelliklerinin görüntü analizlerine dayalı olarak belirleyebilen çeşitli alternatifler yazılımlar geliştirilmiştir. Bu çalışmada açıkta ve kontrollü tozlama yöntemleri ile 20 farklı genotipten elde edilen koçan örnekleri kullanılarak iki farklı yazılımın karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada görüntü işleme yazılımı olarak SmartGrain ve Fiji seçenekleri denenmiştir. Koçan uzunluğu (cm), koçan çapı (cm), koçanda tane sayısı (adet), tane çevresi (mm), tane boyu (mm) ile ilgili görüntü işleme yazılımları ile alınan sonuçlar kıyaslanmıştır. Araştırma bulgularına göre mısırdaki koçan ve tane gelişimini önemli şekilde etkileyen tozlama yöntemlerinin ölçülen özelliklerden bazıları üzerine önemli etkilere sahip olduğu görülmüştür. Kullanılan genotip gruplarına göre tozlama yöntemlerinin etkileri değişkenlik göstermiştir. İncelenen özelliklerden koçanda tane sayısının her iki yazılım ile de mükemmel bir şekilde tespit edilebileceği ($r=1$), buna karşın tane uzunluğu ve tane çevresi gibi ölçümlerde yazılımlardan elde edilen sonuçlar arasındaki benzerliğin zayıf olduğu dikkat çekmiştir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü analizi, Tohum morfolojisi, Koçan morfolojisi, Zea mays.

Comparison the Results Obtained from Image Processing Software Used for Ear and Kernel Measurements of Maize

Abstract

In studies on maize breeding and cultivation, ear and kernel measurements are needed. Traditional measurements are based on methods that are very time consuming and labor intensive. In recent years, the use of computer science in agricultural research has become widespread and various alternative software has been developed that can determine the ear/kernel characteristics based on image analysis. In this study, it is aimed to compare two different softwares by using ear samples obtained from 20 different genotypes by open and controlled pollination methods. In the study, SmartGrain and Fiji options were tried as image processing software. The results obtained with the image processing software were compared regarding the ear length (cm), the ear diameter (cm), the number of kernels per ear (number), the kernel circumference (mm), the kernel length (mm). According to the findings of the research, it has been observed that pollination methods that significantly affect the ear and kernel development in maize have significant effects on some of the measured traits. The effects of pollination methods varied according to the genotype used. It was noted that the number of kernels per cob could be determined perfectly by both software ($r=1$), but the similarity between the results obtained from the software was weak in measurements such as grain length and grain circumference.

Keywords: Image analysis, Kernel morphology, Ear morphology, Zea mays.

* Sorumlu Yazar: murat_cirit_1905@hotmail.com

1. Giriş

Mısır bitkisinin anavatanı Güney Amerika'dır ve dünyanın diğer bölgelerine Amerika kıtasının keşfinden sonra taşınmıştır. Mısır bitkisi farklı gıda maddelerinin üretiminde kullanılmaktadır (Yusuf ve ark, 2014). Tarımsal üretimde mısır, geleneksel gıda ve hayvan yemi olarak rol oynayan endüstriyel bir hammaddedir. Farklı alanlarda kullanılan mısırdaki ihtiyaç duyulan ürün miktarının karşılanması için yüksek verimli çeşitlerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, mısırdaki temel ıslah amaçlarından birisi verimin artırılmasıdır. Mısırdaki tane verimi koçanların büyüklüğüne, şekline, sayısına ve taşıdıkları tanelere bağlıdır. Verim artışı için ise verime etki eden özelliklerle ilgili ölçüm ve gözlemlerin yapılması gerekmektedir. Koçan ve tane özellikleri mısırdaki verimle ilişkili olduğu kabul gören özelliklerdir. Bu özellikler bitki başına koçan sayısı, koçan başına tane, tane uzunluğu, tane genişliğidir (Liang ve ark, 2016). Tane boyutuyla ilgili özellikler de doğrudan verimi etkilemektedir (Liu ve ark, 2019). Bu özellikler bilimsel literatürde en fazla çalışılan özellik grupları içerisinde yer almaktadır. Bunun temel nedeni hem koçan hem de tane morfolojisindeki değişimlerin tane verimi üzerine etkili olmasıdır.

Klasik metotlarla yapılan koçan ve tane ölçümleri yüksek iş gücü gerektiren ve uzun süre alan ölçümlerdir. Çoğu zaman fazla materyal ile çalışması gereken ıslah programlarının süresi ve etkinliğinin artırılması istendiğinden klasik ölçüm yöntemleri bu programları olumsuz etkilemektedir. Diğer taraftan klasik ölçüm teknikleri zaman alıcı ve en yüksek tane oranına sahiptir. (Ang-Wu ve ark. 2018). Bu nedenle daha pratik olan yöntemler üzerine yüksek bir çaba harcanmaktadır. Geliştirilen ölçüm yöntemleri özel bilgisayar programları yardımıyla koçan ve tane görüntülerinin işlenmesine yönelik araçlar geliştirilmiştir. Bu araçlar genel olarak kendi başına çalışan yazılımlar olabildiği gibi, açık kaynak kodlu ve ücretsiz platformlarda çalışabilir makrolar şeklinde hazırlanmıştır. Farklı bitki türlerinde tane morfolojilerinin görüntü verileri üzerinden tespit edebilen SmartGrain yazılımı bu seçeneklerden birisidir. Smart Grain yazılımı ile tane ölçümlerinin yapılması etkin ve hızlı bir çözümdür (Tanabata ve ark, 2012). SmartGrain yazılımı alan, çevre, uzunluk, genişlik gibi tohum parametrelerini belirlememizi sağlar ancak tohum rengi hakkında bir bilgi vermemektedir (Tanabata ve ark., 2012). Tohum analizlerini görüntü verilerine dayalı olarak yapabilen diğer bir alternatif yazılım GrainScan yazılımıdır. Bu yazılım tohum boyutu ve rengi hakkında sonuç verebilmektedir (Whan ve ark., 2014). Bunlara ilaveten tohum morfolojilerinin analizlerini gerçekleştirebilen SeedExtractor de Matlab programlama dili ile geliştirilmiş diğer bir yazılımdır (Zhu ve ark., 2020). Açık kaynak kodlu görüntü işleme dayalı araçlar içerisinde ImageJ platformunda çalışan yazılımlar da mevcuttur. Uluslararası Mısır ve buğday geliştirme merkezindeki (CIMMYT) araştırmacılar daha fazla sayıda mısır materyalinin koçan ve tane özellikleri hakkında daha doğru verileri toplamak için ImageJ platformunda çalışan bir program dosyası geliştirmiştir. Bu platform üzerine kurgulanmış Fiji olarak isimlendirilen versiyonu da mevcuttur. ImageJ/Fiji platformunda görüntü işleme araçlarının kullanılabilmesi için, ImageJ/Fiji programının analiz yapılacak bilgisayarda kurulu olması gerekir. Analiz dosyası bu yazılımın makro klasörüne konulduktan sonra ImageJ/Fiji platformu koçan/tane görüntü analizlerinin yapılması için hazır hale gelmektedir. Görüntü işleme dayalı analiz sonuçları verebilen bu yazılımlar farklı bitki türlerinde de

kullanıma uygundur ve bilimsel çalışmalarda farklı amaçlarla kullanılmışlardır.

Görüntü işleme teknikleri ve geliştirilen programlar yüksek verimli bilgi işlem ve dağıtılmış veri depolama özelliğine sahip bir alt yapıdır. Bu sistemlerden elde edilen veriler uzun süreli kayıt altında tutulabilmekte ve farklı amaçlar ile de kullanılabilir. Görüntü işleme yoluyla tane ve koçan özelliklerinin belirlenmesine izin veren birkaç yöntem vardır. 2009 yılında Pioneer (Hi-Bred International, inc., Iowa) tarafından patentlenen bir yöntemde görüntü işleme tekniklerini kullanarak tane sayısı, tane boyutu hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlamaktadır. Filtreleme, sınır belirleme, kenar bulma, renk seçimi ve spektral filtrelemeyi içeren algoritmaları kullanarak tane sayısını tane boyutu dağılımı hakkında bilgi edinmemizi sağlamaktadır. Kontrollü aydınlatma koşulları altında mısır tanesinin özelliklerini puanlayan yöntem (Miller ve ark., 2017) tarafından geliştirilmiştir. Tane boyutu özelliklerine ilişkin farklı tane boyutlarına sahip dört kendilenmiş mısır hattı üzerinde bir işleme popülasyonu geliştirilmiştir (Jiafa Chen ve ark., 2016). Mısırdaki tane sayısı üzerine yapılan bir çalışmada önce elle referans ölçümleri alınıp daha sonra dijital kamera ile 50 cm yükseklikten ve 45 cm bir alandan görüntüler alınmıştır. ImageJ tabanlı görüntü işleme yazılımı ile tane sayısı karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda ulaşılan verilerin %95 güven aralığında 100 ila 700 tane arasında değişmektedir. (Severini ve ark., 2011). Zhu ve ark., (2020) tarafından yürütülen çalışmada SeedExtractor yazılımını kullanarak alan, çevre, uzunluk, genişlik, dairesellik ve ağırlık merkezi sonuçlarını bulmuşlardır. SeedExtractor yazılımının SmartGrain yazılımından 30 kat, GrainScan yazılımından ise 6 kat daha hızlı olduğu görülmüştür. Görüntü işleme yazılımlarının büyük çoğunluğu tane tutumu sağlayan materyallere yönelik test edilmiştir. Tozlama yöntemleri koçan ve tane tutumuna yönelik büyük oranda rol oynamaktadır. Mevcut yazılımların farklı yöntemlerle çoğaltılmış koçan örnekleri üzerinde geçerli sonuç verilirken verilemediği hala bilinmemektedir.

Bu çalışmanın amaçları; i) Farklı mısır genotiplerinde koçan ve tane özelliklerindeki değişime farklı tozlama yöntemlerinin etkisinin araştırılması, ii) Geleneksel ölçüm yöntemleri ile görüntü işleme yazılımlarından elde edilen sonuçların karşılaştırılmasıdır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Deneme Materyali ve Tarla Denemesi

Bu çalışmada materyal olarak 20 adet mısır genotipi kullanılmıştır (Tablo 1). Bu genotipler tane rengi endosperm yapısı ve genel karakteristikleri bakımından farklılık gösteren materyallerdir. Ayrıca mısır çalışmalarına konu olan 5 farklı materyal grubuna örnek olarak seçilmişlerdir. Tarla denemesi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Dardanos Araştırma ve Uygulama Biriminin'de yürütülmüştür. Deneme alanı killi-tınlı toprak yapısına sahip olup, mısır yetiştiriciliği için uygun niteliktedir. İklim özellikleri bakımından Çanakkale ili geçiş iklimi özelliği göstermektedir. Deneme sezonunda da iklim özellikleri bakımından uzun yıllar ortalamalarına benzer bir yıl yaşanmıştır. Tarla denemesinde her genotip tek sıralı iki metrelik parsellere ekilmiştir. 2020 yılında Mayıs ayının 2. haftasında gerçekleştirilmiştir. Sıra arası mesafe 70 cm, sıra üzeri mesafe ise 20 cm olacak şekilde ekim yapılmış ve dekara 7140 bitki hedeflenerek bu işlem gerçekleştirilmiştir. Deneme iki tekerrürlü olarak kurulmuş ve tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülmüştür.

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Genotipler (Table 1. The genotypes used in this study)

Materyal Türü	Kodu	Temin Edildiği Yer
Yerel Popülasyonlar	KP1, KP2, KP3, KP4, KP5, KP6, KP7	ÇOMÜ
Deneyisel Hibrit	D1, D2, D3	ÇOMÜ
Kendilenmiş Hat	HAT1, HAT2, HAT3, HAT4, HAT5, HAT6, HAT7, HAT8, HAT9	ÇOMÜ
Ticari Hibrit	TH1	MAY Tohum

Genotipler arasında polen bulaşmasının engellenmesi ve materyallerin kendi karakterlerini koruması açısından kontrollü tozlama yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada Kahrıman ve ark. (2015) tarafından önerilen toplu tozlama yöntemine göre tozlamalar gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla çiçeklenme zamanında her bir sıra ayrı ayrı kontrol edilerek ve koçan ucu görünen bitkilerin koçanı özel bir kâğıt yardımı ile koruma altına alınmıştır. Her sırada koruma altına alınan bitkilerden 3-5 adedine tepe püskülü kâğıdı takılmıştır. Bu işlem tozlamadan bir gün öncesinde gerçekleştirilmiştir. Tozlama işlemi ertesi gün sabah 8:00 ile 10:00 saatleri arasında yapılmıştır.

Tarla denemesinde bitkilerin sağlıklı olarak gelişebilmesi için gerekli olan bakım ve yetiştiricilik işlemleri yerine getirilmiştir. Deneme alanı damla sulama sistemi ile 7-10 gün sıklıkla sulanarak ve bitkilerin gelişim durumu ve topraktaki nem durumuna göre ilave sulama yapılmıştır. Gübreleme işlemi sulama ile birlikte dekara 18 kg saf azot hesabıyla her sulamayla birlikte eşit miktarda olacak şekilde bölünmek suretiyle uygulanmıştır.

2.2. Koçan Analizleri

Tarla denemesinde bitkilerin hasat zamanı dış görünüşlerine göre ve koçan nem içeriklerine göre belirlenmiştir. Yaprakları kuruyan bitkilerde pin tipi nem ölçer (MT808 Moisture Meter, Electrophysics, Canada) kullanılarak nem içeriği Reid ve ark. (2010) tarafından önerilen yöntemle tespit edilmiştir ve nem içeriği %20-30 arasında hasat gerçekleştirilmiştir. Her genotip başına 6 adet açıkta tozlanan 6 adet kontrollü tozlanan koçan hasat edilmiş ve bu örnekler üzerinde çalışma yürütülmüştür. Hasat sonrasında yapılan referans ölçümleri aşağıdaki yöntemlere göre yapılmıştır.

Koçan Uzunluğu (cm): Örneklenen koçanlar kavuzlarından ayırdıktan sonra cetvel yardımıyla ölçümler yapılmıştır.

Koçan Çapı (mm): Koçanın orta kısmında dijital kumpas kullanılarak ölçümler elde edilmiştir.

Koçan görüntülerinin alınmasında ve görüntü işleme analizleri sırasında iki farklı görüntü işleme yazılımından yararlanılmıştır. Yararlanılan programlar ImageJ/Fiji ve Uluslararası Buğday ve Mısır Araştırma Merkezi (CIMMYT) tarafından geliştirilen EarAnalyzer programıdır. Koçan ölçümleri alınan örneklerden Makanza ve ark. (2018) tarafından önerilen yöntemle göre ölçümler alınmıştır. Koçan örneklerinden 40 cm uzakta konumlandırılan fotoğraf makinesi (16 megapixel çözünürlüklü) yardımıyla dijital görüntü alınmıştır. Arka fon olarak 2 farklı fon kullanılmıştır. Siyah ve kırmızı renkli tohumlar için beyaz fon kullanılmıştır. Alınan görüntüler bu programın geliştiricileri tarafından önerilen işlem basamaklarına göre gerçekleştirilmiş sonuçlar kaydedilmiştir.

2.3. Tane Analizleri

Koçan görüntüleme analizlerinin ardından koçanlar tanelenmiş aşağıda belirtilen yöntemlere göre ölçümler yapılmış ve görüntü işleme sonucunda elde edilen verilerin eşleştirilebilmesi için tohum tepsilerinde sıralı olarak muhafaza edilmiş ve ölçümlere genotip-uygulama kodları verilerek tane ölçümleri kayıt altına alınmıştır.

Koçanda Tane Sayısı (adet): Koçan ölçümlerinin tamamlanmasının ardından her koçan örneği ayrı ayrı tanelenerek sayılmış ve tek koçanda tane sayısı belirlendikten sonra bu örnekler birbiriyle karışmayacak şekilde tane ve sömek örnekleri olarak muhafaza edilmiştir.

Referans ölçümleri alınan taneler tohum tepsilerindeki sıraları bozulmayacak şekilde görüntü alma işleminde kullanılmıştır. Bu kapsamda her koçana ait tohum görüntüleri masaüstü tarayıcı ve standart fotoğraf makinesi kullanılarak en az 300 dpi çözünürlükte JPEG formatında kaydedilmiştir. Alınan görüntüler ayrı ayrı Fiji (ImageJ) ve SmartGrain yazılımlarına aktarılmış tohum morfolojisi ile ilgili sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Fiji programına dijital görüntülerin alınması ve işlenmesi Makanza ve ark. (2018), SmartGrain programındaki analizler ise Tanabata ve ark. (2012) tarafından önerilen şekilde gerçekleştirilmiş ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır.

2.4. İstatistik Analizler

Çalışmadan elde edilen veriler R paket programında analiz edilmiştir (R Core Team, 2019). Genotip ve tozlama uygulamalarının etkisini irdelemek amacıyla faktöriyel düzende varyans analizi yapılmıştır. Farklı bulunan varyans kaynaklarına ait ortalamalar t testi ile karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda genotip ortalamaları genel ortalama ile karşılaştırılarak grafiksel olarak gösterilmiştir. Açıkta tozlama ve kendileme uygulamaları ise genotip düzeyinde ayrı ayrı kıyaslanmıştır. Referans ölçümler ve görüntü işleme yazılımlarından elde edilen sonuçlar arasındaki benzerlikler Pearson korelasyonu ile irdelenmiştir. Korelasyon analizleri grafiksel olarak gösterilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Koçan Ölçümü Sonuçları

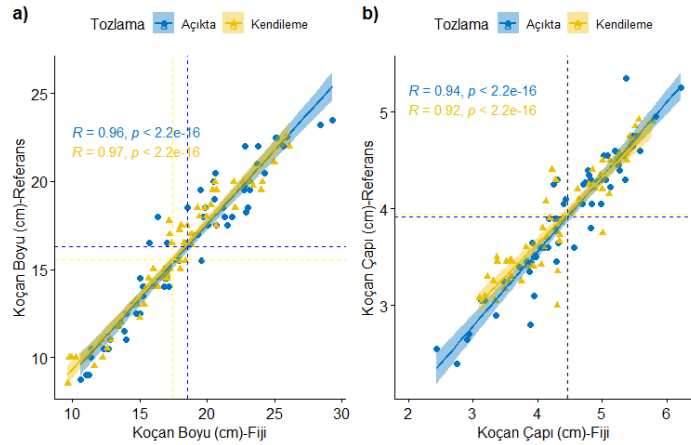
Yapılan varyans analizi sonucunda koçan boyu değerlerinin referans analiz ölçümlerinde ve görüntü işleme analizlerinde, genotip, tozlama yöntemi ve G x T interaksyonundan etkilendiği görülmektedir (Tablo 2). Çalışmanın sonucunda araştırmada kullanılmış olan mısır çeşitlerinin Koçan çapı değerlerinin referans ölçümlerinde ve görüntü işleme yöntemlerindeki değerlerinin tozlama yönteminden, genotip ve G x T interaksyonundan etkilenmişlerdir (Tablo 2).

Tablo 2. Koçan Özelliklerine ait Varyans Analizi Sonuçları (Table 2. The Results of Variance Analysis for Ear Traits)

Varyans Kaynağı	SD	Koçan Boyu (Referans)	Koçan Boyu (Fiji)	Koçan Çapı (Referans)	Koçan Çapı (Fiji)
Tekerür	2	0.41	3.08	0.05	0.13
Genotip (G)	19	69.9**	84.3**	1.67**	2.79**
Tozlama (T)	1	17.6**	36.9**	0.04	0.01
GxT	19	8.15**	12.4**	0.36**	0.53**
Hata	78	2.48	4.24	0.08	0.12

*P<0.05; **P<0.01

Yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre, cetvel ile ölçülen koçan boyu değerleri ve görüntü analizleri ile elde edilen değerler arasında pozitif yönde ve istatistiki olarak önemli bir korelasyon olduğu ($r=0.95$; $p<0.05$) belirlenmiştir (Şekil 1). Farklı tozlama uygulamalarında bu ilişkinin önemli bir değişime uğramadığı dikkat çekmektedir. Yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre, referans ölçümlerinde koçan çapı değerleri ve Fiji görüntü analizleri ile elde edilen değerler arasında pozitif yönde ve istatistiki olarak önemli bir korelasyon olduğu ($r=0.92$) belirlenmiştir (Şekil 1). Farklı tozlama uygulamalarında bu ilişkinin önemli bir değişime uğramadığı dikkat çekmektedir.



Şekil 1. Açıkta tozlama ve kendileme uygulamalarından referans ve görüntü işleme yöntemleri ile elde edilen koçan boyu (a) ve koçan çapı (b) ölçümleri arasındaki ilişkiler (Figure 1. Relationships between ear length (a) and ear diameter (b) measurements obtained by reference and image processing methods from open pollination and selfing applications)

Koçan boyu mısırdaki verim ile ilişkilendirilen önemli özelliklerden birisidir (Li ve ark., 2020). Bu çalışmada alınan ölçümlere dayalı olarak koçan boyu değerlerinin bazı materyallerde tozlama yöntemi ve kullanılan genotipin etkileşiminden kaynaklanan nedenlerle farklı sonuçlar verebileceği anlaşılmaktadır. Buna karşın korelasyon testi sonuçlarının her iki tozlama yöntemi için de yüksek ($r=0.95$) bulunmuş olması görüntü analizlerine dayalı koçan boyu ölçümlerinin çoğu materyal için güvenilir sonuç verdiğini göstermiştir. Miller ve ark. (2017) görüntü işleme dayalı koçan uzunluğu ölçümlerinin referans ölçüm ile arasında 0,99'lük bir korelasyon olduğunu belirlemiştir. Koçan uzunluğu ölçümlerinde bizim çalışmamızda tespit edilen korelasyon bu çalışmadan düşük bulunmuştur. Bu durumun temel nedeni kullanılan yazılımların algoritmaları ve görüntü işleme sürecinde uygulanan adımların farklı olmasından ileri gelmektedir. Ayrıca bizim çalışmamızda kullanılan materyallerin genetik özellikleri bakımından çeşitlilik göstermesi bu farklılığa neden olmuş olabilir. Nitekim araştırmamızda ticari hibritler, köy popülasyonları ve deneysel hibritlerin yanı sıra kendilenmiş hatlardan oluşan bir materyal seti kullanılmıştır.

3.1. Tane Ölçüm Sonuçları

Yapılan varyans analizi sonucunda Tane sayısı değerlerinin referans analiz ölçümlerinde ve görüntü işleme analizlerinde, Genotip ve Genotip x Tozlama yöntemi etkileşimine bağlı olarak değiştiği anlaşılmaktadır (Tablo 3). Yapılan varyans analizi sonucunda Tane çevresi değerlerinin SmartGrain analiz ölçümlerinde ve Fiji görüntü işleme analizlerinde, genotip ve G x T interaksiyonundan etkilendiği görülmektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Tane Özelliklerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları (Table 3. The Results of Variance Analysis for Kernel Traits)

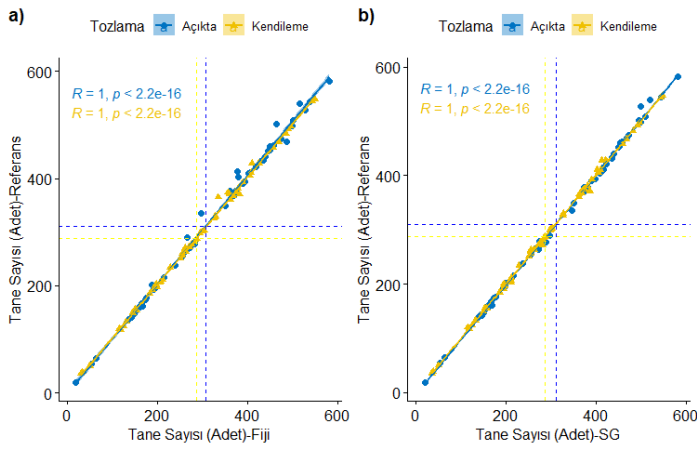
Varyans Kaynağı	SD	Tane Sayısı (Referans)	Tane Sayısı (SG)	Tane Sayısı (Fiji)	Tane Çevresi (SG)	Tane Çevresi (Fiji)	Tane Uzunluğu (SG)	Tane Uzunluğu (Fiji)
Tekerür	2	6062	6176	6188	2.28	4.72	0.27	0.32
Genotip (G)	19	70840**	70209**	69818**	111.8**	104.4**	13.3**	14.8**
Tozlama (T)	1	15061	16136	12788	0.30	3.69	0.06	0.22
GxT	19	21720**	21263**	21094**	5.16**	7.18**	0.88**	1.60**
Hata	78	4880	4724	4791	1.75	2.35	0.26	0.35

Yapılan korelasyon analizleri sonuçlarına göre referans ölçüm yöntemleri, SmartGrain ve Fiji yazılımlarında ölçülen tane sayısı değerleri arasında pozitif yönde ve istatistiki olarak önemli bir korelasyon olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Fakat Tane sayısı değerlerine ölçüm sonuçlarına göre ortalamaların (Referans

ölçüm yöntemleri, SmartGrain ve Fiji yazılımlarında) kendileme uygulamasının daha düşük bir ranja sahip olduğu görülmüştür. Kahrıman ve ark. (2015). Mısırdaki farklı tozlama yöntemlerinin tane sayısı üzerine önemli bir etkisi olduğunu ve kendilenen koçanlarda tane sayısının açıkta tozlamadan daha düşük olduğu

bulunmuştur. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar da bu araştırmanın sonuçlarına benzerlik göstermektedir.

Mısırdaki verim birbirine bağlı olan koçan ve tane karakterlerin bir fonksiyonudur (Makanza ve ark., 2018). Genotiplere göre tane sayısı değişkenlik göstermekle birlikte normal bir mısır koçanında 350-400 adet tane oluşmaktadır. Tane sayısının belirlenmesi yüksek işgücü ve emek gerektiren bir işlemdir. Çalışmamızda hem Fiji hem de SmartGrain yazılımları ile açıkta veya kendilenmiş koçanlarda tane sayısının yüksek doğrulukla belirlenebileceği tespit edilmiştir. Makanza ve ark. (2018) tarafından yürütülen çalışmada 180 koçan üzerinde tane sayımı yapılmış referans veriler ile ölçüm sonuçları arasında doğrusal bir korelasyon ($r = 0.98$; $p < 0.001$) olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda yapılan korelasyon analizleri sonucu referans ölçümlerin hem açıkta ($r=1$) hem de kendileme ($r=1$) tozlamada doğrusal bir korelasyon olduğu görülmüştür. Bu durum referans tohum sayısı değerleri ile görüntü işleme yöntemlerinden elde edilen sonuçların aynı sıralamaya sahip olduğunu göstermektedir.

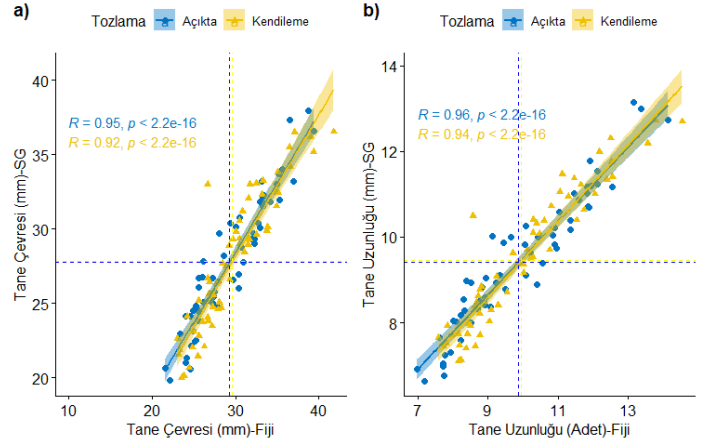


Şekil 2. Açıkta tozlama ve kendileme uygulamalarından referans ve görüntü işleme yöntemleri ile elde edilen tane sayısı ölçümleri arasındaki ilişkiler (Figure 2. Relationships between kernel count measurements obtained by reference and image processing methods from open pollination and selfing treatments)

Bitki gelişimi ve tane dolun döneminde tane boyutu çevre koşullarına göre farklılıklar göstermektedir. Ayrıca tohumun koçan üzerindeki konumu hem tohum büyüklüğünü hemde tohum şeklini belirler. Küçük taneler koçan ucundan, büyük taneler koçanın baş kısmından ve diğerleri ise orta kısımdan çıkma eğilimindedir (Kara, 2011). Düşük verimden kaynaklanan düşük kaliteli tohum, zayıf tohum çimlenme özellikleri ve zayıf fide gücü gibi birçok faktör vardır. Büyük tohumların tane verim performansı küçük tohumların tane verim performansından daha yüksektir (Graven ve Carter, 1990). Korelasyon testi sonuçlarına göre, açıkta tozlama yönteminin ($r=0.91$) kendileme yöntemine ($r=0.89$) kıyasla nispeten daha güvenilir sonuç verdiği ifade edilebilir.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre, SmartGrain analiz ölçümlerinde tane çevresi değerleri ve Fiji görüntü analizleri ile elde edilen değerler arasında pozitif yönde ve istatistiki olarak önemli bir korelasyon olduğu ($r=0.91$) belirlenmiştir (Şekil 3'a). Farklı tozlama uygulamalarında bu ilişkinin önemli bir değişime uğramadığı dikkat çekmektedir. Tane çevresi ölçümlerinde tespit edilen en düşük ve en yüksek ölçümler dikkate alındığında, tozlama uygulamalarının değişim aralıklarının benzer olduğunu söylemek mümkündür.

SmartGrain analiz ölçümlerinde tane uzunluğu değerleri ve Fiji görüntü analizleri ile elde edilen değerler arasında pozitif yönde ve istatistiki olarak önemli bir korelasyon olduğu ($r=0.93$) belirlenmiştir (Şekil 3'b). Farklı tozlama uygulamalarında bu ilişkinin önemli bir değişime uğramadığı dikkat çekmektedir. Tane boyundaki değişim aralıkları her iki tozlama yönteminde de birbirine yakın bulunmuştur.



Şekil 3. Açıkta tozlama ve kendileme uygulamalarından SmartGrain ve Fiji analizleri ile elde edilen tane çevresi (a) ve tane uzunluğu (b) ölçümleri arasındaki ilişkiler (Figure 3. Relationships between kernel circumference (a) and kernel length (b) measurements obtained by SmartGrain and Fiji analyzes from open pollination and selfing treatments)

4. Sonuç

Bu araştırma sonucunda mısırdaki koçan ve tane ölçümlerinde kullanılan yazılımların ölçüm yapılan özelliğe göre değişken sonuç verdiği belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan Fiji ve SmartGrain yazılımlarından elde edilen sonuçlardan koçan uzunluğu, koçan çapı, tane uzunluğu ve tane sayısı değerlerinde yüksek bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Özellikle koçanda tane sayısını belirlemede her iki yazılımında aynı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Tane eni ölçümlerinde ise program çıktılarının düşük bir benzerliğe sahip olduğu görülmüştür. Kullanılan tozlama uygulamasının etkileri dikkate alındığında koçan çapı ve tane çevresi ölçümlerinde kendileme uygulaması için farklı programlardan elde edilen sonuçlar arasındaki benzerliğin, açıkta tozlamadan nispeten düşük olduğu bulunmuştur. Diğer özelliklerde ise ölçüm sonuçlarının her iki grubunda da korelasyon katsayılarının aynı olduğu belirlenmiştir. Bu özelliklerde yapılacak ölçümlerin tozlama yönteminden etkilenmediği ifade edilebilir. Diğer özellikler için ise farklı işleme yöntemlerine ihtiyaç olabilir.

İleriki çalışmalarda farklı görüntü işleme yazılımlarının kullanılmasının ve referans ölçümlerin çeşitlendirilmesinin yararlı olabileceği düşünülmektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK-2209A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında 1919B012000636 nolu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden ötürü TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Chen, J., Zhang, L., Liu, S., Li, Z., Huang, R., Li, Y., Cheng, H., Li, X., Zhou, B., Wu, S., Chen, W., Wu, J., & Ding, J. (2016). The genetic basis of natural variation in kernel size and related traits using a four-way cross population in maize. *PLoS ONE*, 11(4): e0153428.
- Graven, L.M., & Carter, P.R. (1990). Seed size/shape and tillage system effect on corn growth and grain yield. *Journal of Production Agriculture*, 3, 445-452.
- Kahrıman, F., Egesel, C.Ö., Aydın, T., & Subaşı, S. (2015). The role of artificial pollination and pollen effect on ear development and kernel structure of different maize genotypes. *Journal of Pollination Ecology*, 15, 6-14.
- Kara, B. (2011). Tohum büyüklüğü ve şeklinin mısırın tane verimine ve bazı başak özelliklerine etkisi. *Mahsul Araştırmaları*, 12(3): 680-685.
- Li, T., Qu, J., Tian, X., Lao, Y., Wei, N., Wang, Y., Hao, Y., Zhang, X., Xue, J., & Xu, S. (2020). Identification of ear morphology genes in maize (*Zea mays* L.) using selective sweeps and association mapping. *Front. Genet.*, 11, 747.
- Liang, X., Wang, K., Huang, C., Zhang, X., Yan, J., & Yang, W., (2016). A high-throughput maize kernel traits scorer based on line-scan imaging. *Measurement*, 90, 453-460.
- Liu, M., Tan, X., Yang, Y., Liu, P., Zhang, X., Zhang, Y., Wang, L., Hu, Y., Ma, L., Li, Z., Zhang, Y., Zou, C., Lin, H., Gao, S., Lee, M., Lubberstedt, T., Pan, G., & Shen, Y., (2019). Analysis of the genetic architecture of maize kernel size traits by combined linkage and association mapping. *Plant Biotechnology Journal*, 18, 207-221.
- Makanza, R., Zaman-Allah, M., Cairns, J.E., Eyre, J., Burgueño, J., Pacheco, Á., Diepenbrock, C., Magorokosho, C., Tarekegne, A., Olsen, M., & Prasannai B.M. (2018). High-throughput method for ear phenotyping and kernel weight estimation in maize using ear digital imaging. *Biomedcentral (BMC)*, 4, 2-13.
- Miller, N.D., Haase, N.J., Lee, J., Kaeppler, S.M., Leon, N., Spalding, E.P., 2017. A robust, high-throughput method for computing maize ear, cob, and kernel attributes automatically from images. *The Plant Journal*, 89:169-178.
- R Core Team, (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Severini, A.D., Borrás, L., & Cirilo, A.G. (2011). Counting maize kernels through digital image analysis. *Crop Science*, 51, 2796-2800.
- Tanabata, T., Shibaya, T., Hori, K., Ebana, K., & Yano, M. (2012). Smart Grain: high-throughput phenotyping software for measuring seed shape through image analysis. *Plant Physiology*, 160:1871-1880.
- Whan, A.P., Smith, A.B., Cavanagh, C.R., Ral, J.P., Shaw, L.M., Howitt, C.A., & Bischof, L. (2014). GrainScan: a low cost, fast method for grain size and colour measurements. *Plant Methods*, 10:23.
- Wu, A., Zhu, J., Yang, Y., Liu, X., Wang, X., Wang, L., Zhang, H., & Chen, J. (2018). Classification of corn kernels grades using image analysis and support vector machine. *Advances in Mechanical Engineering*, 10(12):1-9.
- Yusuf, C.S., Makate, N., & Jacop, R. (2014). Effect of seed size on germination and early growth of maize. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4, 1-3.



Evre Uyumlu Optik OFDM Sistemler için Karmaşık Aşırı Öğrenme Makinası Tabanlı Doğrusal Olmayan Denkleştirici

Ahmet Güner^{1*}

¹ Bingöl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-4073-7931), aguner@bingol.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 27 Ağustos 2021 ve Kabul Tarihi 24 Aralık 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.987797)

ATIF/REFERENCE: Güner, A. (2022). Evre Uyumlu Optik OFDM Sistemler için Karmaşık Aşırı Öğrenme Makinası Tabanlı Doğrusal Olmayan Denkleştirici. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 26-31

Öz

Radio-over-Fiber (RoF), 5G ve ötesi sistemlerde daha uzun iletişim mesafelerinde daha hızlı veri iletimi için alternatif bir çözüm olarak sunulmaktadır. RoF'un alt bileşenlerinden birisi olan optik haberleşme sistemlerinde evre uyumlu alıcıların kullanımı önemli kazanımlar sağlamaktadır. Bu çalışmada MQAM evre uyumlu-OFDM alıcılar için iletişim kanalının doğrusal ve doğrusal olmayan etkilerini kompanze etmek amacıyla karmaşık-Aşırı Öğrenme Makinesi (K-AÖM) tabanlı doğrusal olmayan denkleştirici önerilmiş ve Monte Carlo benzetimleri ile performans analizleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karmaşık Aşırı Öğrenme Makinası, evre uyumlu optik OFDM, fiber doğrusal olmayan etki.

Complex Extreme Learning Machine-based Nonlinear Equalizer for Coherent Optical OFDM Systems

Abstract

Radio-over-Fiber (RoF) is offered as an alternative solution for faster data transmission over longer transmission distances in 5G and beyond systems. The use of coherent receivers provides significant gains in optical communication systems which is one of the sub-components of RoF. In this paper, a complex Extreme Learning Machine-based nonlinear equalizer was proposed to compensate for linear and nonlinear effects of the transmission channel for MQAM coherent-OFDM receivers, and performance analyzes were performed with Monte Carlo simulations.

Keywords: Complex Extreme Learning Machine, coherent optical OFDM, fiber nonlinearity.

* Sorumlu Yazar: aguner@bingol.edu.tr

1. Giriş

Günümüz teknolojisinde, artan taleplerin sonucunda veri iletişim kapasitesinin ve hızının artırılabilirdiği yeni haberleşme teknolojilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Radio-over-Fiber (RoF) sistemleri hem 5G hem de ötesi için alternatif bir çözüm olarak araştırmacılar tarafından ele alınmaktadır. RoF sistemlerinde, kablosuz ve optik haberleşme sistemlerinin birleştirilmesiyle kapasite ve hareketliliğin genişletilebildiği güçlü çözümler sunulmaktadır. RoF sistemlerinin alt bileşeni olan optik haberleşme sistemleri ile daha uzun mesafelere daha hızlı veri iletişim imkanı sağlanmaktadır (Jia et al., 2015).

Optik haberleşme sistemlerinde evre uyumlu (coherent) alıcıların kullanılması ile optik haberleşmeye olan ilgi daha fazla artmıştır (Kikuchi 2016). Çünkü evre uyumlu haberleşmedeki asıl amaç, alıcının yeteneklerini geliştirmek ve böylelikle daha uzun mesafelerde haberleşme gerçekleştirebilmektir. Örneğin, algılama yeteneğini arttırmaya yönelik genlik ve fazın aynı anda algılanması ve ileri düzey modülasyon biçimlerinin kolaylık adapte edilebilmesi sadece bir kaçıdır (Torres-Zugoide et al., 2016).

OFDM, yüksek spektral verimlilik sağlayan ve semboller arası girişime karşı dayanıklı çok taşıyıcılı modülasyon biçimidir. Evre uyumlu optik OFDM sistemler, hem evre uyumlu optik alıcıların ve hemde OFDM tekniğinin avantajlarını kullanabilmektedir (Yazgan et al., 2014).

Evre uyumlu optik OFDM sistemlerinde, OFDM tekniğinin semboller arası girişimin olduğu durumlarda sahip olduğu avantaj sayesinde, optik kanallardaki kromatik dispersiyon (CD) ve polarizasyon-mod dispersiyon (PMD) gibi doğrusal bozucu etkiler denkleştirici kullanılarak kolayca düzeltilmektedir.

Evre uyumlu optik OFDM sistemler, optik kanalın doğrusal ve doğrusal olmayan bozucu etkilerini alıcıda kompanse etmek için denkleştirici kullanımına imkan sağlamaktadır. Özellikle doğrusal olmayan bozucu etkiyi kompanse etmek için farklı sayısal sinyal işleme teknikleri (özellikle doğrusal olmayan denkleştiriciler) üzerine çalışılmaktadır. Örneğin, sayısal geri yayılım algoritması yoğun FFT kullanmasından dolayı fazla hesaplama karmaşıklığı gerektirmektedir (Gao et al., 2013). Dispersiyon ve doğrusal olmayan bozucu etkileri düzeltmek için öncesinde ve sonrasında düzeltme (pre-and post-compensation) tekniği kullanılmıştır (Lowery 2007). Bu teknik hem vericide (öncesi) hemde alıcıda (sonrası) kullanılmasından dolayı işlem karmaşıklığı gerektirmektedir. Volterra modeli doğrusal olmayan sinyal işlemede en yaygın kullanılan tekniktir (Giacoumidis et al., 2014). Bu tekniğin en büyük dezavantajı diğerleri gibi işlem yüküdür. Yapay sinir ağları, doğrusal olmayan karar sınırlarına sahip olmasından dolayı doğrusal olmayan bozucu etkileri düzeltmek için kullanılan bir başka yöntemdir (Jarajreh et al., 2015). YSA yöntemi, diğerleriyle karşılaştırıldığında daha az hesaplama karmaşıklığına sahiptir.

Bu çalışmada, MQAM evre uyumlu optik OFDM sistemleri için Karmaşık Aşırı Öğrenme Makinası (K-AÖM) tabanlı doğrusal olmayan denkleştirici sunulmuştur. K-AÖM tek gizli katmanlı ileri beslemeli sinir ağına sahiptir ve çıkış katsayılarını analitik olarak hesaplamaktadır. Bu özelliklerinden dolayı hız ve daha iyi genelleme başarımı gibi üstünlükleri bulunmaktadır (Güner et al., 2016).

Çalışmanın 2. bölümünde, evre uyumlu optik OFDM sistemlerinin genel blok yapısı gösterilmekte ve sistemin işleyişi

anlatılmaktadır. Daha sonra karmaşık Aşırı Öğrenme Makinesi tabanlı doğrusal olmayan denkleştirici ile frekans düzlemi doğrusal kanal denkleştirici yapıları hakkında bilgi verilmektedir. 3. bölümde benzetim çalışmalarında kullanılan teknikler ve parametrelerden bahsettikten sonra elde edilen benzetim sonuçları sunulmaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Evre Uyumlu Optik OFDM Sistemi

Evre uyumlu optik OFDM sistemin blok yapısı içerisinde bulunan her bir alt bileşen Şekil 1'de gösterilmektedir. Evre uyumlu optik OFDM sisteminde ilk olarak 0 ve 1'lerden oluşan veriler, iletim sırasında kullanılacak semboller için seçilen MQAM modülasyon türüne göre eşleştirilerek veri setleri oluşturulur. Ters hızlı Fourier dönüşümü (IFFT) işleminden sonra OFDM sembolleri, iki IQ optik modülatör (Mach-Zehnder Modulator-MZM) ile elektriksel sinyalden optik sinyale dönüştürülür ve optik kanala iletilir.

Optik hat, benzer uzunluklara sahip birden çok fiberden oluşur. Mevcut optik ağlar ve fiber optik iletişim sistemleri, standart tek modlu fiber (standard single mode fiber-SSMF) temellidir. Optik kanalların zayıflatıcı etkisinden dolayı, optik kanal boyunca her bir bölünmüş uzunluk boyunca iletilen sinyalin hat zayıflamaları için erbiyum katkılı fiber kuvvetlendirici (erbium-doped fiber amplifier-EDFA) kullanılır.

Alınan optik sinyal, yerel osilatör lazer (LD2) ile optik sinyal 90° optik hibrit kullanılarak elektriksel sinyale dönüştürülür. Sonra elektriksel sinyaller, FFT işlemiyle zaman düzleminden frekans düzlemine geçirilerek OFDM alt taşıyıcılarındaki veri setleri elde edilir. Daha sonra optik kanalın veri setleri üzerindeki bozucu etkilerinin giderilmesi için sinyal işleme yöntemleri kullanılır.

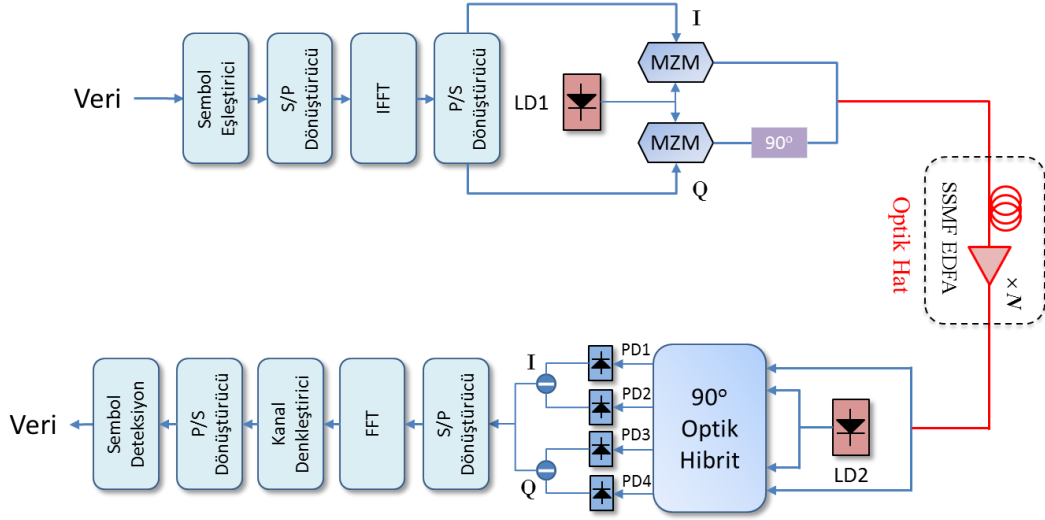
2.2. Karmaşık Aşırı Öğrenme Makinası Tabanlı Doğrusal Olmayan Denkleştirici

Karmaşık Aşırı Öğrenme Makinası (K-AÖM), tek gizli katmanlı ileri beslemeli sinir ağı için önerilen bir öğrenme algoritmasıdır. K-AÖM'nin giriş ağırlıkları ve gizli katman eşik değerleri geleneksel ileri beslemeli ağların aksine rastgele üretilir ve tüm süreç boyunca sabit kalır. K-AÖM'nin çıkış ağırlıkları ise analitik yolla hesaplanır. Bu yaklaşım ile hızlı öğrenme süreci gerçekleştirilir (Güner et al., 2016).

Verilen karmaşık değerli eğitim örnek serisinde $y_i \in \mathbb{C}^n$ giriş verilerini ve $x_i \in \mathbb{C}^m, i = 1, 2, \dots, N$ çıkış verilerini ifade etmektedir. M tane gizli katman nöron ve karmaşık aktivasyon fonksiyonlu $g_c(z)$ tek gizli katmanlı ileri beslemeli sinir ağının çıkışı;

$$\sum_{k=1}^M \beta_k g_c(w_k \cdot y_i + b_k) = x_i, \quad i = 1, \dots, N \quad (1)$$

Burada, $w_k \in \mathbb{C}^n$ karmaşık giriş ağırlık sütun vektörünü, $\beta_k \in \mathbb{C}^m$ karmaşık çıkış katmanı ağırlık vektörünü, $b_k \in \mathbb{C}$ k 'ninci gizli sinir hücresinin karmaşık eşik değerini ve x_i ise tek gizli katmanlı ileri beslemeli ağın çıkışını göstermektedir. $(w_k \cdot y_i)$, w_k ve y_i 'nin içsel çarpımınıdır.



Şekil 1. Evre uyumlu Optik OFDM sisteminin blok gösterimi (Figure 1. Block diagram of Coherent Optical OFDM system).

Önerilen K-AÖM tabanlı doğrusal olmayan denkleştiricide, öncelikle eğitim dizileri kullanılarak (β) karmaşık çıkış katmanı ağırlık vektörü hesaplanır. Eğitim dizisi verileri kullanılarak tek gizli katmanlı ileri beslemeli ağ çıkışı;

$$\sum_{k=1}^M \beta_k g_c(w_k \cdot \tilde{y}_i + b_k) = \tilde{x}_i, \quad i = 1, \dots, N \quad (2)$$

şeklinde yazılır. Burada \tilde{y} alıcının girişindeki eğitim dizisi verisini, \tilde{x} orijinal eğitim dizisi verilerini ifade etmektedir. (2) denklemini N tane eşitlik matris formunda;

$$\tilde{X} = H\beta \quad (3)$$

olarak yazılabilir. Burada H gizli katman çıkış matrisini, β çıkış katmanı ağırlıklarının ve \tilde{X} ise çıkış vektörünü ifade etmektedir ve H , β ve \tilde{X} ifadeleri (4) ve (5) denklemlerinde verilmiştir.

$$H = \begin{bmatrix} g_c(w_1 \cdot \tilde{y}_1 + b_1) & \cdots & g_c(w_M \cdot \tilde{y}_1 + b_M) \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ g_c(w_1 \cdot \tilde{y}_N + b_1) & \cdots & g_c(w_M \cdot \tilde{y}_N + b_M) \end{bmatrix}_{N \times M} \quad (4)$$

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_1^T \\ \vdots \\ \beta_M^T \end{bmatrix}_{M \times 1} \quad \tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_1^T \\ \vdots \\ \tilde{x}_N^T \end{bmatrix}_{N \times 1} \quad (5)$$

K-AÖM de ağırlık eğitilmesi β 'nın hesaplanması ile gerçekleştirilmektedir.

$$\beta = H^\dagger \tilde{X} \quad (6)$$

Burada H^\dagger , H 'ın Moore Penrose genelleştirilmiş tersini göstermektedir (Li et al., 2005). K-AÖM algoritması üç adım ile aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- adım 1. Rasgele olarak karmaşık giriş ağırlığı (w_k) ve karmaşık eşik değeri (b_k) seçilir.
- adım 2. Karmaşık gizli katman çıkış matrisi (H) hesaplanır.
- adım 3. Karmaşık çıkış katmanı ağırlıkları (β) (6) denklemini ile hesaplanır.

Daha sonra hesaplanan karmaşık çıkış katmanı ağırlıkları (β) ve alınan veriler (y) kullanılarak (3) denklemini ile denkleştirme işlemi gerçekleştirilmektedir.

2.3. Frekans Düzlemi Doğrusal Kanal Denkleştirici

Çoklu-taşıyıcı modülasyonlarda, her bir alt taşıyıcı için yüksek doğrulukla kanal kazancını kestirebilmek önemlidir. OFDM sistemlerinde, kanal katsayılarının kestiriminden sonra alınan sinyal üzerindeki bozucu etkileri kompanze etmek için genel olarak tek-taplı frekans düzlemi denkleştirici kullanılmaktadır.

$$\hat{X}_k = \frac{Y_k}{\hat{H}_k} \quad (7)$$

burada k alt-taşıyıcı indeksi, \hat{X}_k denkleştirilmiş sinyal, \hat{H}_k k.alt-taşıyıcıya karşılık gelen kestirilen kanal katsayısı ve Y_k FFT işleminden sonra alınan sinyali ifade etmektedir.

$$\hat{H}_k = \frac{Y_{TSk}}{X_{TSk}} \quad (8)$$

FFT işleminden sonra kanal katsayıları (8) denklemini kullanılarak hesaplanmaktadır. Gerçekleştirilen işlem gönderilen ve alınan eğitim dizilerinin doğrusal olarak bir birlerine oranlanmasından ibarettir. Bu nedenle sinyalin yayılımında oluşan doğrusal olmayan etkiler (7) denklemini ile gösterilen denkleştirici yapısı ile düzeltilememektedir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Benzetim

CO-OFDM haberleşme sistemi üzerinde optik kanal bozucu etkilerini araştırmak için Şekil 1'de gösterilen blokların MATLAB platformunda benzetimi oluşturuldu. Fiber içerisinde optik sinyal yayılımı, doğrusal olmayan Schrödinger denklemini (Non-Linear Schrödinger Equation-NLSE) ile modellenmektedir (Jiang et al., 2018).

$$\frac{\partial A}{\partial z} + \frac{j\beta_2}{2} \frac{\partial^2 A}{\partial t^2} + \frac{\alpha}{2} A = j\gamma A|A|^2 \quad (9)$$

burada A sinyalin zarfi, z iletim mesafesi, β_2 grup hız yayılım parametresi, α zayıflatma katsayısı ve γ doğrusal olmayan faktördür (Jiang et al., 2018). İletim kanal bloğunun benzetimi, bölünmüş adım Fourier yöntemi (Split-Step Fourier Method-SSFM) ile gerçekleştirildi. Optik haberleşme sistemlerinde bu yöntem, dispersiyon etkileri ve doğrusal olmayan bozucu etki gibi kanal bozulmalarının benzetimini gerçekleştirmek için birçok uygulama tarafından kullanılmaktadır (Ma et al., 2004). Tablo 1 ve Tablo 2’de, benzetimlerde kullanılan OFDM ve optik fiber parametrelerinin değerleri verilmektedir. K-AÖM için analitik yaklaşımla aktivasyon fonksiyonu $\text{arcsinh}(z) = \int_0^z dt / [(1+t^2)^{1/2}]$ ve gizli katman nöron sayısı 20 olarak seçilmiştir.

Benzetim çalışmalarında, dispersiyon düzeltici fiber kullanılmamıştır. Fiber kablonun dispersiyon etkileri alıcıda sinyal işleme yöntemleriyle düzeltilmiştir.

Tablo 1. OFDM Parametreleri (Table 1. OFDM Parameters)

Parametre	Değer
FFT/IFFT uzunluğu (N_{FFT})	128
Alt taşıyıcı sayısı	80
Çevrimsel örnek	% 6.25
Modülasyon	QPSK, 16QAM
OFDM simge hızı	39.06 MHz

Tablo 2. Fiber Optik Parametreleri (Table 2. Fiber Optical Parameters)

Parametre	Değer
Dalga boyu (λ)	1550 nm
Kromatik dispersiyon parametresi	16 ps/(nm.km)
PMD katsayısı	0.1 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
Doğrusal olmayan katsayısı (γ)	1.32 (W.km) $^{-1}$
Zayıflatma (α)	0.2 dB/km
EDFA gürültü oranı	5 dB
Bölünmüş uzunluk	100 km
Fiber	SSMF

Performans analizlerinde, bit hata oranı (bit error rate-BER) ve optik sinyal gürültü oranı (OSNR) performans ölçümü için kullanılmıştır. Optik SNR ile geçerli SNR arasındaki ilişki (10) denklemi ile ifade edilmektedir.

$$OSNR(dB) = 10 \log_{10} [SNR] + 10 \log_{10} \left(\frac{2B_f}{R_s} \right) \quad (10)$$

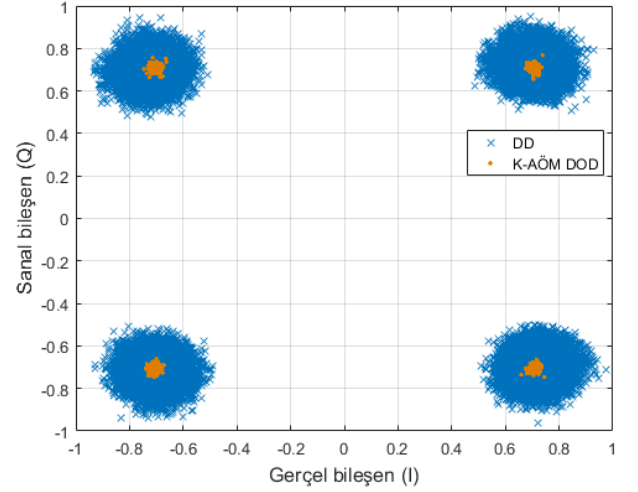
burada B_f referans bant genişliğini (en yaygın olarak kullanılan referans bant genişliği 0.1 nm veya 12.5 GHz’dir) ve R_s sembol oranıdır.

Benzetim çalışmaları, 100 bağımsız kanal üzerinden gerçekleştirildi. Gürültü, toplanır beyaz Gauss gürültüsü olarak modellendi. Verici tarafta, veri bitleri sözde rasgele ikili dizi (Pseudorandom Binary Sequence-PRBS) üretici kullanılarak üretildi ve sonra QPSK ve 16QAM modülasyon türleri ile eşleştirildi. Benzetim çalışmalarında sistemin mükemmel olarak senkronize olduğu ve taşıyıcı frekans kayma etkisinin kompanze edildiği kabul edilmiştir. Benzetim çalışmalarında, fiber doğrusal olmayan bozucu etki, optik gürültü ve dispersiyon gibi optik haberleşme kanalına ait ve sinyalin yayılımında etkili olan parametreler dikkate alındı. Doğrusal bir etkiye sahip olan

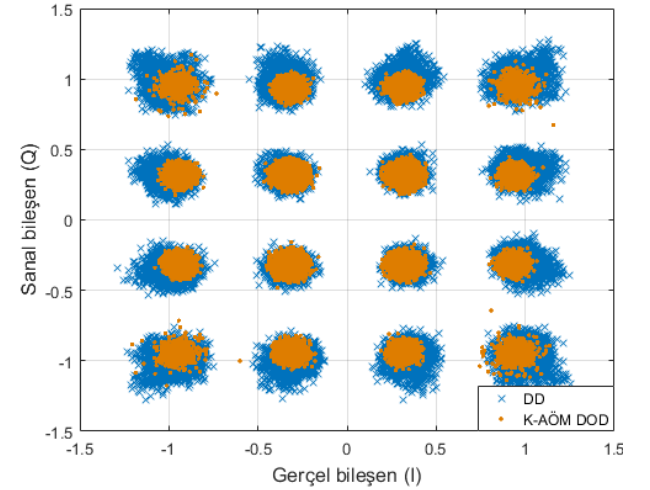
dispersiyon sinyalin sadece yoğunluğunu etkilemektedir. Fakat fiber doğrusal olmayan bozucu etki ise sadece sinyalin yoğunluğunu değil ayrıca fazını da etkilemektedir. Bu nedenle CO-OFDM haberleşme sistemlerinde amaçlanan doğrusal olmayan denkleştiricinin farklı senaryolar altında analizleri gerçekleştirildi.

3.1. Benzetim Sonuçları ve Tartışma

İlk olarak doğrusal olmayan etkiden daha çok dispersiyon etkisinin dikkate alındığı optimum başlatma güç noktasından önceki doğrusal bölgedeki durum incelenmiştir.



Şekil 2. 600 km iletimden sonra QPSK CO-OFDM sinyalinin denkleştirici çıkışındaki yıldız kümesi diyagramı (Figure 2. Output signal constellation of QPSK CO-OFDM after 600 km transmission)

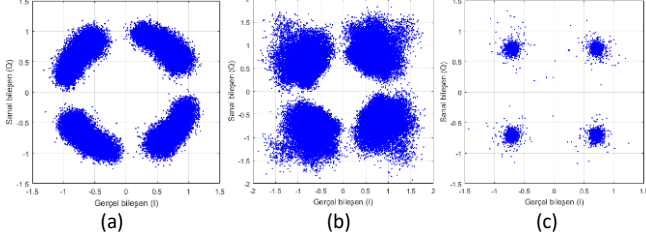


Şekil 3. 400 km iletimden sonra 16QAM CO-OFDM sinyalinin denkleştirici çıkışındaki yıldız kümesi diyagramı (Figure 3. Output signal constellation of 16QAM CO-OFDM after 400 km transmission)

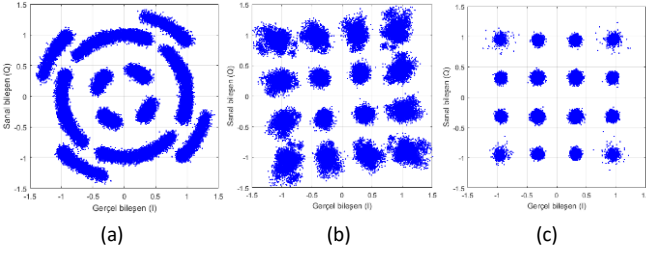
Şekil 2 ve Şekil 3’de, QPSK ve 16QAM modülasyonlu OFDM sinyallerinin denkleştiricilerin çıkışındaki yıldız kümesi diyagramları gösterilmektedir. Yıldız kümesi diyagramı üzerindeki noktaların dağılımları incelendiğinde her iki denkleştiricinin dispersiyon etkisini düzelttiği iki şekilde de görülmektedir. Fakat doğrusal denkleştiriciyle (DD) karşılaştırıldığında, K-AÖM tabanlı doğrusal olmayan

denkleştirici (K-AÖM DOD) dispersiyon etkisini azaltmakta ve yıldız kümesi diyagramı üzerindeki modülasyon türüne göre referans noktalara odaklanılmasında daha başarılı olduğu anlaşılmaktadır.

Fiber kablo uzunluğunun artırılmasıyla etkisi artan fiber doğrusal olmayan ve dispersiyon etkilerinin alınan sinyal üzerindeki ve denkleştirici çıkışındaki değişimleri Şekil 4 ve Şekil 5'de gösterilmektedir.



Şekil 4. 800 km iletimden sonra QPSK CO-OFDM sinyalinin (a) denkleştiriciden önce (b) DD sonra (c) K-AÖM DOD sonra (Figure 4. QPSK CO-OFDM signal after 800 km transmission (a) before equalizer (b) after DD (c) after K-AOM DOD)

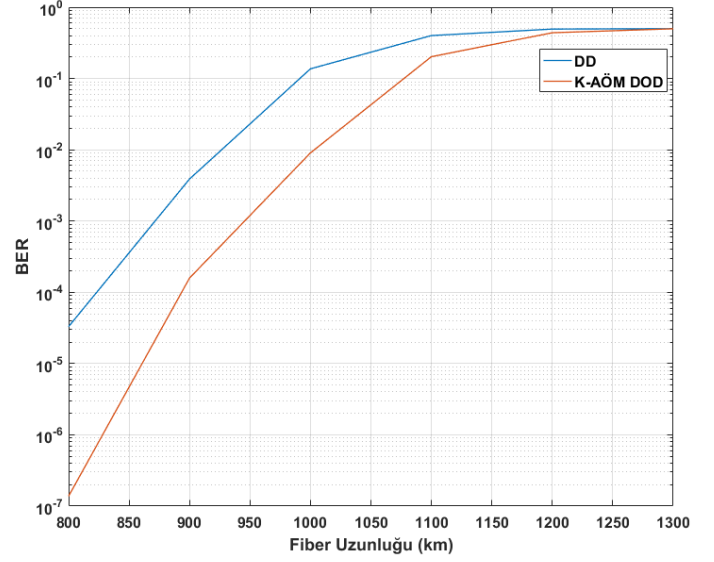


Şekil 5. 600 km iletimden sonra 16QAM CO-OFDM sinyalinin (a) denkleştiriciden önce (b) DD sonra (c) K-AÖM DOD sonra (Figure 5. 16QAM CO-OFDM signal after 600 km transmission (a) before equalizer (b) after DD (c) after K-AOM DOD)

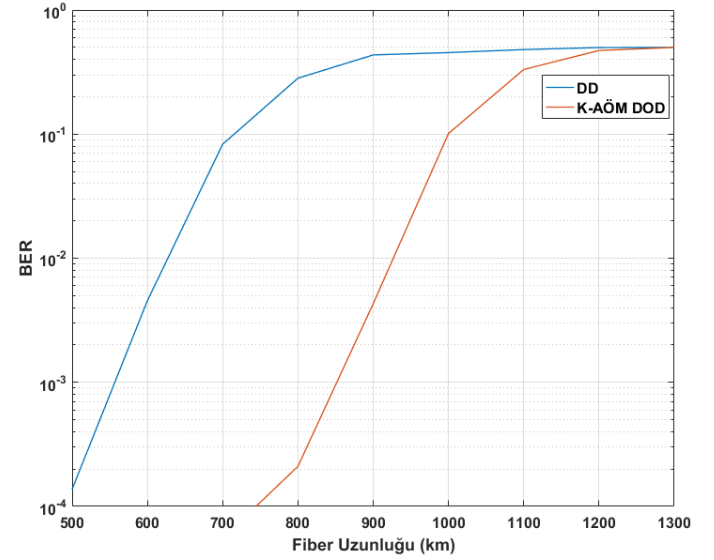
Sırasıyla QPSK ve 16QAM için denkleştirici kullanılmadığı durumdaki alınan sinyale ait yıldız kümesi diyagramı üzerindeki noktalar Şekil 4.a ve Şekil 5.a'daki gibi bir dağılım göstermektedir. Fiber kablo uzunluğunun bir fonksiyonu olan dispersiyon ve fiber doğrusal olmayan bozucu etki, alınan sinyale ait yıldız kümesi noktalarının dairesel olarak yayılmasına ve saçılmasına neden olmaktadır. Doğrusal denkleştirici çıkışındaki sinyale ait yıldız kümesi diyagramı üzerindeki değişim Şekil 4.b ve Şekil 5.b'de gösterilmektedir. Alınan sinyal üzerindeki dispersiyon etkisi düzeltilebilmiş fakat fiber doğrusal olmayan bozucu etkiden dolayı oluşan saçılım etkisi tam olarak düzeltilememiştir. Önerilen denkleştirici çıkışındaki sinyale ait yıldız kümesi diyagramı üzerindeki değişim Şekil 4.c ve Şekil 5.c'de gösterilmektedir. Yıldız kümesi diyagramı üzerindeki noktaların değişimlerine dikkat ile bakıldığında, önerilen denkleştiricinin hem dispersiyon hem de doğrusal olmayan etkinin alınan sinyal üzerindeki etkilerini azaltma noktasında doğrusal denkleştiriciye göre daha başarılı olduğu gösterilmektedir.

Şekil 4 ve Şekil 5'deki değişimler denkleştiricilerin kullanımı ile daha uzun mesafelere güvenilir bir iletişimin gerçekleştirilebileceğinin göstergesidir. Bu sebepten dolayı Şekil 6 ve Şekil 7'de, önerilen denkleştirici ile doğrusal denkleştiricinin farklı fiber kablo uzunluklarındaki performans değişimleri gösterilmektedir. İletim kanalının bozucu etkilerine

karşı önerilen denkleştiricinin doğrusal denkleştiriciye göre daha başarılı olmasından dolayı, önerilen denkleştirici ile daha uzun mesafelere güvenli iletişim imkanı mümkün olmaktadır. Örneğin, ileri hata düzeltme (forward error correction-FEC) sınırı olan $BER = 10^{-3}$ değerine doğrusal denkleştirici ile QPSK ve 16QAM için yaklaşık 870 ve 560 km fiber kablo uzunluğunda ulaşılırken, önerilen denkleştirici ile yaklaşık 950 ve 850 km fiber kablo uzunluğunda ulaşmaktadır.



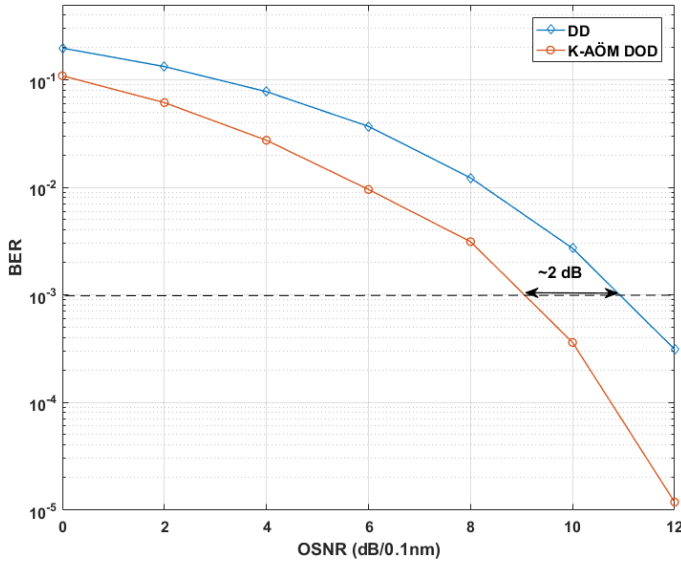
Şekil 6. QPSK için farklı fiber uzunluklara karşı kanal denkleştiricilerin BER başarımları (Figure 6. BER performances of channel equalizers different fiber lengths for QPSK)



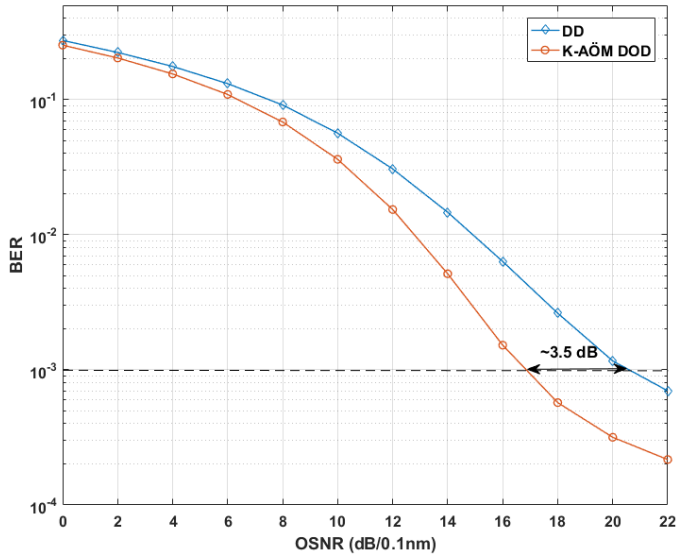
Şekil 7. 16QAM için farklı fiber uzunluklara karşı kanal denkleştiricilerin BER başarımları (Figure 7. BER performances of channel equalizers different fiber lengths for 16QAM)

Fiber doğrusal olmayan bozucu etkinin düşük olduğu bölgede, QPSK ve 16QAM için farklı optik gürültü seviyelerindeki BER performanslarının karşılaştırılması Şekil 8 ve Şekil 9'da gösterilmektedir. Denkleştiricileri

karşılaştırdığımız zaman, FEC sınırı için önerilen denkleştiriciyle QPSK modülasyonunda yaklaşık 2 dB ve 16QAM modülasyonunda yaklaşık 3.5 dB'lik bir kazanç elde edilmektedir.



Şekil 8. 700 km iletimden sonra QPSK için OSNR değişimine karşı kanal denkleştiricilerin BER başarımları (Figure 8. BER performances of channel equalizers versus OSNR for QPSK after 700 km transmission)



Şekil 9. 500 km iletimden sonra 16QAM için OSNR değişimine karşı kanal denkleştiricilerin BER başarımları (Figure 9. BER performances of channel equalizers versus OSNR for 16QAM after 500 km transmission)

4. Sonuç

Optik haberleşme sistemlerinde evre uyumlu OFDM alıcılar için makine öğrenme tekniği olan karmaşık Aşırı Öğrenme Makinası tabanlı doğrusal olmayan denkleştirici önerildi. K-AÖM içerisinde karmaşık ve doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonunun kullanılması ile önerilen denkleştiricinin iletim kanalının doğrusal olmayan etkilerinin etkin olduğu durumlarda

daha başarılı olduğu yapılan analizlerle gösterildi. OFDM sisteminde kullanılan klasik frekans düzlemi denkleştiricisi (doğrusal denkleştirici) ile önerilen denkleştirici, farklı iletişim mesafelerinde ve optik gürültü seviyelerinde karşılaştırıldığı zaman önerilen denkleştiricinin sağlamış olduğu avantajlar başarımlarıyla gösterildi.

Kaynakça

- Jia Z., Yu J., and Chang G. K. (2006). A full-duplex radio-over-fiber system based on optical carrier suppression and reuse. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 18, no. 16, pp. 1726–1728.
- Kikuchi K. (2016). Fundamentals of coherent optical fiber communications. *J. Lightw. Technol.*, vol. 34, no. 1, pp. 157–179.
- Torres-Zugaide J., Aldaya I., Campuzano G., and Castano G. (2016). Hammerstein-based equalizer for nonlinear compensation in coherent OFDM long-reach PONs. *International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON)*, pp. 1-3, 2016, Trento, Italy.
- Yazgan A., and Çavdar İ.H. (2014). Optimum link distance determination for a constant signal to noise ratio in M-ary PSK modulated coherent optical OFDM systems. *TELECOMMUNICATION SYSTEMS*, vol. 55, pp. 461-470.
- Gao G., Zhang J., and Gu W. (2013). Analytical evaluation of practical DBPbased intra-channel nonlinearity compensators. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 25, no. 8, pp. 717–720.
- Lowery A. J. (2007). Fiber nonlinearity pre-and post-compensation for long-haul optical links using OFDM. *Opt. Exp.*, vol. 15, no. 20, pp. 12965–12970.
- Giacoumidis E., Aldaya I., Jarajreh M. A., Tsokanos A., Thai Le S., Farjady F., Jaouën Y., Ellis A. D., and Doran N. J. (2014). Volterra-Based Reconfigurable Nonlinear Equalizer for Coherent OFDM. *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 26, no. 14, pp. 1383-1386.
- Jarajreh M.A., Giacoumidis E., Aldaya I., Le S.T., Tsokanos A., Ghassemlooy Z., and Doran N. J. (2015). Artificial neural network nonlinear equalizer for coherent optical OFDM. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 27, no. 4, pp. 387-390.
- Güner A, Alçin Ö.F. and Üstündağ M. (2016). Feature Analysis of Time and Frequency Domain for Automatic Modulation Classification. *International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium*, pp. 404-408, 2016, Malatya, Türkiye.
- Li M.B., Huang G.B., Saratchandran P. and Sundararajan H. (2005). Fully complex extreme learning machine. *Neurocomputing*, vol. 68, pp. 306-314.
- Jiang L., Yan L., Yi A., Pan Y., Hao M., Pan W., Luo B., and Jaouen Y. (2018). Chromatic Dispersion, Nonlinear Parameter, and Modulation Format Monitoring Based on Godard's Error for Coherent Optical Transmission Systems. *IEEE Photonics Journal*, vol. 10, no. 1, pp. 1-12.
- Ma C. P. and Kuo J. W. (2004). Orthogonal frequency division multiplex with multi-level technology in optical storage application. *Japanese Journal of Applied Physics*, vol. 43, no. 4878.



Mevcut Binalarda Taşıyıcı Sistem Düzensizliklerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma

Varol Koç^{1*}

^{1*} Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-4810-3845), kvarol@omu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 11 Ekim 2021 ve Kabul Tarihi 6 Aralık 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1008230)

ATIF/REFERENCE: Koç, V. (2022) Mevcut Binalarda Taşıyıcı Sistem Düzensizliklerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 32-39.

Öz

Yapıların deprem davranışları geçmişte ve günümüzde çokça araştırılmış ve araştırılmakta olan bir konudur. Deprem sel davranış açısından yapısal düzensizliklerin ağır hasarlara ve göçmelere sebep olabildiği bilinmektedir. Binanın depreme karşı dayanımlı olabilmesi, sistem düzensizliklerinin az olmasına doğrudan bağlıdır. Örneğin düzensizliklerin en yaygın ve önemlilerinden biri olan yumuşak kat düzensizliği, katlar arasında rijitlik farklılıkları oluşması nedeniyle, bu düzensizliğin görüldüğü yerlerde göçmeler meydana getirebilir ve genelde yapıların ilk katlarında görülür. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre, sadece planda düzensizlik durumlarından başlıcaları şöyledir: Burulma Düzensizliği, Döşeme Süreksizlik Düzensizliği, Plan Geometrisi Düzensizliği, Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması Durumu (Ortogonal Olmama Düzensizliği).

Bilindiği üzere topraklarının yarısından çoğu deprem bölgesinde bulunan Türkiye'de, geçmiş yıllarda birçok deprem meydana gelip kalıcı hasarlar bırakmıştır. Bu hasarların sebeplerinden bazıları, yanlış yer seçimi, bilgi- tecrübe eksikliği, düşük maliyet isteği, yapılacak olan yapının hızlı bitmesinin istenmesi ve tasarımcılar arası iletişimin yetersizliğidir. Bazen deprem bölgelerinde yaşanan depremlere duysuz kalınıp, yıkılan binaların yerine mevcut ve benzer tekniklerle ve hemen hemen aynı tasarımlar ile yeni binalar yapılmaya devam edilmiştir. Deprem konusu hafife alınmayacak kadar önemli olduğundan, bütün toplumun bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Topluma, temel düzeyde de olsa, yapı düzensizlikleri konusunda bilgi kazandırılabilir ve bu da, yapılacak yapılar için mimari düzensizliklerden kaçınmaya yönelik tasarımlar yapılması yönünde zorlayıcı bir neden oluşturabilir. Deprem güvenli bir yapı için; deprem güvenli mimarlık anlayışı olmalıdır. Zira inşa edilecek yapı, ilk olarak tasarlanmalıdır. Tasarımın alt yapısı ise öncelikle mimarlık ve mühendislik müfredatında depreme yönelik tasarım dersinin ayrı ve zorunlu bir ders olarak katılması ve ders içeriklerinin iyileştirilmesi ile sağlanacaktır.

Yanlış kentleşme, çevre düzenine uyulmaması, binaların bitişik nizam inşası, gereğinden fazla düzensiz ve büyük yapılması, hasarları artıran etkenlerdendir. Yıkıcılık etkisi en büyük olan sığ deprem çeşidi, ülkemizde en fazla görülen deprem türüdür. Dolayısıyla ülkemizde düzensiz tasarımlardan kaçınmak mantıklı olacaktır. Bu bilgilerin ışığında bu çalışmada, Türkiye'de mimari olarak düzensiz binalara eğilimin ne oranda olduğunu küçük çaplı bir araştırma ile ve belli hatlarıyla anlayabilmek için, Samsun ili Atakum ilçesinde 420 adet bina, gözlemsel metod ile incelenmiş ve uygulamadaki mevcut düzensizliklerin çeşitleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Betonarme yapılar, Taşıyıcı sistem, Depreme dayanıklı yapı tasarımı, İstenmeyen düzensizlikler, Mimari tasarım, Gözlemsel bina incelemesi, Deprem sel yapı davranışı

* Sorumlu Yazar: kvarol@omu.edu.tr

A Study on the Determination of Structural System Irregularities in Existing Buildings

Abstract

The seismic behavior of buildings is an important issue that has been frequently researched in the past and today. It is known that structural irregularities can cause severe damages and collapses in terms of the behavior of structures under the effects of the earthquake. The earthquake resistance of the building is directly dependent on the minority of the system's irregularities. For instance, soft-story irregularity, which is one of the most common and important irregularities, may cause collapses in the floors where this irregularity is observed, due to the formation of stiffness differences between floors, and it generally occurs in the first floors of buildings. According to the Turkish Building Earthquake Code, the main irregularities in the plan are as follows: Torsional Irregularity, Slab Discontinuity Irregularity, Plan Geometry Irregularity, Structural Element Axes Not Parallel (Non-Orthogonal Irregularity).

As it is known, in Turkey, more than half of its territory is located in the earthquake zone, many earthquakes have occurred in the past years and left permanent damage. Some of the reasons for these damages are wrong location selection, lack of knowledge-experience, low-cost demand, desire for the construction to be completed quickly, and insufficient communication between designers. Sometimes, insensitive to earthquakes in seismic zones, new buildings continued to be built using existing and similar techniques and almost the same designs, instead of demolished buildings. Since the earthquake issue is too important to be taken lightly, it is necessary to raise the awareness of the whole society. Even at a basic level, the society can be informed about building irregularities, and this can create a compelling reason for designs to avoid architectural irregularities for the buildings to be built.

For an earthquake-safe structure; there should be an understanding of earthquake-safe architectural design because the building to be built must first be designed. The infrastructure of the design will be provided by including the earthquake design course as a separate and compulsory course in the architecture and engineering curriculum and improving the course content.

Incorrect urbanization, non-compliance with the environmental order, construction of buildings adjacent to each other, the construction of buildings too large and irregular are among the factors that increase the damage. The shallow earthquake type, which has the greatest destructive effect, is the most common type of earthquake in our country. Therefore, it would be logical to avoid irregular designs in our country. In the light of this information, in this study, 420 buildings in the Atakum district of Samsun province were examined with the observational method and the types of irregularities in practice were tried to be determined to understand the extent of the tendency towards architecturally irregular buildings in Turkey with small-scale research.

Keywords: Reinforced concrete structures, Structural system, Earthquake resistant structure design, Undesirable irregularities, Architectural design, Observational building investigation, Seismic structural behavior

1. Giriş

Ülkemizdeki mevcut yapı stoğunun genelde deprem davranışı açısından kötü olduğu ve büyük tehlike oluşturduğu düşünülmektedir. Yapısal düzensizliklerin önceden belirlenmesi yapısal davranışın tahmini açısından önemlidir. Yapısal düzensizliklerin bulunduğu yapıların çoğunun yüksek katlı olması da büyük bir sorun teşkil etmektedir (Korkmaz ve Uçar, 2006). Zira günümüzde artan nüfus ve gelişen teknolojiyle birlikte kentlerde yüksek yapılar hızla artmaktadır. Bu yapıların mimari tasarım süreçleri ve beraberinde oluşturulan taşıyıcı sistemleri, yapıların önemli noktalarını meydana getirmektedir. Yapılarda mimari tasarım ve taşıyıcı sistem tasarımları yapılırken deprem olgusu önemli bir yer tutmalıdır. Yapılar yapılırken deprem olgusu önemli bir yer tutmalıdır. Yapılar yapılırken rüzgar, deprem, yangın, malzeme seçimleri gibi dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır ve bu noktalar ışığında taşıyıcı sistemleri de oluşturulmaktadır. Özellikle yüksek yapıların tasarımındaki en önemli konu taşıyıcı sistemin doğru seçilmesidir. Taşıyıcı sistem hem binanın kendi ağırlığını hem içindeki eşya ve insanların ağırlığını hem de sonradan oluşabilecek deprem, rüzgar gibi faktörleri en iyi şekilde karşılamalıdır. Özellikle nispeten yüksek olan yapılar, depremsel davranışta hali hazırda zaten bir takım düzensizlikler oluşturacağı için, bunlar göz önüne alınarak tasarım yapılması gerekmektedir.

Ulusoy ve Güven (2019), dünyanın farklı bölgelerinden seçilen yüksek yapıların herhangi bir hesaplama yapılmaksızın sadece erişilebilen kat planları ve yapı geometrilerinin planda düzensizlik durumlarına göre incelemelerini yapmışlardır. İncelenen binalar, Burj Khalifa, Marina 101, Mahanakhon (King Power), Damac Heights, JW Marriott Marquis Otel binalarıdır. Sonuç olarak, toplamda 2 adet yapıda burulma düzensizliği, 1 adet yapıda döşeme süreksizlik düzensizliği, 2 adet yapıda plan geometrisi düzensizliği ve 3 adet yapıda taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması durumu tespit edilmiştir. Ancak bahsedilen yapılar üstün mühendislik ve işçilik hizmetlerinin yapıldığı, yüksek kalitede taşıyıcı sistem malzemelerinin kullanıldığı yapılardır. Depremselliği nispeten düşük bölgelerde ve yine nispeten güçlü zeminler üzerindedir. Bu yapılardakine benzer ve hatta çok daha çeşitlilikte düzensizliklere, sıradan yapılarda, hem de zayıf zeminde ve deprem riski yüksek bölgelerde de yaygın olarak karşılaşılmaktadır. Bu durum, üst seviye malzeme ve hizmet desteği almamış binalar için deprem güvenliğini önemli ölçüde düşüren bir etkidir.

Düzensizlikler ve depremler sonrası ağır hasarlar üzerine yapılmış incelemeler sonucunda elde edilen verilerin, yapı tasarımı yapacak olan mimar ve mühendisler için oluşturulması gerekir. Bununla birlikte, bina yapılırken birçok meslek grubu, iç içe bir dayanışma ve fikir alışverişine açık olarak, yapıda oluşabilecek deprem etkisini en aza indirmeyi hedeflemelidir. Türkiye'de önemli ve yoğun depremler olmasına rağmen, halen

Üniversitelerin ilgili bölümlerinde deprem ile ilgili dersler, genelde ana ders üzerinden verilmektedir. Çoğunlukla lisans ve lisansüstü programlarda seçmeli ders olarak sunulmaktadır. Bu durum, dersin önemini öğrenci gözünde de düşürmektedir. Deprem yapılar üzerindeki etkileri ve uygun taşıyıcı sistem tasarımına yönelik ilkelerin, ilgili bölümlerde ana ders olarak verilmesi ve öğrencilerin bu konu hakkında bilinçlendirilmeleri gerekmektedir. Mimarların bu ders hakkında yeterli bilgiye sahip olmamaları ve proje üzerinde bu konu hakkında inşaat mühendisleri ile olması gereken iletişim eksikliği, önemli sorunlar arasındadır (Ayyıldız ve Özbayraktar, 2005).

Akçaner ve Özdemir (2015), Türkiye'deki bazı üniversitelerde verilen mimarlık eğitiminin ne derece taşıyıcı sistem davranış bilgisi içerdiğini araştırılarak ABD ve Japonya mimarlık eğitimleri ile kıyaslanmış ve bunun sonucunda Türkiye'deki mimarlık eğitiminin yetersizliklerini saptamışlardır. Söz konusu çalışmada mimarlık eğitiminin sorgulanmasının sebebi, Türkiye'de meydana gelen depremlerin acı sonuçları ve bu depremlerdeki kayıpların oluşmasında mimarı tasarım hatalarının da payının bulunuyor olmasıdır. Çalışma toplamda 8 bölümden oluşmaktadır. Öncelikle mimarlığın tanımı ve önemi irdelenmekte, ardından depreme dayanıklı yapı tasarımında önemli noktalar incelenmekte, sonraki bölümlerde ise Türkiye'deki, ABD'de ki ve Japonya'da ki üniversitelerin taşıyıcı sistemle ilgili verdiği dersler karşılaştırılmaktadır. Son kısımda ise tüm bu bulgulara dayanarak mimarlık bölümündeki eğitim ve öğretimin eksiklikleri, yanlış olan noktaları değerlendirilmektedir. Çalışmanın sonucunda, taşıyıcı sistem bilgisi derslerinin toplam dersler içindeki oranı, bazı üniversite bölümlerinde yeterli, bazılarında yetersiz olarak belirlenmiştir. Türkiye'nin her yerinde eşit mimarlık eğitiminin verilememesinin öğretim kadrosundaki eksikliklerden kaynaklandığı saptanmıştır.

Deprem mühendisi ile iş birliği içinde gerçekleştirilmiş bir tasarımda, sismik izolasyon konusu, pasif ve aktif kontrol yöntemleri, karma izolasyon sistemleri de ayrıca araştırılması ve üzerinde durulması gereken konular olabilir. Yapıya yerleştirilmiş enerji sönümleyici pasif sistemlerin olmaması durumundaki binalar veya daha yaygın olarak kullanılmayan aktif sistemlere sahip olmayan yapılar, şiddetli depremler sırasında elastik sınır ötesinde yer değiştirme yapılar ve kalıcı deformasyon yapabilme yetenekleri ölçüsünde ayakta kalırlar. Sonuçta, depremde yapılar; hafif, orta veya ağır hasarlar alırlar. Bu gibi hataların oluşmaması, binaların en ufak bir sarsıntıda yıkılmaması için mimar ve mühendislerin üzerine de birçok görev düşmektedir. Bu yüzden mimar ve mühendis, bu konularda birçok araştırma yapmalıdır. Bunlardan en önemlisi ise, uygulanacak projenin zemininin genel jeolojik ve jeofizik özelliklerinin bilmesi, afet bölgelerinde uyulması gereken kurallara ve yönetmeliklere uyulmasıdır (Akıncıtürk, 2000).

Binaların taşıyıcı sistem düzensizliği yanında, beton ve donatı sorunları, depremler sonrası hasarların en büyük nedenidir. Beton, çimento, iri – küçük agrega, su ve gerektiğinde katkılarından oluşan bir malzemedir. Betonarme ise beton ve çeliğin birlikte kullanılmasıyla oluşan bir yapı malzemesidir. Betonarme diyebilmek için beton ve çeliğin birlikte çalışması yani aderansı sağlanmalıdır. Betonda bulunan boşluklardan dolayı su beton içerisine girebilmekte ve hem betonun hem de çeliğin korozyonuna sebep olup performans kaybına yol açmaktadır. Bu kayıpların en önemlileri donatının kesit alanında, mekanik ve aderans performansında azalmalardır. Ayrıca çimento hamuru ile agregalar arası aderans da olumsuz

etkilenmekte, beton bütünlüğü bozulmakta, beton harcı içinde kılcal çatlaklar oluşup gelişmektedir. Durabilite, hava koşulları, kimyasal etkiler ve diğer koşullarda yapının özelliğini koruması olarak tanımlanabilir. Dayanım, dayanıklılık ve işlenebilirlik betondan beklenen özelliklerdir. Beton taze iken şekil verilebilmesi ve kıvamı ne kadar önemliyse donmuş betonun servis ömrü ve dayanımı da o kadar önemlidir. Beton veya betonarmede bulunan su ve nem, bozulmaya sebep olabilir. Betona nüfuz eden su, zararlı maddelerin de taşınmasına sebep olarak betonu aşp çeliğe ulaşabilir. Betondaki boşluklar bu duruma zemin hazırlar. Betonun ve çeliğin birlikte kullanılmasını mümkün kılan başlıca sebepler, eşit ısı genleşme katsayıları, aderans ve betonun çeliği korozyondan korumasıdır. Beton, kimyasal korozyondan dolayı, donatıyı pasif koruyuculuğu özelliğini yitirir. Bunun sonucunda beton- donatı ara yüzeyinde oluşan korozyon ürünleri, içsel gerilmelere sebep olur. Donatıda meydana gelen paslanma, donatının hem servis ömrünü hem de dayanımını olumsuz etkiler (Koç, 2016b).

Betonarme çeliğinin korozyonuna sebep olan başlıca faktörler; malzeme, üretim süreci, kullanım süresince karşılaştığı durumlar ve ortamlardır. Korozyon deneyleri, hızlandırılmış korozyon deneyi ve doğal korozyon deneyi şeklinde yapılabilir. Numunelerin korozyona uğramış olması monolitik yüklemeye deneylerinde süneklik oranları ve enerji yutma kapasitelerinde önemli veriler sağlamaktadır. Deniz suyuyla doğrudan ya da dolaylı temas, durabilite sorununa sebep olmaktadır. Betonun korozyon- aderans ilişkisini belirlemede; klorür geçirimsizliği, su emme, su geçirimsizliği, kılcal su emme deneyleri belirleyici sonuçlar sağlamaktadır. Korozyon ile ilişkili olan kılcallık katsayısında, su kürrü uygulanan ve uygulanmayan numuneler üzerinde beş kata kadar fark bulunmaktadır. Özellikle deprem sonrası hasarlı yapılarda donatı korozyonuna bağlı aderans, durabilite ve buna bağlı büyük kesit kayıplarının yaşanması, donatı korozyonunun yıkımlarda başrol oynadığının bir göstergesidir. Beton, standartlara uygun olarak üretildiğinde donatıyı korozyondan korumak için yeterlidir. Betonarme donatısında oluşan korozyon, betonda çatlama ve dökülmelere, aderans ve performans kayıplarına, donatının mekanik özelliklerinde olumsuz değişimlere sebep olabilmektedir. Korozyonun oluşturduğu en büyük tehlikelerden birisi, elemanlar ve sistemin davranışında değişikliklere sebep olmasıdır. Korozyonun sebep olduğu performans kaybının iyileştirilmesinde sanayi atığı maddelerin belirli oranlarda bağlayıcı olarak kullanılması, yeni nesil yöntemlerle yapılabilir. Betonda kullanılan malzeme türü, kür uygulanıp uygulanmaması, pas payı, bulunduğu ortam vb., betona gömülü donatının korozyonunu büyük ölçüde etkilemektedir. Yapının temelinde bulunan donatıların korozyon hesabından yola çıkılarak yapının ekonomik ömrünün hesaplamasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Doğan ve Akgül, 2020).

2. Materyal ve Metot

Beton ve donatının kalite ve yerleştirim sorunları ile her iki malzemeye yönelik oluşan korozyon etkisi, depreme dayanıklı yapılar için yüksek oranda önemli olumsuz durumlar olmakla birlikte, yapının mimari tasarımının ve buna uygun olarak düzenlenen taşıyıcı sisteminin temel düzensizliklerden elden geldiğince uzak olabilmesi, deprem etkilerinin yapı tarafından rahat tolere edilebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Koç, 2021d). Üst düzey mühendislik, kalifiye işçilik ve kaliteli malzeme kullanımı ile, çok aşırıya kaçmayan mimari düzensizlikleri, deprem açısından önemli sorunlar

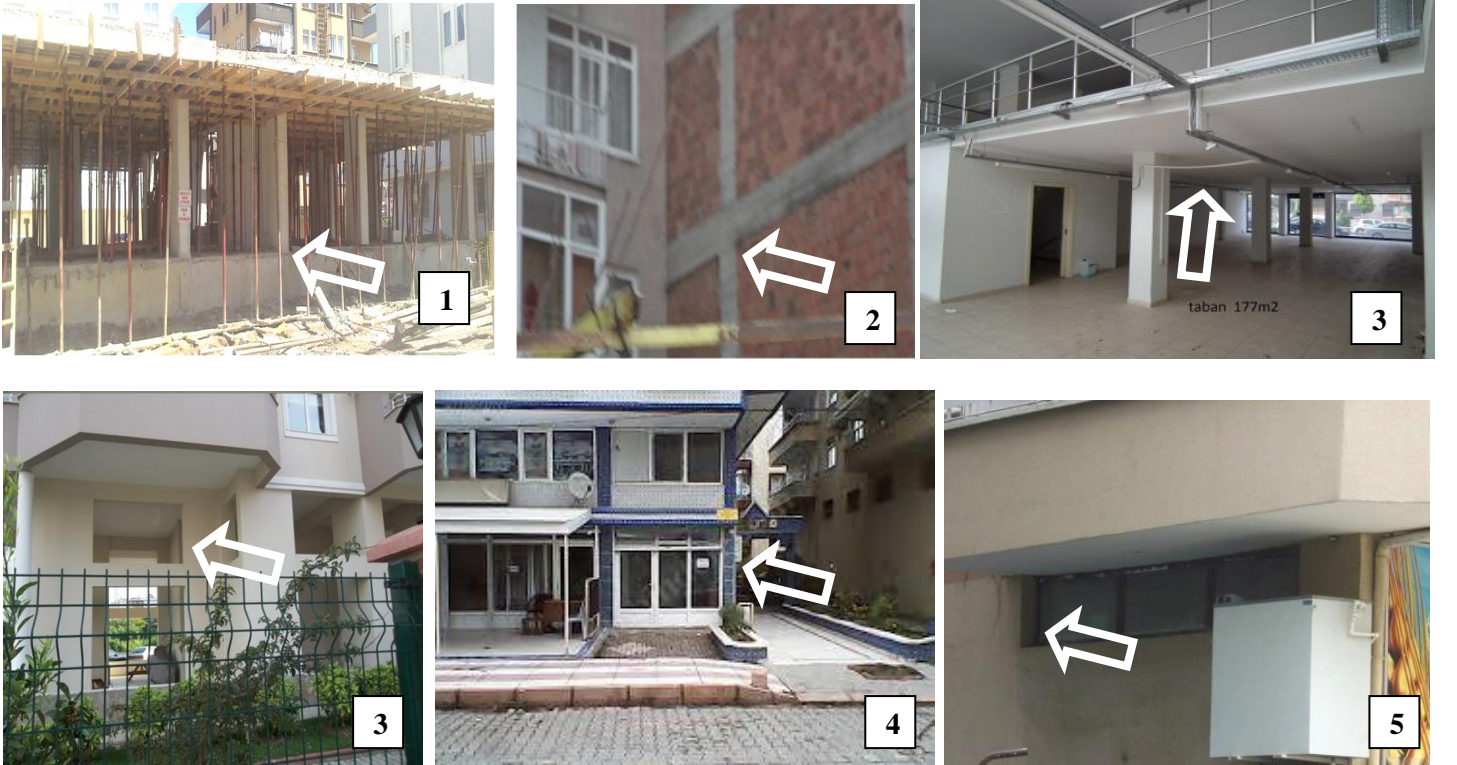
oluşturmayacak şekilde uygulayabilmek mümkündür. Ayrıca özellikle sağlam zeminlerde ve düşük deprem riskine sahip bölgelerde yapılan yapılarda da, mimari düzensizlikler büyük önem arz etmeyebilir. Ancak tüm bu kriterlerin tam olarak sağlanmadığı normal piyasa yapılarında, söz konusu düzensizlikler her zaman için sorun oluşturabilecek durumlardır. Sıradan mühendislik, işçilik ve malzeme kullanımlarında, elden geldiğince bu tür düzensizliklerden kaçınmak, yapının depremsel davranışının sağlıklı olabilmesi açısından tercih edilmesi gereken seçenekler olmalıdır. Bununla birlikte, genel olarak çoğu yapıda, mimari düzensizliklerle, şu ya da bu şekilde

sıklıkla karşılaşılmaktadır. Taşıyıcı sistemi etkileyen mimari düzensizlikler, belli başlı 12 grup halinde sınıflandırılmış ve Tablo 1.'de sunulmuştur (Koç ve Tuhta, 2012a ,b; Koç, 2016a, b).

Düzensizliklerin tercih edilme oranlarını tespitine yönelik olarak, daha önceki çalışmalara benzer şekilde (Koç, 2021a, b, c), Samsun ili Atakum ilçesi Deniz evleri mahallesinde 420 adet bina, gözlemsel metotla incelenmiş ve her binada hangi düzensizliklerin olduğu tespit edilmiştir. Düzensiz binalara ait, sahadan alınan bazı örnek fotoğraflar, ait oldukları düzensizlik numaraları ile birlikte, Şekil 1 ve 2.'de verilmiştir.

Tablo 1. Düzensizlik tipleri ve numaraları (Table 1. Irregularity types and numbers)

Düzensizlik No	Düzensizlik Tipi
1	Kolon -perde rijitliklerinin planda x ve y yönünde düzgün dağıtılmaması
2	Süreksiz giriş - kolon -perde
3	Asma kat ve/ veya yüksek giriş
4	Yumuşak kat
5	Kısa kolon
6	Zayıf kolon kuvvetli giriş etkisi
7	Cephe boşlukları, yatayda- düşeyde asimetri ve/ veya girinti- çıkıntı
8	Bitişik nizam
9	Çıkmalı yapıda konsol uç kolon ve/ veya girişi
10	Saplama giriş- saplamanın saplaması
11	Yan girişsiz balkon döşeme ve saçaklar
12	Çıkmalarda çerçeve dışına örülen dış bölme duvarları



Şekil 1. Sahadan düzensizlik örnekleri (1- 5 nolu düzensizlikler) (Figure 1. Examples of irregularities from the field (Irregularities 1 to 5))



Şekil 2. Sahadan düzensizlik örnekleri (6- 12 nolu düzensizlikler) (Figure 2. Examples of irregularities from the field (Irregularities 6-12))

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Söz konusu alanda 420 binanın, sadece gözlemsel incelenmesi ile tespit edilebilen düzensizlikler, yatay eksen, Tablo 1'de verilen düzensizlik numarasını, düşey eksen, düzensizliklerin kaç adet binada görüldüğünü gösterecek şekilde sınıflandırılarak Şekil. 3'de verilmiştir. Buna göre, incelenen alanda en çok, asma kat ve/ veya yüksek giriş (420 binada 96 adet) ile, yan kirişsiz balkon, döşeme ve saçak (420 binada 88 adet) düzensizlikleri tespit edilmiştir. Bazı yapılar asma katlı ancak yüksek girişli, bazıları da hem asma katlı hem yüksek girişlidir. Bazı yapılarda asma kat kirişleri yapılmış durumda olup, döşeme imal edilmemiş, bu durumda olan bazı binalarda da, sonradan betonarme harici (çelik ve ahşap) platform döşemeler kullanılmıştır. Tüm bu benzer ve ilişkili düzensizlik durumlarının, genel bütünsel yaklaşımdan uzaklaşmamak adına, ayrı ayrı numaralandırılıp sonuçlara yansıtılması yerine, temel e-ISSN: 2148-2683

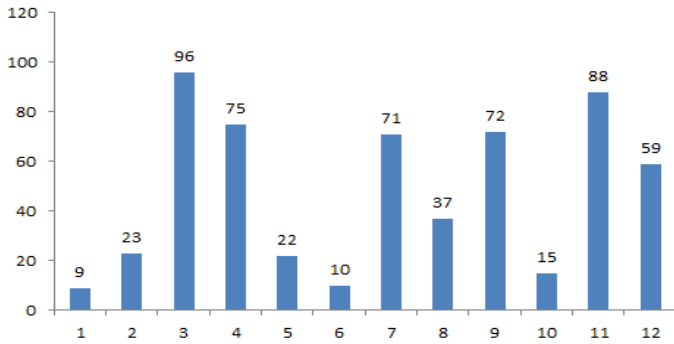
bir düzensizlik sınıfı olarak değerlendirilmesi uygun görülmüştür. Bu noktada belirtmelidir ki, gözlemsel incelemelerde, yapıda sadece ve özellikle giriş katlarında bölme duvar kaldırılması durumuyla oluşan yumuşak kat düzensizlikleri, 4 nolu Yumuşak kat düzensizliklerine işlenmiştir. Asma kat ve/ veya yüksek giriş düzensizliğinde (3 nolu) gelende dış duvarların camekan ve iç duvarların kaldırılmış olma durumu söz konusu olduğundan, bu düzensizlik aynı zamanda yumuşak kat düzensizliği de oluşturmaktadır. Ancak 4 nolu düzensizliğe, asma kat ve/veya yüksek girişi olmayan, sadece duvar kaldırma uygulaması görülen yapılar; 3 nolu düzensizliğe de diğerleri işlenerek, çakışık durumların birden çok kere işlenmesi engellenmiştir.

Yan kirişsiz balkon, döşeme ve saçak düzensizliği ise, özellikle 20 yıllık ve daha eski yapılarda, düz betonarme döşemenin büyük ya da küçük bir çıkma oluşturacak şekilde konsol döşeme olarak sürdürülmesi ile meydana gelmiştir. Bu

yapılar, konsol döşemenin yan bölümlerinden ve konsol döşeme genişliği ve taşıyıcı sistemin sürekliliğine göre gerekirse orta bölümlerinden konsol kiriş desteği almamış yapılardır. Genelde nispeten daha yeni yapıların bir kısmında da, dişli döşemenin konsol olarak devam ettirildiği, ancak yine bahsedilen türde ana kiriş desteklerinden mahrum bırakıldığı tespit edilmiştir.

Şekil 4’de her bir düzensizliğin toplam yüzdelik düzensizlik pastasında, ne oranda tercih edilmiş olduğu gösterilmiştir. Buna göre, üst paragrafta bahsedilen düzensizlikler, toplam düzensizlikler arasında sırasıyla %17 ve %15 oranlarında görülmekte, bunları %13 ile yumuşak kat, %12 ile cephe boşlukları, yatayda- düşeyde asimetri ve/ veya girinti- çıkıntı oluşturulması düzensizlikleri takip etmektedir. Yine %12 ile, çıkmalı yapıda konsol uç kolon ve/ veya kiriş konulması düzensizliği de gözlenmiş durumdadır. Yukarıda da bahsedilen bütünsel yaklaşım gereği, benzer nedenlerden kaynaklanıp benzer sonuçlar üreten, binada cephe boşluğu olması, planda ya da cephede asimetrik veya girintili çıkıntılı yapı düzenlenmesi düzensizlikleri, tek bir düzensizlik grubu olarak ele alınmıştır. Hali hazırda istenmeyen düzensizlik olması yanında aynı zamanda Mevzuatta yapılması yasak olan, konsol ucuna kiriş ve kolon eklenmesi durumu da, özellikle 20 yıllık ve daha eski binalarda, ve özellikle kiriş eklenmesi şeklinde, sıkça karşılaşılan bir durum olarak gözlenmiştir.

Şekil 5.’de ise her düzensizliğin yüzde kaç binada görüldüğü gösterilmiştir. Buna göre en çok görülen asma kat ve/ veya yüksek giriş düzensizliği, incelenen binaların %23’ünde, yan kirişsiz balkon döşeme ve saçak düzensizliği de %21’inde gözlenmiştir. Asma kat- yüksek giriş düzensizlikleri, hem eski hem yeni binalarda, genellikle yüksek giriş üstüne yapılan çıkıntılarla ve giriş kat cephelerinde bölme duvarların kaldırılıp camekânların kullanılması, iç bölümlerinde duvarların direk kaldırılmış olması durumuyla, yani yumuşak kat etkisiyle birlikte görünmektedir. Bu durum özellikle binanın aynı ya da yakın bölgelerinde birçok düzensizliğin bir araya gelmesiyle depremsel davranış açısından daha da kritik bir hal oluşturmaktadır (Koç ve Tuhta, 2012a).

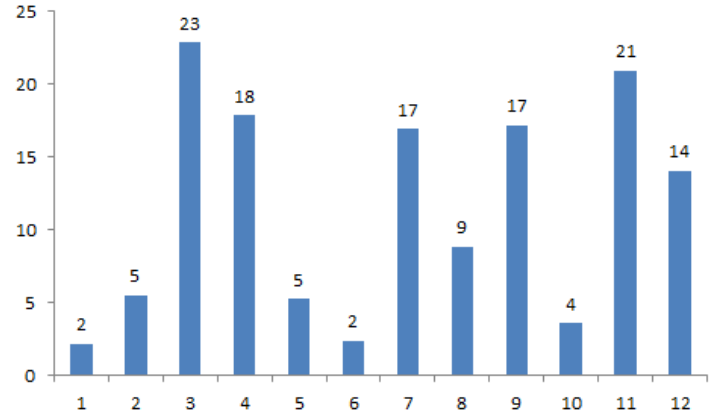
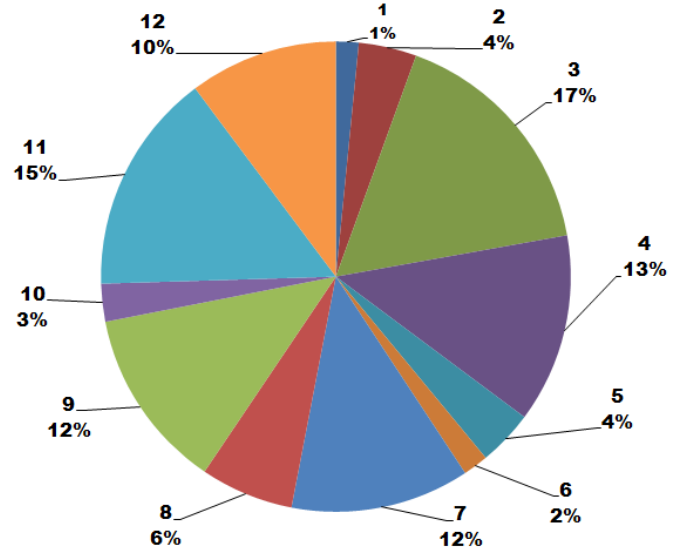


Şekil 4. Düzensizliklerin kendi içindeki yüzde dağılımı
(Figure 4. Percentage distribution of irregularities within themselves)

4. Sonuç

Depremde oluşan kayıplarda, mühendisler gibi mimarların da sorumluluğu büyüktür. Bu durumda, mühendis ve mimarların eksik eğitim almasının da katkısı vardır. Bu eğitimlerin temel amacı mimar yetiştirmek, diğer amacı ise sorumlu ve bilgili bireyler eğitmektir. Eğitimin nasıl olması gerektiğini de

Şekil 3. Hangi düzensizliğin kaç binada görüldüğü
(Which irregularity is seen in how many buildings)



Şekil 5. Her düzensizliğin yüzde kaç binada görüldüğü
(Figure 5. In what percentage of buildings each irregularity appears)

gereksinimler ve sorunlar belirlemektedir. Bina yapım sürecinde inşaat mühendisleri, mimarlar, elektrik mühendisleri ve makine mühendisleri gibi birçok tasarımcı grupları vardır. Bu gruplarda oluşan en ufak bir iletişimsizlik depremin vereceği zarara zemin hazırlar. Sistemlerin birlikte başarılı olabilmesi için disiplinli bir çalışma gereklidir. Gruplar arası iletişimsizlik depreme dayanıklılığın istenilen düzeyde olmamasına sebep olur. Türkiye ve KKTC’de bulunan üniversitelerin “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı” derslerinin ayrıntılı olarak ele alınması gerekir. Araştırmaların sonucunda üniversitelerde mimarlık hatta kısmen mühendislik bölümlerinde deprem ile ilgili derslerin ayrı dersler olarak yer almadığı görülmektedir (Ayyıldız ve Özbayraktar, 2005). Deprem bölgesinde bulunan ülkemizde

“deprem” konusuna önem verilmemesi, derslerin yetersiz olması, çok büyük kayıplar oluşturmuştur ve oluşturmaya devam edecektir. Kayıplara yol açmaması için “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı” dersleri zorunlu hale getirilmeli, lisansüstü programlar önem kazanmalı, uygulamalı olarak eğitim verilmelidir. Eğitimden faydalanırken de teknolojik gelişmelerden geri kalınmamalıdır.

Taşıyıcı sistemde düzensizlik oluşturan bazı durumlar ve taşıyıcı elemanların dayanımını düşüren yanlış uygulamalardan bazıları şu şekilde örneklenebilir: Bodrum katlarının havalandırması vesilesi ile kirişin 50- 60 cm altında, kolonların arası boş kalacak şekilde yapılan bant pencereler, gerekli önlem alınmazsa, kısa kolon etkisi denilen, kolonun kesme kuvveti etkisiyle güç kaybetmesi duruma yol açar. Ticari amaçlı bölme duvarların kaldırılması da yumuşak kat oluşumuna bağlı olarak toptan göçmeye bile sebep olabilir. Kolon- kiriş sarılma bölgelerinde etriye sıkıştırması yapılmaması, seyrek etriye konulması veya hiç konulmaması da mafsallaşmaya sebep olur. Mafsallaşma, dönmeye izin verilen bağlantı noktalarıdır ve bu noktalarda moment etkisine karşı mukavemet gösterilmez; kısacası dayanım azalır ve binalarda oluşan hasarlar fazlasıyla artmış olur. Beton dayanımının düşük olması da ayrı bir etkidir. Ayrıca beton ile donatının birbirine kenetlenip beraber çalışmaları olan aderans sağlanamaz ise betonarmeden söz etmek söz konusu değildir (Çatal, 2019).

Depreme dayanıksız mimari tasarımların çoğu, temelde rijitlik düzensizliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada da farklı maddeler olarak özelliklerine göre sınıflandırılan düzensizliklerin çoğu, en temelde rijitlik farklılaşması oluşturan durumlar olarak birleştirilebilir (Koç, 2021d). Rijitlik farklılıkları sadece geometride ve sadece betonarme yapılarda depreme dayanıklı yapı tasarımının bir problemi olarak ortaya çıkmaz. Aynı zamanda malzeme farklılıklarından da oluşabilir ve diğer yapı sistemlerinde de görülebilir (Alpaslan vd., 2015).

Tüm bu temel bilgilerin yanında, yapıda depremesel davranış açısından düzensizlik oluşturabilecek birçok mimari tasarımlar söz konusudur. Mimari tasarımın zorlaması sonucu düzensizliğin taşıyıcı sisteme yansması, ciddi sorunlara yol açabilir. Bu nedenle günümüzde mimari tercihlerin, taşıyıcı sistemde düzensizlik oluşturmayacak tarzda yapılabilmesi önem kazanmaktadır. Örneğin düzgün bir betonarme taşıyıcı sisteme sahip binaya, ek eleman ankrajları ve cephe kaplamaları ile mimari bir hareket kazandırmak, taşıyıcı sistemi bozarak yapılacak tasarımlardan çok daha tercih edilebilir olmalıdır. Bunun için de, yapı tasarlanırken mimar ve mühendisin birlikte çalışması ve her ikisini de depreme dayanıklı taşıyıcı sistem tasarımı konusunda özümsemiş üst düzey bilgilere sahip olabilmesi gerekir.

Bu çalışmada taşıyıcı sisteme yansıyan mimari düzensizliklerin ne oranda kullanıldığı, örnek bir saha incelemesiyle tespit edilmeye çalışılmıştır. Buna göre 12 grup halinde sınıflandırılmış belli başlı düzensizlikler, incelenen 420 binada şu sıra ve oranlarda görülmüştür:

İncelenen binaların

%23’ünde Asma kat ve/ veya yüksek giriş

% 21’inde Yan kirişsiz balkon döşeme ve saçaklar

%18’inde Yumuşak kat

%17’sinde Cephe boşlukları, yatayda- düşeyde asimetri ve/ veya girinti- çıkıntı

e-ISSN: 2148-2683

%17’sinde Çıkmalı yapıda konsol uç kolon ve/ veya kirişi

%14’ünde Çıkmalarda çerçeve dışına örülen dış bölme duvarları

%9’unda Bitişik nizam

%5’inde Süreksiz kiriş - kolon –perde

%5’inde Kısa kolon

% 4’ünde Saplama kiriş- saplamanın saplaması

%2’sinde Kolon -perde rijitliklerinin planda x ve y yönünde düzgün dağıtılmaması

%2’sinde Zayıf kolon kuvvetli kiriş etkisi gözlenmiştir.

Çoğu binada aynı zamanda birden çok düzensizlik olduğu için, yüzdelerin kendi içinde toplamı 137 yapmaktadır. Bununla birlikte, süreksiz kiriş- kolon- perde ile kolon -perde rijitliklerinin planda x ve y yönünde düzgün dağıtılmaması gibi düzensizlikler, sadece gözlemsel inceleme ile tam olarak tespit edilemeyeceğinden, daha detaylı araştırmaların konusu olmalıdır. Ayrıca Bitişik nizam gibi, incelenen alana sıkı şekilde bağlı olan düzensizliklerin oranı hakkında, bu araştırma, kesin bir bilgi vermeyecektir. Kısa kolon, saplama kiriş- saplamanın saplaması, zayıf kolon kuvvetli kiriş düzensizlikleri için de aynı açıklamalar geçerlidir.

5. Teşekkür

İnşaat Mühendisleri Oğuzhan Sözkese, Gökay Hasanoğlu, Arif Acar ve Aziz Kızıltaş’a saha araştırmalarında yaptıkları çalışmalarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Kaynakça

- Akçaer G., Nur Banu Özdemir N.B., ve Soyluk A. (2015) Depreme dayanıklı yapı tasarımı eğitimi ve mimarlık, 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 14-16 Ekim, DEÜ, İzmir.
- Akincitürk, N. (2000) Deprem nedeniyle oluşan yapı hasarlarında, yapıların sağlamlaştırılmasında; Mimarın yeri ve görevlerinin incelenmesi, Uludağ Ün. Müh. Dergisi, Cilt 6 sayı 1, s.25- 36.
- Alpaslan E., Hacıefendioğlu K., Birinci F., Kurt M. (2015) Tarihi yapılarda lokal güçlendirmeye bağlı lokal rijitlik artışının yapı davranışına etkisi, 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 14-16 Ekim, DEÜ, İzmir.
- Ayyıldız S., Özbayraktar M. (2005) Mimarlık eğitiminde depreme dayanıklı yapı tasarımı süreci ve bu süreçte disiplinler arası iletişimin önemi, Deprem sempozyumu, Kocaeli, 23- 25 Mart, s. 1224- 1234
- Çatal H.H. (2019) Deprem nedeniyle binalarda oluşan hasarlar, 3rd International symposium on innovative approaches in scientific studies, section: Engineering and natural sciences, April 19- 21, Ankaara, Turkey, s. 310- 315.
- Doğan O., Akgül M. (2020) Donatı korozyonunun betonarmenin durabilite ve aderansına etkisi, Anadolu Kongreleri- 5. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, s. 251- 264.
- Koç V., Tuhta S. (2012a) Asma Katlı, Kat Çıkmalı ve Asmolen Döşemeli Yapıların Depremesel Davranışı, Samsun İlinin

- Deprem Riski ve Alınabilecek Önlemler Sempozyumu , 11.05.2012, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, s. 159-173.
- Koç V, Tuhta S. (2012b) Depremler Sonrası Zemin Katlarda Görülen Çökmelerin İncelenmesi, Samsun İlinin Deprem Riski ve Alınabilecek Önlemler Sempozyumu 11.05.2012, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, s. 149- 158.
- Koç V. (2016a) Deprem Sonrası Ağır Hasarlı Bina Hasarlarının Sınıflandırılması, Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, Cilt:2, Sayı:1, Ocak, S. 46- 65
- Koç V. (2016b) Deprem öncesi ve sonrası gözlenen beton ve donatı korozyonları ile kısa kolon hasarlarının incelenmesi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Cilt. 4, No. 7, Haziran, S. 8-20.
- Koç V. (2021a) Taşıyıcı Sistem Tasarım Hatlarına Dair Bir Saha İncelemesi, Mediterranean summit 4th international applied sciences congress, 24- 25 Nisan, Girne, Kıbrıs, s. 105- 113.
- Koç V. (2021b) Bina Tipi Yapılarda İstenmeyen Mimari Düzensizliklerin İncelenmesi, International black sea coastline countries scientific research symposium- VI, 28-29 Nisan, s. 39- 51.
- Koç V. (2021c) Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımına Uymayan Binaların Tespiti, Istanbul international modern scientific research congress, 4- 5 Haziran, s. 261- 273.
- Koç V., (2021d) Teknoloji ve mühendislik bilimlerine güncel bakış, Bölüm 4, Betonarme binalara etkisi açısından geçmiş depremlerin incelenmesi ve önleme yaklaşımına yönelik olarak yapılması gerekenler, İKSAD Publishing House, Editör:Dr. Öğr. Üyesi Abdul Vahap KORKMAZ, Sayfa sayısı:230, ISBN:978-625-7562-52-2, Bölüm Sayfaları:101 -132
- Korkmaz A., Uçar T. (2006) Yumuşak Kat Düzensizliğinin Betonarme Binaların Deprem Davranışında Etkisi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 11, Sayı 2, s. 65- 76.
- Ulusoy Ö., Güven S. (2019) Betonarme yüksek yapıların TDY' ne göre plan düzensizliklerinin örnek yapılarla gözden geçirilmesi, Ç.Ü. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, Cilt: 38- 2, s. 5-14.



Moving Object Detection in Video under Different Weather Conditions Using YOLO and Faster R-CNN Algorithms

Abdulghani Mawlood A.ghani Abdulghani¹, Gonca Gokce Menekse Dalveren^{2*}

¹ Atılım University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5642-0245),
abdulghani.abdulghanimawloodaghani@student.atilim.edu.tr

^{2*} Atılım University, Faculty of Engineering, Department of Software Engineering, Ankara, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8649-1909), gonca.menekse@atilim.edu.tr

(First received 21 October 2021 and in final form 23 January 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1013049)

ATIF/REFERENCE: Abdulghani, A. M. A., Menekse Dalveren, G. G. (2022). Moving Object Detection in Video under Different Weather Conditions Using YOLO and Faster R-CNN Algorithms. *European Journal of Science and Technology*, (33), 40-54.

Abstract

Today, computer vision technology has been continuing to develop in many different areas such as object detection from video, motion tracking and object identification. It is difficult to detect moving objects such as pedestrians, cars, buses, and motorcycles in bad weather conditions or at night, especially in adverse weather conditions such as rain, fog, and snow. In this study, two types of object detection algorithms were utilized to identify objects under different conditions. These types can be identified as one-step object detection algorithms and the two-step object detection algorithms. In this study, from the one-step algorithms YOLOv3 and YOLOv4, and from the two-step object detection algorithms Faster R-CNN were preferred. These algorithms were trained to identify four objects (pedestrians, car, bus, motorcycle) in bad weather and low light conditions. Then, comparisons of these three algorithms in all conditions was performed. By comparing YOLO versions (v3 and v4), it was aimed to observe the performance differences between these versions. By comparing YOLO and Faster R-CNN algorithms, the differences between the types one-step and two-step algorithms were evaluated. The algorithms were trained with open-image datasets. According to the results, YOLOv4 had the highest performance at 40,000 iterations, 72% mAP, and 63% recall. YOLOv3 has achieved the best result at 36,000 iterations, 65.53% mAP, and 54% recall, Faster R-CNN has achieved the best result at 36,000 iterations, 51% mAP, and 49% recall. To conclude, YOLOv4 performed the best compared to YOLOv3 and Faster R-CNN.

Keywords: Object detection, YOLOv4, YOLOv3, Faster R-CNN

YOLO ve Faster R-CNN Algoritmalarını Kullanarak Farklı Hava Koşullarında Videoda Hareketli Nesne Algılama

Öz

Günümüzde bilgisayarlı görü teknolojisi videodan nesne algılama, hareket izleme ve nesne tanımlama gibi birçok farklı alanda gelişmeye devam etmektedir. Kötü hava koşullarında veya geceleri, özellikle yağmur, sis, kar gibi olumsuz hava koşullarında yayalar, arabalar, otobüsler, motosikletler gibi hareketli nesnelere tespit etmek zordur. Bu çalışmada, nesnelere farklı koşullar altında tanımlamak için iki tür nesne algılama algoritması kullanılmıştır. Bu türler, tek adımlı nesne algılama algoritmaları ve iki adımlı nesne algılama algoritmaları olarak tanımlanabilir. Bu çalışmada tek adımlı algoritmalarından YOLOv3 ve YOLOv4 ve iki adımlı nesne algılama algoritmalarından Faster R-CNN tercih edilmiştir. Bu algoritmalar, kötü hava ve düşük ışık koşullarında dört nesneyi (kişi, araba, otobüs, motosiklet) tanımlamak için eğitilmiştir. Daha sonra bu üç algoritmanın her koşulda karşılaştırılması yapılmıştır. YOLO sürümleri (v3 ve v4) karşılaştırılarak bu sürümler arasındaki performans farklılıklarının gözlemlenmesi amaçlanmıştır. YOLO ve Faster R-CNN algoritmaları karşılaştırılarak tek adımlı ve iki adımlı algoritma türleri arasındaki farklar değerlendirilmiştir. Algoritmalar, açık görüntü veri kümeleri ile eğitilmiştir. Sonuçlara göre, YOLOv4, 40,000 yineleme, %72 mAP ve %63 geri çağırma ile en iyi performansa sahip olmuştur. YOLOv3, 36,000 yineleme, %65.53 mAP ve %54 geri çağırma ile en iyi sonucu elde etmiş ve Faster R-CNN, 36,000 yineleme, %51 mAP ve %49 geri çağırma ile en iyi sonucu elde etmiştir. Sonuç olarak, YOLOv4, YOLOv3 ve Faster R-CNN'ye kıyasla en iyi performansı göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Nesne Tespiti, YOLOv4, YOLOv3, Faster R-CNN

* Corresponding Author: gonca.menekse@atilim.edu.tr

1. Introduction

Human brain, which is the most sophisticated and accurate among living things, gets the right data to identify, recognize, and link things together when we look at an image or footage and try to find objects inside. During the day, it also operates in the same way, and it detects objects around us. On the other hand, the ability of computers to detect and recognize objects in computer vision is facilitated by Artificial Intelligence (AI). Object detection consists of classification and localization. Convolutional Neural Network (CNN) is an AI deep learning technology that can make detection more accurate and instantaneous. Today, computer vision technology has been developed and continues to develop in many different areas such as object detection from video, motion tracking and object identification (Havuç et al., 2021). In computer vision, detecting a moving object and tracking motion is very important. For this purpose, different algorithms have been developed (Havuç et al., 2021).

Object detection algorithms are generally either one-step or two-step algorithms. Two activities are involved as well: object classification, in which different colors of objects are classified; and object localization, in which objects are located by drawing a bounding box around the detected object. It is possible to use classifiers, or feature extractors like Darknet (Joseph Redmon & Farhadi, 2017), VGG-16 (Simonyan & Zisserman, 2015) and others to denote classification and localization. There are two types of algorithms for object detection: the first one is the Region-based Convolutional Neural Network (R-CNN) (Girshick, 2015; Girshick et al., 2014; Ren et al., 2017) which comprises of two-step detection algorithms, and the second one is one-step detection algorithm like, Single-Shot Detection (SSD) algorithm and You Only Look Once (YOLO) algorithm.

In two-step detection, the red box on the left of Figure 1 indicates the object, which requires an algorithm that identifies the boundaries first and then classes each boundary separately (Figure 1). The Fully Connected (FC) layers designated by the two red boxes on the right, can be named as Dens layer (Huang et al., 2017). The regression process used to identify and mark the position of the object is represented by red box no.1. The soft-max process, represented by red box no.2, is used to predict the name of an object, and processes are separated from one another in different layers.

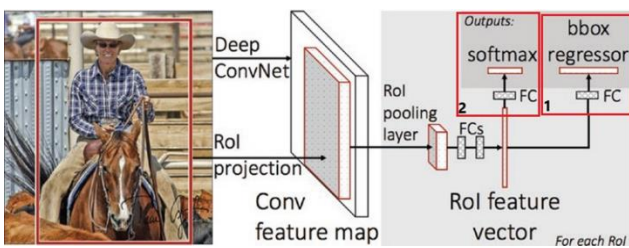


Figure Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.. The Fast R-CNN Architecture (Ren et al., 2017)

Since the final output has two layers, such algorithms are named two-step algorithms. These layers, however, take more time to extract the bounding box and class names and place them on the photo or video. As a result, algorithms such as R-CNN (Simonyan & Zisserman, 2015), Fast R-CNN (Girshick, 2015), and Faster R-CNN (Ren et al., 2017) are not recommended for real-time detection.

One-step detection algorithms such as YOLO (Joseph Redmon et al., 2016; Joseph Redmon & Farhadi, 2017, 2018), and SSD (Ning et al., 2017), on the other hand, have only one tensor output. The one-step object detection, as opposed to the two-step detection, has a single layer output. Both classification and prediction are performed at the same layer, and the output would resemble $[P, bx, by, bh, bw, c1, c2, c3... cn]$ (Figure 2)(Corovic et al., 2018). This is referred to as the output tensor of YOLO. The denotations (bx, by, bh, bw) depict the bounding box in four dimensions, and (c1- cn) represent the classes. If the network detected a car for the first time, it would denote it as c1. The second car would be designated as c2, and the process would be repeated for the remaining cn. Essentially, one-step detection collects all of the output results in a single layer, where the bounding box and class prediction occur concurrently. As a result, one-step object detection is faster than two-step object detection. Figure 3 depicts the YOLO architecture's one-step object detection (Joseph Redmon & Farhadi, 2017), in which the output layer is gathered in a single location and shows how the YOLO algorithm's output layer looks when compared to the Fast R-CNN's layers, which have two output layers as shown in Figure 1.

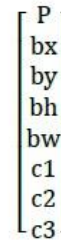


Figure 2. YOLO Output Tensor (Corovic et al., 2018)

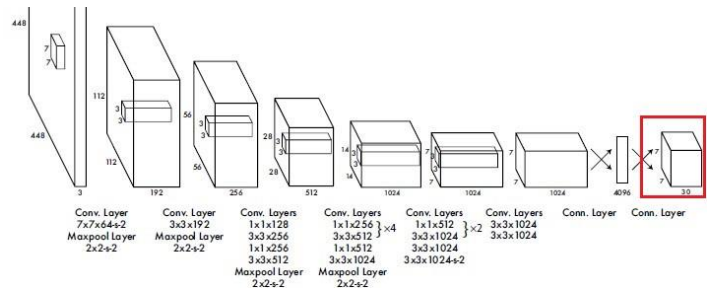


Figure 3. YOLO Architecture (Joseph Redmon & Farhadi, 2017)

Object detection technology has failed to perform well in bad weather conditions, particularly in snowy and foggy weather (Corovic et al., 2018; Ren et al., 2017). This is primarily due to the obstruction caused by snowflakes, fogs, or even darkness, which may result in a decrease in detection accuracy. The main problem is the failure to detect objects like person, car, bus, motorcycle in bad weather (rainy, foggy, snowy) and low light conditions (night) and the goal of this study is to detect various objects in different conditions and provide comparison results for the algorithms YOLOv3, YOLOv4 and Faster R-CNN. For this purpose, one-step algorithms (YOLOv3 and YOLOv4) and a two-step algorithm (Faster R-CNN) was trained to identify four objects [person, car, bus, motorcycle] in bad weather (rainy, foggy, snowy) and low light (at night) conditions. Then, comparisons of these three algorithms in all conditions was performed. By comparing YOLO versions v3 and v4, it is aimed to observe how different results the new version produces from the old version. Also, the performance of the new version in

detecting objects in bad weather conditions compared to the previous version. By comparing YOLO and Faster R-CNN algorithms, the performance differences between one-step and two-step algorithms were evaluated.

The rest of the paper is organized as follows. In section 2 Background of the Study is given. Section 3 consists of the Material and Method. Results of the study were given in Section 4. A Discussion was provided in Section 5 and the Limitations and Future Work Studies mentioned in Section 6.

2. Background of the Study

2.1. Two-Step Object Detection Algorithms

R-CNN is an earlier object detection algorithm developed by Ross Girshick and published in 2014 (Girshick et al., 2014). The name R-CNN arose from the fact that it combines region proposals with the CNN network. It includes three models: the first generates region proposals, the second takes these regions as input and applies a large CNN network to extract fixed-length features as a vector for each region, and the third is the Support Vector Machine (SVM). Figure 4 shows how the R-CNN algorithm works. It starts with the input images and then extracts 2000 regions to calculate the features for each region using a massive CNN. Following that, SVM is used to classify these regions.

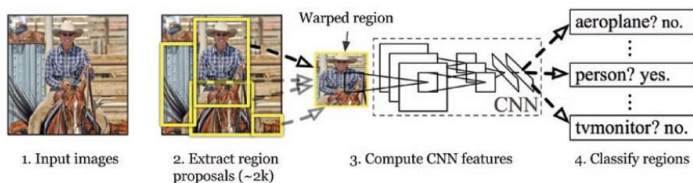


Figure 1. How the R-CNN Algorithm Work (Girshick et al., 2014)

R-CNN was the first algorithm for object detection, it had several issues with processing time delay. It was, however, very accurate. The R-CNN extract nearly 2000 region proposals from each image, each using 2000 convolutional neural networks, which is causing delays.

Fast R-CNN is an improved version of the R-CNN algorithm that it was created by Ross Grishick and published in 2015 (Girshick, 2015). This model outperforms the previous version (He et al., 2015). It employs VGG-16 (Simonyan & Zisserman, 2015) for classification, which improves the model's accuracy. The Fast R-CNN processes all of the data (image) at once, whereas the R-CNN divides the image into many regions before processing it.

Faster R-CNN is an improved version of the Fast R-CNN algorithm, which was developed in 2016 by Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, and Jian Sun (Ren et al., 2017). They increased training speed and detection accuracy by combining the Fast R-CNN and Region Proposal Network (RPN) into a single network and using shared convolutional RPN. It employs the VGG-16 (Simonyan & Zisserman, 2015) detection system, but the region proposal model remains unchanged from the Fast R-CNN, and the detection rate capacity of this version can reach up to 5 FPS. RPN shares convolutional layers at test time rather than generating region proposals again. This enables it to use the output region to create a new region. Furthermore, the use of

anchor boxes with varying scales allows the algorithm to detect objects over a wide range, which was not possible in the previous version (Huang et al., 2017). This algorithm's enhancements have proven to be a cost-effective and efficient solution for improving object detection capability (Ren et al., 2017).

2.2. One-Step Object Detection Algorithms

The two-step detection method can be more accurate than the one-step detection method. The speed that one-step detection provides, on the other hand, will make it more appealing. Because it lacked the necessary speed, the Faster R-CNN was unable to work with real-time detection and videos. For the time being, one-step detection, such as the SSD and YOLO algorithms, is the most recommended detection method, particularly for real-time detection. The one-step detection has only one output layer, which is sometimes referred to as a tensor. SSD is a simple method for training and combining predictions from a doubled features map with multiple resolutions to control objects of varying sizes. The network generates a score for each object in each box; SSD combines all computation into a single network. The SSD accuracy is 74.3 % mAP at 59 FPS for input 300x300 on pascal VOC and nearly 80 % mAP for 512x512 (Ning et al., 2017). It surpasses the Faster R-CNN (Ren et al., 2017), and it uses data augmentation to enhance the accuracy. The Faster R-CNN improves the algorithm by combining the RPN with shared convolutional layers, whereas the SSD combines the RPN and the Faster R-CNN to generate a network that is less complicated, easier to train, more precise, and efficient.

Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, and Ali Farhadi created YOLOv1 (Joseph Redmon et al., 2016) in 2016. YOLO is the fastest algorithm for real-time detection and video analysis. It can detect multiple objects at the same time and can run at 45 fps (Joseph Redmon et al., 2016). YOLO is made up of a single CNN that predicts multiple bounding boxes as well as the class likelihood for these boxes as a whole. YOLO has several advantages, such as speed; all needed is to run the single network on an image to predict and detect. During training and testing it sees the entire image. When compared to the Fast R-CNN, it produces less than half amount of the background errors. Also, YOLO learns an overall representation of objects that it can apply to new contexts or unexpected input.

A different team (Alexey Bochkovskiy, Chien-Yao Wang, Hong-Yuan Mark Liao) created YOLOv4 in 2020 (Bochkovskiy et al., 2020). Previously, the Redmond team developed YOLO from version 1 to version 3, and now a new team has designed YOLOv4 (Bochkovskiy et al., 2020). YOLOv4 has a distinctly new structure than YOLOv3 and incorporates YOLOv3 into its structure. It also employs an improved version of the Darknet-53 (CSP-Darknet-53) (Bochkovskiy et al., 2020). YOLOv4 employs new features such as MOSAIC (Bochkovskiy et al., 2020) data augmentation, CIoU loss (Zheng et al., 2020), DIOU NMS (Zheng et al., 2020), SPP-Net (Wang et al., 2020), CSP-Net (Huang et al., 2017), Dens-Net (Huang et al., 2017), Greedy NMS (Hosang et al., 2017), and is capable of achieving 65.7% AP50 with 65 fps in real-time detection (Bochkovskiy et al., 2020). On COCO datasets, YOLOv4 outperforms the other algorithms with AP greater than 43, as shown in Figure 5 (He et al., 2015). Every new version of YOLO improves on speed because the main goal of YOLO is speed with good accuracy.

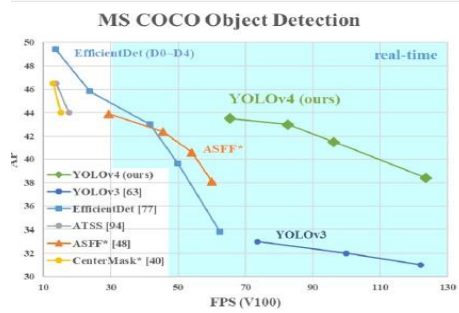


Figure 5. Comparison YOLOv4 with YOLOv3 and Other Algorithms (He et al., 2015)

3. Material and Method

In this study, a comparison was made to better understand the differences between two-step and one-step algorithms and the performance difference between the versions of YOLO algorithm. Because of YOLOv4 produces faster and more accurate results, and it can work at speeds of up to 30 fps. Faster R-CNN was chosen from the two-step algorithms because it is the most recent and improved algorithm in its segment. The open images dataset (Krasin, 2017) was chosen which contains person, car, bus, and motorcycle objects. The reason behind the selection of this dataset is; it contains 16 M bounding boxes for over 600 objects classes, and 1.9M images. It contains labels for many classes and organized into three datasets: a training dataset with 9,011,219 images, a validation dataset with 41,620 images, and a test dataset with 125,436 images. The OIDv4 (Vittorio, 2018) tool was used to download the dataset, and then it was converted to YOLO-Annotation (text file). The dataset of over 10,000 images with 1024 x 768 resolution (the training dataset only) was used. Figure 6 depicts the number of labels for each object and for testing 2825 images was used.

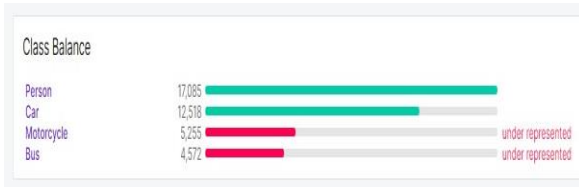


Figure 6. Number of Labels For Every Object in the Training Dataset

3.1. The Structure of YOLOv4

In this study, YOLOv4-Darknet-53 was used and there were two phases: the first was the Training Phase, and the second was the Detection Phase. There were five steps to completing the Training Phase of YOLOv4:

1. Feed the Dataset: The Darknet-53 classifier was used to train YOLOv4; dataset was fed with over 10,000 images labeled [person, car, bus, and motorcycle].
2. Begin the Training: The Darknet-53 was used to train this system, which resizes images to 512 pixels. Then, as shown in Table 1, data augmentation for images were generated. The transfer learning technique was used to augment the data used for YOLOv4 training. A pre-trained model (coco model) was downloaded, which was a very strong model trained with the coco dataset, and it was then used to perform transfer learning for YOLOv4. Tesla P4 as a GPU for training was used to speed up the training.

Table 1. Data Augmentation Used in YOLOv4 and YOLOv3

Data Augmentation	YOLOv4
MOSIAC	Yes
Random Flag	Yes
Photometric	Yes

- MOSIAC: This type of data augmentation improves the model's accuracy.
 - Random flag: Resizes the input images every 10 iterations, giving the model the ability to detect different sizes of objects while also improving the mAP.
 - Photometric: This is another type of data augmentation that alters the photo's content (saturation, exposure, and hue) to provide the model with more examples from the dataset.
3. Calculate mAP: Every 1000 iterations the Darknet computed the Mean Average Precision (mAP). The training was stopped at 50,000 iterations based on the mAP, Recall, and F1-Score values. YOLOv4 produced the best results after 40,000 iterations.
 4. Begin the prediction with the (IoU): The dataset was labeled while the training was running (labeling is drawing bounding boxes around the object that wanted to be detected). These were the truth boxes, as the labels indicate. When training started, the network generated predicted bounding boxes, also known as default boxes, and compared them to ground truth boxes. The default IOU threshold value was 0.5, and if the intersection over Union (IOU) was greater than 0.5, an overlap occurs, resulting in accurate detection. Otherwise, if the value is less than (0.5), good detection is not achieved.
 5. Extract the prediction: After the training process was completed, a model was ready which contains all of the predictions for the objects to be detected.

In the Detection Phase, the trained model was used to detect objects in videos or photos. Four steps were listed below for the Detection Phase of YOLOv4:

1. Load the Previously Trained Model: The trained model was loaded into the darknet, and the algorithm's first layer resized the inputted frame to 512 x 512. The algorithm then divided the frame into 512 x 512 grid cells, as shown in Figure 7.



Figure 7. YOLOv4 Divide the Input into S X S Grid Cells (Joseph Redmon et al., 2016)

2. Search for Objects: If any grid cell was the center of an object, that cell was in charge of detecting that object, and each cell generated a confidence

probability and the label coordinates (bx, by, bh, bw) for each object with the class name.

- Use NMS: Normally, there were good and bad detections, but only the good ones needed to be filtered. The None Maximum Suppression (NMS) method was used for this pupose. YOLOv4 used the Greedy NMS, which was used to eliminate bad and duplicated object detections. The Greedy NMS was the final layer of YOLOv4 and responsible for removing all bad and duplicated detections. Figure 8 depicts how the Greedy NMS operates.



Figure 8. How the Greedy NMS Works (Hosang et al., 2017)

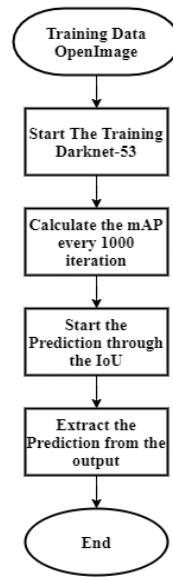
- Detection Output: Create a tensor or complex vector containing [P, bx, by, bh, bw, c1, c2, c3.... cn], where P represents a flag, indicating that the network recognized the object. It takes a boolean value (0,1) and ignores the other values [bx, by, bh, bw, c]. If it is 0, it means 'do not care state'. [bx, by, bh, bw] represent the four coordinates for labeling the detected objects, with (bx, by) representing the object's center and (bh, bw) representing the object's height and width. Ci denotes the number of classes, and everything is linked together within this tensor (confidence probability, label coordinates and classes names). As a result, all of the previous operations' processes are grouped together within a single layer.

The model's results were the same frame that feded into it. If it is a video, there will be several frames, and the model draws the bounding boxes around the objects. Figure 9 shows examples of detection results, and Figure 10 summarizes the steps of method's two phases in a flowchart.



Figure 9. Detection Result (Output)

The Training Phase



The Detection Phase

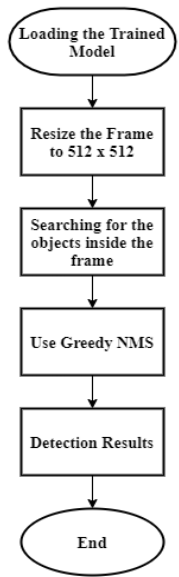


Figure 10. Flowchart For Phase One and Two of the Method

Complete Intersection Over Union Loss (CIoU-Loss) was used for YOLOv4 which is a type of loss function used for YOLOv4, and three equations for calculating the CIoU-Loss are as follows, where b and b^{gt} denote the central points of B and B^{gt} (predicted box B and target box B^{gt}), p(.) is the Euclidean distance, c is the diagonal length of the smallest enclosing box covering two boxes, α is a positive trade-off parameter, and υ measures the consistency of aspect ratio:

$$L_{CIoU} = 1 - IoU + \frac{\rho^2 + b, b^{gt}}{c^2} + \alpha \nu \quad (1) \text{ (Zheng et al., 2020)}$$

$$\alpha = \frac{\nu}{(1-IoU)+\nu} \quad (2) \text{ (Zheng et al., 2020)}$$

$$\nu = \frac{4}{\pi^2} \left(\arctan \frac{w^{gt}}{h^{gt}} - \arctan \frac{w}{h} \right)^2 \quad (3) \text{ (Zheng et al., 2020)}$$

Configurations of YOLOv4;

- Batch size: 64, which means that for each iteration of YOLOv4, 64 images will be used.
- Height (h), Width (w) = 512, the size of the input images, RGB channel = 3.
- Learning-rate = 0.001, set the learning rate.
- Maximum batch size = 50,000, with training for 50,000 iterations.

4. Results

4.1. One-step Algorithms (YOLOv4 and YOLOv3)

Training was performed inside Google-Collab using the Darknet classifier (J Redmon, 2016) for YOLOv3 and YOLOv4, and all of the results were achieved with a Tesla P4 as the GPU.

4.1.1. YOLOv4

After construction of the model, the mAP (Mean Average Precision) of the model needs to be calculated. Therefore, a test dataset was required in order to use the map function within the Darknet system to calculate the model's mAP. At the 50,000

iteration, training was completed. After training, models were tested, the best result found at the 40,000 iteration, and the mAP@50 = 0.72.12, Precision = 0.71, Recall = 0.63, and F1-Score = 0.67 (Table 2). This experiment was carried out with a dataset of 2800 images obtained from Open-Images (Krasin, 2017).

Table 2. Map Calculation for Some Specific Iteration for the YOLOV4 Model

Iteration	mAP@50%	Precision	Recall	F1-Score
20000	71.85	0.67	0.62	0.64
23000	71.11	0.72	0.60	0.66
26000	72.22	0.67	0.63	0.65
27000	71.16	0.64	0.64	0.64
31000	71.55	0.65	0.65	0.65
38000	72.07	0.68	0.64	0.66
40000	72.12	0.71	0.63	0.67
45000	70.36	0.68	0.62	0.65
46000	71.17	0.70	0.62	0.66
48000	70.52	0.73	0.60	0.66
50000	69.80	0.70	0.60	0.64

TP (True Positive) represents the good detection of the model is capable to obtain, FP (False Positive) represents the value of errors or the incorrect detection, and FN (False Negative) represents the label that the model was unable to recognize or missed. TP, FP, and FN were metrics used from the 40,000 iterations to calculate the Precision, Recall, and F1-Score.

- A. TP = 6551, FP = 2678, FN = 3806
- B. Precision = $\frac{TP}{TP+FP} = 0.71$
- C. Recall = $\frac{TP}{TP+FN} = 0.63$
- D. F1-Score = $2 * \frac{\text{Precision} * \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} = 0.67$
- E. mAP@0.5 = $\frac{\text{The summation for the AP of all objects}}{\text{Number of objects}} = 72.12$

The mAP threshold 0.5 was used to filter all detections greater than 50% for each object (Table 3). Every object [person, car, bus, and motorcycle] had the AP. This network (YOLOv4) has 162 layers and 90,259 billion floating point operations per second. The 40,000 iteration model was chosen to test the object detection. The detection was performed on a large number of videos, at various times of day and night, and under various weather conditions, such as (snowy, foggy, rainy). YOLOv4 can run at 42 fps for 30 fps videos with a resolution of 1920x1080 pixels. With a threshold of 0.5. For YOLO detection, there were four different colored labels: pink for people, blue for cars, green for buses, and yellow for motorcycles (Figure 11).

Table 3. AP for each Object at each Iteration

Iteration	mAP@50%	F1-Score%	Objects	AP%
20000	71.85	0.64	Person	47.87
			Car	64.15
			Bus	61.12
			M-cycle	83.92

31000	71.55	0.65	Person	48.49
			Car	63.30
			Bus	90.51
			M-cycle	83.92
38000	72.07	0.66	Person	46.40
			Car	67.96
			Bus	89.69
			M-cycle	84.24
40000	72.12	0.67	Person	46.79
			Car	67.09
			Bus	90.97
			M-cycle	83.64
46000	71.17	0.66	Person	45.06
			Car	65.70
			Bus	90.42
			M-cycle	83.49



Figure 11. Detection Result for YOLOV4 at Daylight

Figure 12 indicates the negative aspect of YOLOv4 detecting the Long truck as a Bus.



Figure 12. Wrong Detection of the Long-Track as a Bus With YOLOV4



Figure 13. Detection Results for YOLOv4 at Night

Figure 13 depicts the detection results of YOLOv4. There were some errors at night, such as large or long cars detected as buses and a traffic light detected as a person, or a car as a person. Figure 14 depicts incorrect detection results.



Figure 14. Wrong Detection and Errors of YOLOv4 at Night



Figure 15. YOLOv4 Detection Results Under Heavy Rain Condition

Figure 15 depicts the detection results of YOLOv4 in rainy weather for both night and daylight. As shown in Figure 15,

YOLOv4 was able to identify cars in heavy rain at night or in low light, and some detections occurred with almost no visibility.

Figure 16 shows some examples of YOLOv4 incorrect detections in heavy rain; it can be seen that the empty part of the photo was detected as a person. YOLOv4 detected the truck and identified it as a bus on the right side of the image.



Figure 16. Wrong Detection for YOLOv4 in Heavy Rain at Night

Figure 17 depicts the detection results of YOLOv4 in foggy conditions.

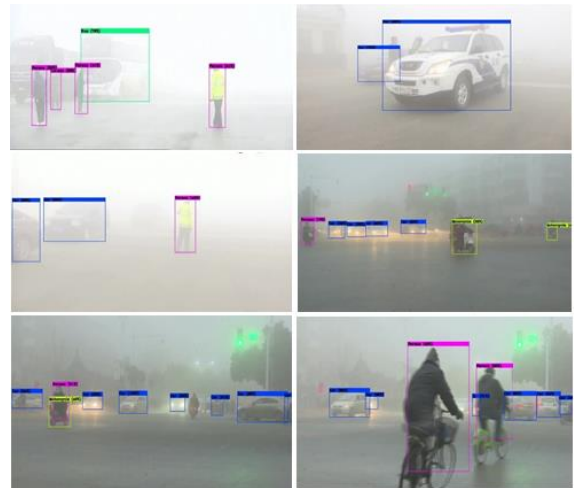


Figure 17. YOLOv4 Detection Results in Foggy Weather

There were some incorrect detections, such as identifying a part of a truck as a car and another truck as a bus. The images in Figure 18 depicted the detection errors. As shown in Figure 18, YOLOv4 identified two objects as a bus. The first object from the left (in the red box) was initially identified as a truck, but YOLOv4 changed it to a bus.



Figure 18. Wrong Detections for YOLOv4 in Foggy Weather

During a snowfall, YOLOv4 was able to detect objects. Figure 19 depicts photos of YOLOv4 detections in snowy conditions.



Figure 19. YOLOv4 Detection Result in Snow Weather

YOLOv4 has good detection in bad weather, but when there is heavy snow, YOLOv4 makes mistakes and misidentifies buses as cars.

Table 4. Detection Results for Every Object, in a Different Environment for YOLOv4

Weather conditions	Objects Names	AP%
Daylight	Person	94
	Car	100
	Bus	100
	Motorcycle	88
Night	Person	91
	Car	100
	Bus	95
	Motorcycle	85
Rainy	Person	-
	Car	95
	Bus	98
	Motorcycle	85
Foggy	Person	70
	Car	72
	Bus	97
	Motorcycle	60
Snowy	Person	79
	Car	80
	Bus	91
	Motorcycle	-

Table 4 shows the AP for each object (person, car, bus, motorcycle) in various weather conditions and throughout the day (daylight, night, rain, fog, snow). A demonstration of how different environments can make it difficult to detect objects, particularly in foggy or snowy conditions was presented. The detection results (AP %) for the mentioned objects were given in the table above for the three different weather conditions and throughout the day. The detection result of the object in the middle of the frame is represented by AP %. The higher detection results were gathered in the daylight scenario. Lower detections were discovered in the snowy and foggy weather. The two obstacles had the highest reported AP value throughout the obstacles (car and bus). The objects with the lowest AP value were the person and the motorcycle. YOLOv4 was successful in detecting all of

the aforementioned objects at various times of day and in challenging weather conditions. This is yet another discovery that demonstrates the effectiveness of the YOLOv4 one-step object detection algorithm.

4.1.2. YOLOv3

YOLOv3 models were tested as the same with YOLOv4 models. The training was ended at 43,000 iterations and the mAP was calculated. Table 5 shows the results of selected models with high mAP, recall, and F1-Score. According to Table 5, the model with the 36,000 iterations produced the best results. It has the greatest Recall, F1-Score, and mAP. The same dataset (2800 images) was used for the test as previously used for testing YOLOv4.

Table 5. mAP Calculation for some Specific Iteration for the YOLOv3 Model

Iteration	mAP@50%	Precision	Recall	F1-Score
22000	65.05	0.72	0.53	0.61
25000	64.91	0.72	0.52	0.61
28000	64.95	0.69	0.55	0.61
34000	65.01	0.73	0.53	0.61
36000	65.53	0.73	0.54	0.62
39000	64.89	0.72	0.53	0.61
40000	64.73	0.76	0.50	0.61
41000	65.10	0.75	0.52	0.61
43000	64.32	0.71	0.54	0.61

TP, FP, and FN were used at 36,000 iterations to evaluate the model and calculate the Precision, Recall, and F1-Score, with the following equation:

A. $TP = 5543, FP = 2021, FN = 4814$

B. $Precision = \frac{TP}{TP+FP} = 0.73$

C. $Recall = \frac{TP}{TP+FN} = 0.54$

D. $F1-Score = 2 * \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall} = 0.62$

E. $mAP@0.5 =$

$$\frac{\text{The summation for the AP of all objects}}{\text{Number of objects}} = 65.52$$

YOLOv3 was able to work with 37 FPS, by using 30 FPS videos with 1920 x 1080 resolution. As can be seen from Table 6, YOLOv3 was able to detect each object (person, car, bus, motorcycle) with the threshold 0.5, and it can be seen that at 36,000 iterations of YOLOv3 was able to detect person with 36.79% of AP, car with 61.51%, bus with 84.77%, and motorcycle with 79.03% of AP, and YOLOv3 107 layers.

Table 6. AP for each Object at each Iteration for YOLOv3

Iteration	mAP@50%	F1-Score	Objects	AP%
25000	64.91	0.61	Person	36.90
			Car	60.72
			Bus	84.92
			M-cycle	77.11

28000	64.95	0.61	Person	37.86
			Car	61.14
			Bus	84.71
			M-cycle	76.08
34000	65.01	0.61	Person	36.66
			Car	61.70
			Bus	84.29
			M-cycle	77.38
36000	65.53	0.62	Person	36.79
			Car	61.51
			Bus	84.77
			M-cycle	79.03
39000	64.89	0.61	Person	36.52
			Car	60.80
			Bus	84.75
			M-cycle	77.84
41000	65.10	0.61	Person	37.60
			Car	60.23
			Bus	84.14
			M-cycle	78.42
43000	64.32	0.61	Person	37.10
			Car	60.81
			Bus	84.21
			M-cycle	75.18



Figure 20. Detection for YOLOv3 at Daylight

The detection results for YOLOv3 for the daylight are shown in the Figure 20.

As can be seen in Figure 21, there were some misdetections of YOLOv3. It recognizes the long truck as a bus, the bus as a car, and the car as a motorcycle, as well as the blue label for a car, the green label for a bus, the yellow label for a motorcycle, and the pink label for a person.



Figure 21. Wrong Detection of YOLOv3

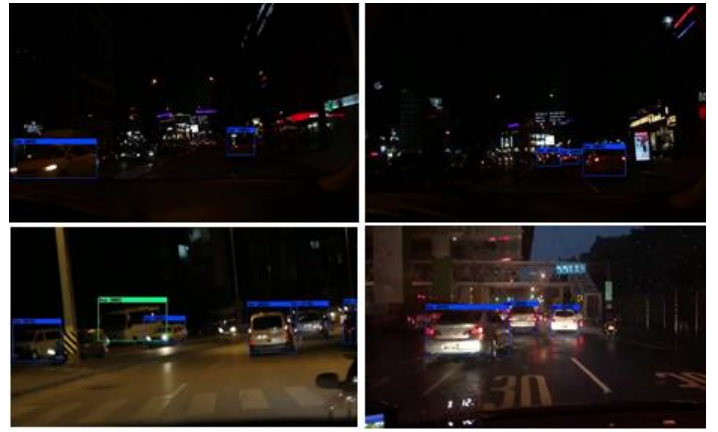


Figure 22. Detection of YOLOv3 at Night with Dash Cam

Figure 22 depicts the detection results for YOLOv3 at night; this video was recorded using a dash-cam for a car; YOLOv3 detects only cars and buses. It could not detect person or motorcycles. Also, in some scenarios, it detected one or two objects per frame.

In Figure 23, another scenario with a fixed camera was shown, and the detection of YOLOv3 was poor; it could only detect one or two cars per frame, and there was no detection of the bus.



Figure 23. Bad detection of YOLOv3 at Night

As shown in Figure 24, YOLOv3 made incorrect detections by detecting a car as a motorcycle in the right photo (with yellow label) and detected a truck as a bus in the left photo (with green label), and YOLOv3 was unable to detect a person at night.



Figure 24. Wrong Detection of YOLOv3 at Night

YOLOv3 performance was not good in rainy conditions; when there was heavy rain and night, it detected nothing; however, when there was enough light, it could work properly and detected objects (Figure 25).



Figure 25. YOLOv3 Detection in Rainy Weather Condition

In scenarios such as heavy rain, YOLOv3 failed to detect anything because the raindrops obscured the vision, as shown in the bottom two images of Figure 25. In another instance, YOLOv3 detected a car and recognized it as a bus. YOLOv3 was able to detect all of the objects despite the foggy conditions (Figure 26).

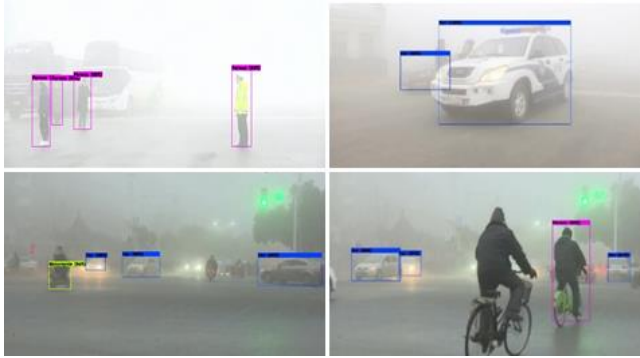


Figure 26. Detection of YOLOv3 in Foggy Weather Condition

YOLOv3 also produced incorrect detection results, such as detecting the truck and misidentified it as a bus in the snow (Figure 27). YOLOv3 was unable to detect the bus or a person riding a motorcycle, and in some frames detected only one car.



Figure 27. YOLOv3 Detection in Snowy Weather Condition

Table 7. Detection Results for Every Object, in Different Environment for YOLOv3

Weather conditions	Objects Names	AP%
Daylight	Person	70
	Car	94
	Bus	70
	Motorcycle	70
Night	Person	0
	Car	96
	Bus	70
	Motorcycle	0
Rainy	Person	-
	Car	94
	Bus	85
	Motorcycle	70
Foggy	Person	70
	Car	72
	Bus	97
	Motorcycle	72
Snowy	Person	65
	Car	70
	Bus	75
	Motorcycle	-

In Table 7, there were three main columns for the detection of AP percent, which represents the detection for the object in the middle of the frame, Mini-AP percent, which represents the minimum detection for the object, and Max-AP percent, which represents the maximum detection for the object. In the daytime, YOLOv3 was able to detect all of the objects with an AP of 70% and the car with an AP of 94%, whereas at night, YOLOv3's detection was poor. It could only detect cars and buses, with a 96% success rate for cars and a 70% success rate for buses. However, it was unable to detect a person or a motorcycle at night. In rainy weather, YOLOv3 detected objects, with a 94% success rate for cars, an 85% success rate for buses, and a 70% success rate for motorcycles.

4.2. Two-step Algorithm (Faster R-CNN)

The Faster R-CNN algorithm was trained for 36,000 iterations and achieved mAP 0.51, Precision 0.5832, Recall 0.4987, and F1-Score 0.5376 as shown in Table 8.

Table 8. mAP Calculation for Some Specific Iteration for the Faster R-CNN Model

Iteration	mAP@50%	Precision%	Recall%	F1-Score%
7000	0.4185	0.4709	0.4391	0.4544
15000	0.4749	0.5401	0.4711	0.5032
19000	0.4933	0.5591	0.5991	0.5784
25000	0.4965	0.5631	0.5899	0.5761
28000	0.5040	0.5759	0.4927	0.5310
32000	0.5103	0.5809	0.4961	0.5351
36000	0.5105	0.5832	0.4987	0.5376

Table 8 shows the metrics for each iteration of the Faster R-CNN algorithm training: mAP, Precision, Recall, and F1-Score. It can be seen that the highest value of mAP and Precion was taken at iteration 36,000. Iteration 19,000 produced the highest value of Recall. These values are obtained by evaluating the existing model on a test dataset of 28,000 images. This evaluation method calculated the mAP directly from the AP of the objects and Precision and recall without calculating the model's TP, FP, and FN.

The Faster R-CNN algorithm can work with 7 - 10 FPS by using 30 FPS videos with a resolution of 1920 x 1080, and the detections were performed in different weather conditions, just like the YOLO algorithm. Table 9 shows the detection results for Faster R-CNN for each object (person, car, bus, motorcycle). The threshold was set to 0.5, and the algorithm was able to detect a person with 0.0051 of AP, a car with 0.52, a bus with 0.80, and a motorcycle with 0.71 of AP after 36,000 iterations.

Table 9. AP for each Object at each Iteration for the Faster R-CNN

Iteration	mAP@50%	F1-Score	Objects	AP%
7000	0.42	0.45	Person Car Bus M-cycle	0.0035 0.4121 0.7111 0.5470
15000	0.47	0.50	Person Car Bus M-cycle	0.0045 0.4805 0.7628 0.6517
19000	0.49	0.58	Person Car Bus M-cycle	0.0045 0.5053 0.7850 0.6785
25000	0.49	0.58	Person Car Bus M-cycle	0.0046 0.5104 0.7795 0.6917
28000	0.50	0.53	Person Car Bus M-cycle	0.0050 0.5239 0.7883 0.6987
32000	0.51	0.53	Person Car Bus M-cycle	0.0049 0.5295 0.8006 0.7064
36000	0.51	0.54	Person Car Bus M-cycle	0.0051 0.5200 0.8005 0.7171

The Faster R-CNN algorithm was able to detect all of the objects in daylight. Figure 28 depicts the Faster R-CNN algorithm detection during daylight.



Figure 28. Detection of Faster R-CNN at Daylight

Faster R-CNN made some mistakes, misidentifying parts of a car and some cars as motorcycles (Figure 29). A long truck was also detected and identified as a bus. It had trouble detecting people and failed to detect objects from a long distance.



Figure 29. Wrong Detection for the Faster R-CNN at Daylight

The faster R-CNN could function and detect objects at night, but the recognition was not good enough in some scenarios, particularly for distant objects. Figure 30 depicts the Faster R-CNN algorithm's detection at night.



Figure 30. Detection of the Faster R-CNN at Night

Figure 30 shows the footage from a car dash camera, also there was a footage from a road monitoring camera (Figure 31). The object was not close enough in this video for the Faster R-CNN to detect it.

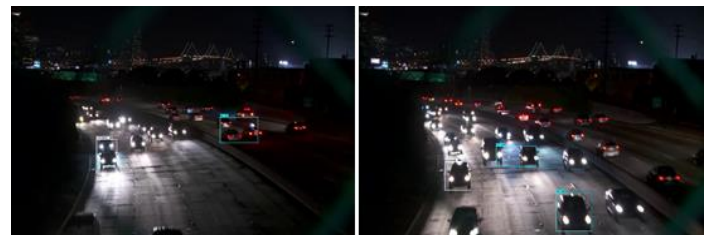


Figure 31. Wrong Detection of the Faster R-CNN at Night

In the rainy weather, the detection of the Faster R-CNN was poor. Figure 32 depicts such detections made by the Faster R-CNN algorithm.



Figure 32. Detection of the Faster R-CNN in Rainy weather conditions

In Figure 32, the Faster R-CNN algorithm either failed to detect objects like the cars in the images or misidentified some as motorcycles. It was unable to detect buses and motorcycles.

The Faster R-CNN algorithm was able to detect all of the objects despite the foggy weather conditions. Figure 33 depicts some images of the Faster R-CNN detection in foggy conditions.



Figure 33. Detection of the Faster R-CNN in Foggy Weather Conditions

The Faster R-CNN could be able to detect objects in snowy weather conditions, but detection was poor, and it missed some objects during the snowfall. It was able to detect a few, but they were misidentified as different objects. For example, it detected a car and recognized it as a motorcycle. It was also unable to detect objects from a long distance. Figure 34 depicts some images demonstrating the performance of the Faster R-CNN detection in snowy conditions. As can be seen in the last two images of Figure 34, the algorithm made some errors by misidentifying a car and a portion of another as motorcycles.



Figure 34. Detection of the Faster R-CNN in Snowy Weather Condition

4.3. Comparison of YOLO with Faster R-CNN

This section contains comparison results for YOLOv4, YOLOv3, and Faster R-CNN, as well as photos illustrating the differences between each version. In this study, two YOLO versions (YOLOv3 and YOLOv4), as well as the Faster R-CNN, were trained. The best result for YOLOv3 at 36,000 iterations, and the best result for YOLOv4 at 40,000 iterations. The best output for Faster R-CNN at 36,000 iterations. It is possible to examine each one and determine which one is the best. Table 10 shows the distinction between the YOLO models and the Faster R-CNN model. The 40,000 iteration of the YOLOv4 model has mAP of 72.12, Precision of 71, Recall of 63, and F1-Score of 67. The mAP of the YOLOv3 model with 36,000 iterations is 65.53, Precision is 73, Recall is 54, and F1-Score is 62. Precision was higher in YOLOv3 than in YOLOv4, while Recall, mAP, and F1-Score were higher in YOLOv4. As a result, the detection results of YOLOv4 were superior to those of YOLOv3. However, even when compared with YOLOv3, the Faster R-CNN with 36,000 produced the worst results. YOLOv4 received a higher AP for each object than YOLOv3. YOLOv4 outperformed YOLOv3 in the TP, FP, and FN. Detection results of YOLOv3

Table 10. Difference Between the Metrics of YOLOv4, YOLOv3 Faster R-CNN Models

Alg.	Iteration	Num.of Layers	mAP%	Precision	Recall	F1-Score	Obj.	AP%
YOLO v4	40000	162	72.12	0.71	0.63	0.67	Person	46.79
							Car	67.09
							Bus	90.97
							M-cycle	83.64
YOLO v3	36000	107	65.53	0.73	0.54	0.62	Person	36.79
							Car	61.51
							Bus	84.77
							M-cycle	79.03
Faster R-CNN-Res-Net-50-TF 2	36000	50	51.00	0.58	0.49	0.53	Person	0.01
							Car	0.52
							Bus	0.80
							M-cycle	0.71

4.3.1. Detection at night

At night, each algorithm was tested using dash-cam and static camera videos. YOLOv4 was able to detect all objects with the dashcam, whereas YOLOv3 detected only cars and buses. Faster R-CNN detection results were similar to YOLOv3. On the other hand, the Faster R-CNN and YOLOv3 underperform for the static camera. YOLOv4 detected almost all of the cars, as shown in Figure 35. As a result, YOLOv4 is suggested for night detection. Figure 36 demonstrates how YOLOv4 and Faster R-CNN were able to detect people crossing the street at night, whereas YOLOv3 could not.

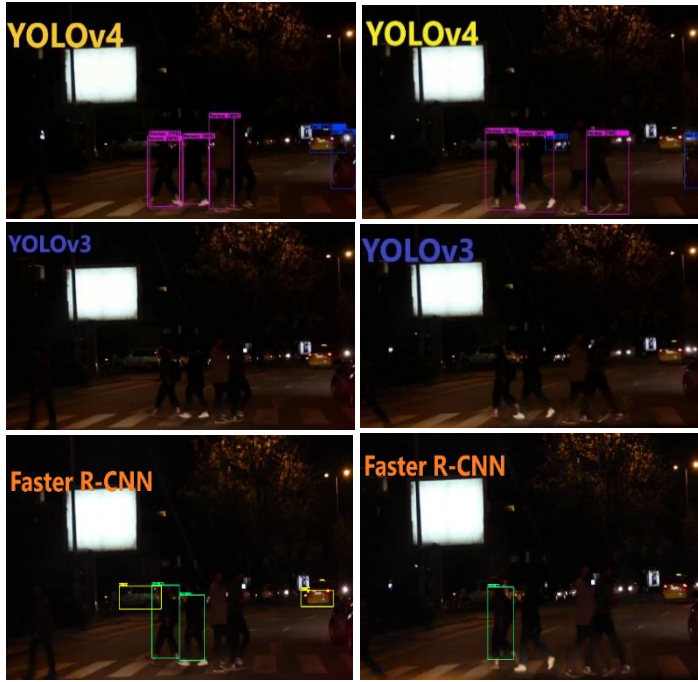


Figure 35. Detection of YOLO, and Faster R-CNN at Night



Figure 36. Person detection for YOLO and Faster R-CNN

4.3.2. Detection in rainy weather condition

Each algorithm was tested with a large number of videos in rainy conditions. However, when it was dark and raining heavily, YOLOv3 was unable to detect anything, whereas YOLOv4 was able to detect some objects. The Faster R-CNN performed poorly, as shown in Figure 37, which depicts images of the scenarios for YOLOv3, YOLOv4, and the Faster R-CNN.



Figure 37. Detection of YOLO, and Faster R-CNN Under Heavy Rain

4.3.3. Comparison of the detection results in snowy weather condition

In snowy weather, YOLOv3, YOLOv4, and Faster R-CNN detection were tested. The detection of YOLOv4 was superior to that of YOLOv3 and Faster R-CNN. YOLOv4 was able to detect objects from a long distance, even when they were covered in snow, such as cars. YOLOv4 detected more objects per frame than YOLOv3 and the detection of the Faster R-CNN was poor as well. On the other hand, YOLOv3 detection outperformed the Faster R-CNN. Figure 38 depicts detection for YOLOv4, YOLOv3, and Faster R-CNN.



Figure 38. Detection of YOLO, and Faster R-CNN in Snowy Weather

5. Discussion

This study aimed to compare three object detection algorithms YOLOv4, YOLOv3 from the one-step algorithms and Faster R-CNN from the two-step algorithms. To compare these algorithms their detection results were used. Four different objects [person, car, bus, motorcycle] tried to be detected during daylight, night and in different weather conditions. Based on the results of this study, YOLOv4 outperformed other two algorithms (YOLOv3, Faster R-CNN) in detecting most of the objects in different conditions. It had the highest AP for all four objects, and its processing time was faster than YOLOv3 and R-CNN, with a speed of 42 FPS. In terms of speed, YOLOv3 came in second with 37 FPS, indicating that it can perform real-time detections. With a speed of 7 – 10 FPS, the Faster R-CNN was the slowest. According to the findings of this study, YOLOv4 is the best choice for bad weather and night detections. This algorithm's speed adds another point to its favor, making it the best choice if speed and accuracy were required for a specific task. According to the results of this study, the performance result differences between the versions of YOLO algorithm was presented. For better understanding the one-step and two-step algorithms YOLO and Faster R-CNN was compared.

6. Conclusion and Future Work

Object detection is a critical field which makes machines to be able to recognize a wide range of objects using AI. In this study, two types of algorithms were examined: the one-step algorithms (YOLOv4, YOLOv3) and the two-step algorithm (Faster R-CNN). These algorithms were used to detect various objects [person, car, bus, motorcycle] in different conditions [day, night, rainy, foggy, snowy]. YOLOv4 was able to work and detect objects in all of the conditions mentioned except when it was dark and raining heavily. The second algorithm (YOLOv3) could not function at night or in snowy conditions. The Faster R-CNN performed the worst of the three because it could not work at night, in snowy or rainy conditions.

As a future work, improvements can be possible regarding the detection of YOLOv4 in bad weather conditions and at night. To improve the detection in bad weather conditions, a new model can be build to enhance the vision. This future prospect model would run to improve vision by removing obstructions such as raindrops on the lens, fogs, or snowflakes. It could also improve the brightness and make it suitable for use at night. By removing the obstructions, the model can perform better, and detection in poor weather and at night can be improved. A data augmentation method to generate raindrops, snowflakes, and fogs on the dataset would improve detection even more. It would provide more examples of bad weather conditions to the algorithm, allowing the model to recognize obstacles and detect more objects in bad weather conditions. The same dataset can be trained with the YOLOR algorithm, which is the most recent version of the YOLO series.

References

Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., & Liao, H.-Y. M. (2020). YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection. *ArXiv Preprint ArXiv:2004.10934*. <http://arxiv.org/abs/2004.10934>

Corovic, A., Ilic, V., Duric, S., Marijan, M., & Pavkovic, B. (2018). The Real-Time Detection of Traffic Participants

Using YOLO Algorithm. 2018 26th Telecommunications Forum, TELFOR 2018 - Proceedings. <https://doi.org/10.1109/TELFOR.2018.8611986>

Girshick, R. (2015). Fast r-cnn. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, 1140–1448.

Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T., & Malik, J. (2014). Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 580–587. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2014.81>

Havuç, E., Alpak, Ş., Çakirel, G., & Baran, M. K. (2021). Derin Öğrenme Vasıtasıyla Masa Tenisi Topu Takibi. *European Journal of Science and Technology*, 27, 629–635. <https://doi.org/10.31590/ejosat.885795>

He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2015). Spatial Pyramid Pooling in Deep Convolutional Networks for Visual Recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 37(9), 1904–1916. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2015.2389824>

Hosang, J., Benenson, R., & Bernt, S. (2017). Learning non-maximum suppression. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 6469–6477.

Huang, G., Liu, Z., Van Der Maaten, L., & Weinberger, K. Q. (2017). Densely connected convolutional networks. *Proceedings - 30th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2017, 2017-Janua*, 2261–2269. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.243>

Krasin, I. (2017). *OpenImages: A public dataset for large-scale multi-label and multi-class image classification*.

Ning, C., Zhou, H., Song, Y., & Tang, J. (2017). Inception Single Shot MultiBox Detector for object detection. *2017 IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops, ICMEW 2017*, 549–554. <https://doi.org/10.1109/ICMEW.2017.8026312>

Redmon, J. (2016). *Darknet: Open Source Neural Networks in C*. <http://pjreddie.com/darknet/>

Redmon, Joseph, Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016-Decem*, 779–788. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>

Redmon, Joseph, & Farhadi, A. (2017). YOLO9000: better, faster, stronger. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*.

Redmon, Joseph, & Farhadi, A. (2018). YOLOv3: An Incremental Improvement. *ArXiv Preprint ArXiv:1804.02767*. <http://arxiv.org/abs/1804.02767>

Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2017). Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39(6), 1137–1149. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2016.2577031>

Simonyan, K., & Zisserman, A. (2015). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015 - Conference Track Proceedings*.

Vittorio, A. (2018). *Vittorio, Angelo, "OIDv4_ToolKit, Toolkit to download... - Google Akademik*. Toolkit to Download and Visualize Single or Multiple Classes from the Huge Open Images v4 Dataset. github.com/EscVM/OIDv4_ToolKit

Wang, C. Y., Mark Liao, H. Y., Wu, Y. H., Chen, P. Y., Hsieh, J. W., & Yeh, I. H. (2020). CSPNet: A new backbone that can enhance learning capability of CNN. *IEEE Computer Society*

*Conference on Computer Vision and Pattern Recognition
Workshops, 2020-June, 1571–1580.
<https://doi.org/10.1109/CVPRW50498.2020.00203>*

Zheng, Z., Wang, P., Liu, W., Li, J., Ye, R., & Ren, D. (2020).
Distance-IoU loss: Faster and better learning for bounding
box regression. *AAAI 2020 - 34th AAAI Conference on
Artificial Intelligence, 20, 12993–13000.*
<https://doi.org/10.1609/aaai.v34i07.6999>



Homojenleştirme Süresinin Mg-Al-Sn-Mn-La-Gd Alaşımın Aşınma Davranışı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

İsmail Hakkı Kara^{1*}

^{1*} Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-8425-5649),
ihakkikara@karabuk.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 21 Ekim 2021 ve Kabul Tarihi 16 Aralık 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1013166)

ATIF/REFERENCE: Kara, İ.H., (2022). Homojenleştirme Süresinin Mg-Al-Sn-Mn-La-Gd Alaşımın Aşınma Davranışı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 55-59.

Öz

Bu çalışmada, Mg-2.5Al-0.3Mn-0.4La-0.2Gd alaşımı düşük basınçlı kokil kalıba döküm yöntemiyle başarılı bir şekilde üretilmiştir. Döküm sonrası 350°C de 4,8 ve 12 saat boyunca homojenleştirme ısıl işlemi uygulanmıştır. Kuru ortamda ileri-geri aşınma testleri homojenleştirilmiş numunelere 1,2 ve 3 kg yük altında uygulanmış ve hacimsel metal kaybı hesaplanmıştır. Aşınma test sonuçları ve mikroyapı arasındaki ilişki optik mikroskop, taramalı elektron mikroskobu ve X-Ray Difraksiyon (XRD) metotları kullanılarak araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mg-Al-Sn esaslı Mg alaşım, La, Gd, Aşınma, Homojenleştirme.

Investigation of The Effect of Homogenization Time on The Wear Behavior of Mg-Al-Sn-Mn-La-Gd Alloy

Abstract

In this study, Mg-2.5Al-0.3Mn-0.4La-0.2Gd alloy was successfully produced by low pressure permanent mold casting method. After casting, homogenization heat treatment was applied at 350°C for 4.8 and 12 hours. Reciprocating wear tests in dry conditions were applied to homogenized samples under 1, 2 and 3 kg load and volumetric metal loss was calculated. The relationship between wear test results and microstructure was investigated using optical microscope, scanning electron microscope and X-Ray Diffraction (XRD) methods.

Keywords: Mg-Al-Sn base Mg alloys, La, Gd, Wear, Homogenization.

* Sorumlu Yazar: ihakkikara@karabuk.edu.tr

1. Giriş

Magnezyum alaşımları yüksek özel mukavemetleri ve düşük yoğunlukları nedeniyle başta otomotiv sektörü olmak üzere birçok alanda talep gören metalik malzemelerdir. Fakat Mg alaşımlarının aşınma dirençleri düşüktür (İlanaganar & Anbuselvan, 2018). Aşınma davranışı kontrolü ve geliştirilmesi için alaşım ilavesi yöntemi alternatif ve etkili bir yöntemdir. Nadir toprak elementleri Mg-Al ikili alaşımların yüksek sıcaklıklardaki mukavemet özelliklerini iyileştirmede kullanılmıştır ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Burada düşük erime noktasına sahip $Mg_{17}Al_{12}$ ikincil faz yerine yapıda Al_2RE ve $Al_{11}RE_3$ türünden yüksek sıcaklıklarda kararlı olan ikincil fazlar meydana gelmektedir (Asl, Masoudi, & Khomamizadeh, 2010). Homojenleştirme ısıl işlemi döküm sonrası Mg alaşımlarındaki segregasyonları azaltmak için kullanılmaktadır. Alaşım elementinin homojenleştirme süresi ve sıcaklığı gibi parametrelere etkisi bilinmektedir. Üretim maliyeti bakımından homojenleştirme sıcaklığının ve süresinin düşürülmesi yararlı olacaktır (Jena, Naskar, Kumar, & Paliwal, 2020). Bunun yanında homojenleştirme süresine bağlı tane boyutunda ve ikincil fazların şekil, boyut ve dağılımlarındaki değişim Mg alaşımların mekanik özelliklerini ve korozyon direncini etkilemektedir. Mg-Al-Sn esaslı Mg alaşımlarının üstün özellikler sergilediği son yıllardaki çalışmalarda görülmüştür. Mg_2Sn çökelti sertleşmesi sağlayarak Mg alaşımlarının mekanik özelliklerini iyileştirmektedir. Buna ilaveten Sn sayesinde Mg alaşımın kayma sistemi daha çok aktifleşir. Çünkü tane sınırı sayının oransal artışı gerilmeleri yükseltmektedir bu ise bazal olmayan kayma düzlemlerini aktifleştirmektedir ve böylece hem mukavemet hem de süneklikte artışı sağlamaktadır. Sıcak hadde esnasında yeniden kristalleşen tane sayınındaki artış ortalama tane boyutunda azalmaya ve sonuç olarak daha çok kayma sistemi aktifleşmektedir. Sn ilavesiyle Mg alaşımının istiflenme hata enerjisi (SFE) azalmaktadır. Azalan SFE sayesinde yeniden kristalleşen tanelerin sayısında artış olduğu bilinmektedir (Kabir, Sanjari, Su, Jung, & Yue, 2014). Mn ise Mg alaşımların özellikle korozyon direncini geliştirmekte kullanılmaktadır. Mn emürite elementlerden demiri yapıdan temizlemektedir. Bunun yanında Mn-Al ikilisi ikincil faz oluşturmakta ve mekanik özellikleri geliştirmektedir (Cug & Ahlatci, 2017). La ilaveli AZ31 Mg alaşımları üzerine çalışmalar mevcuttur. La-Al ikilisi $Al_{11}La_3$ ve Al_2La gibi ikincil faz oluşumu sayesinde Mg alaşımın mekanik özelliklerini çökelti sertleşmesi sayesinde geliştirmektedir (Wu, ve diğerleri, 2019). Ek olarak, Gd sayesinde AZ31 Mg alaşımlarında homojenleştirme süresinde düşüş sağlandığı bulunmuştur. Ayrıca Gd içeren ikincil fazların mikroyapıda homojen şekilde dağıldığı bildirilmiştir (W.P. Li, 2009). Buna rağmen La ve Gd ilaveli Mg-Al-Sn esaslı alaşımların mikroyapısal özellikleri ve aşınma dirençleri hakkında çalışma literatürde çok sınırlı sayıdadır.

Bu çalışmada, Mg-Al-Sn-Mn-La-Gd alaşımına 350 °C de 4,8 ve 12 saat boyunca homojenleştirme ısıl işlemi uygulanmıştır. Homojenleştirme ısıl işleminin mikroyapıya etkisi LOM, SEM ve XRD metotlarıyla araştırılmıştır. Kuru ortamda aşınma davranışları incelemek için 1,2 ve 3 kg yük altında aşınma testine maruz bırakılmıştır. Sertlik testi sonuçları ile aşınma davranışı arasındaki ilişki irdelenmiştir. Aşınma hızları karşılaştırılan alaşımların değişen yüke bağlı aşınma mekanizmaları incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

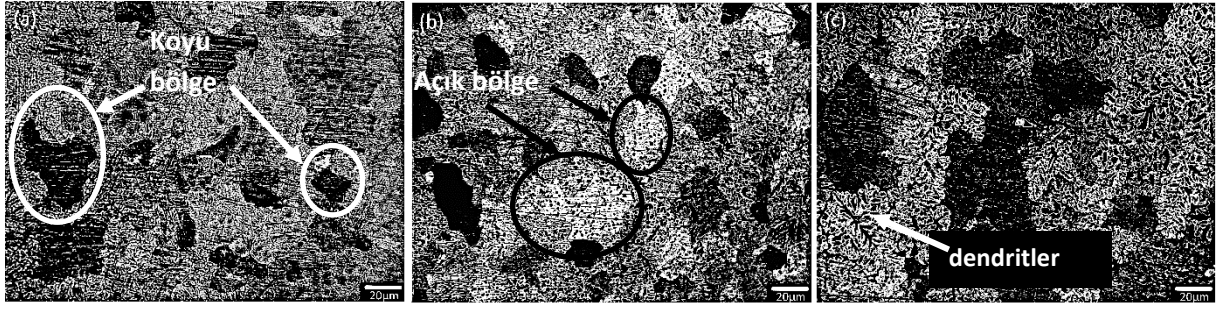
Mg-Al-Sn-Mn-La-Gd alaşımı düşük basınçlı kokil kalıba döküm yöntemiyle elektrik dirençli ocak kullanılarak üretilmiştir. Saf Mg, Al ve Sn ilk olarak ocağa yüklenmiştir. 750 °C de 1 saat eritilen malzemelere Mg-Mn, Mg-La ve Mg-Gd master alaşımları ilave edilmiştir. Öncesinde 350 °C'ye ısıtılmış paslanmaz çelik kalıplara 1-2 atm. basınç vasıtasıyla eriyik metal enjekte edilmiştir. Üretilen alaşımın kimyasal bileşimi (%2.5Al, %1.0Sn, %0.3Mn, %0.4La ve %0,2 Gd kalan Mg. (ağ.ol.)) X ışını floresansı (XRF-Rigaku Primus II) cihazıyla belirlenmiştir. 10x10x10 mm boyutlarında numuneler 350° C de 4,8 ve 12 saat boyunca ısıl işlem fırınında homojenleştirme ısıl işlemi görmüştür. Süresi dolan numuneler su verilerek soğutulmuştur. Mikroyapısal karakterizasyon öncesi zımparalama (600-2500 kum sayısı), parlatma (1µm elmas süspansiyon) ve dağlama (pikral) işlemleri yapılarak metalografik işlemler tamamlanmıştır. Tanelerin ve ikincil fazların değişimini ortaya çıkarmak için sırasıyla optik mikroskop (LOM- Carl Zeiss ışık optik mikroskop) ve elektron mikroskopu (Carl Zeiss Ultra Plus taramalı elektron mikroskop) kullanılmıştır. İkincil fazların belirlenmesi için XRD kullanılmıştır. ASTM E112 standardına göre optik mikroskop resimlerinden ortalama tane boyutları hesaplanmıştır. ASTM G-133 standardına göre kuru ortamda ileri-geri aşınma testleri (UTS-Tribometer Test Cihazı) 1,2 ve 3 kg yük altında uygulanmıştır. 13 mm stroke mesafesi ayarlanmış ve toplam 100 m boyunca numuneler aşınma testine maruz kalmıştır. Aşınma sonrası hacimsel kayıp profilometre cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Aşınma izine dik yönde her bir numuneden beş adet ölçüm alınmıştır. 2D boyutlu profilometre eğrileri toplam iz boyu ile çarpılarak aşınan hacim miktarı bulunmuştur (ASTM, 1968). Aşınma testi sonrası değişen alaşım elementi miktarı ve aşınma yüküne bağlı ne tür aşınma mekanizması olduğu EDX (enerji dağılım X-ray spektrometresi) destekli SEM cihazı kullanılarak bulunmuştur. Numunelerin sertlik ölçümü universal sertlik cihazı kullanılarak Brinell yöntemine göre yapılmıştır (2.5 mm çaplı çelik bilye 187.5 kg yük- 10 sn. bekleme süresi).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

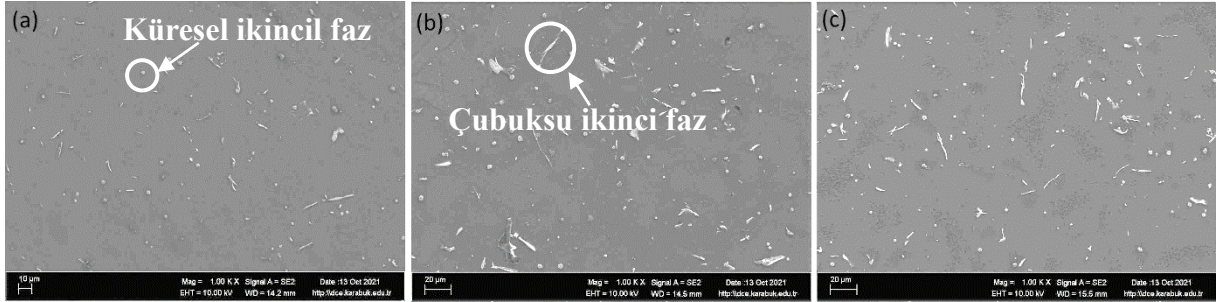
3.1. Mikroyapı İncelemesi

Şekil 1'de optik mikroskop kullanılarak elde edilmiş mikroyapı görüntüleri verilmiştir. Optik mikroskop görüntüleri ortalama tane boyutu ve tanelerin şekli hakkında bilgi vermiştir. Homojenleştirme ısıl işleminde 8 saat (~23 µm) bekletilen numunenin 4 saat (~34 mikron) bekletilen numuneye göre daha küçük taneler içerdiği görülmektedir. Aynı zamanda 8 saat bekletilen numunede daha homojen küresel taneler oluşmuştur. Buna rağmen 12 saat süre (~38 mikron) sonunda en iri taneler elde edilmiştir. Bunun yanında 12 saatlik homojenleştirme süresi sonunda iri taneler içinde dendritik yapılar oluşmuştur.

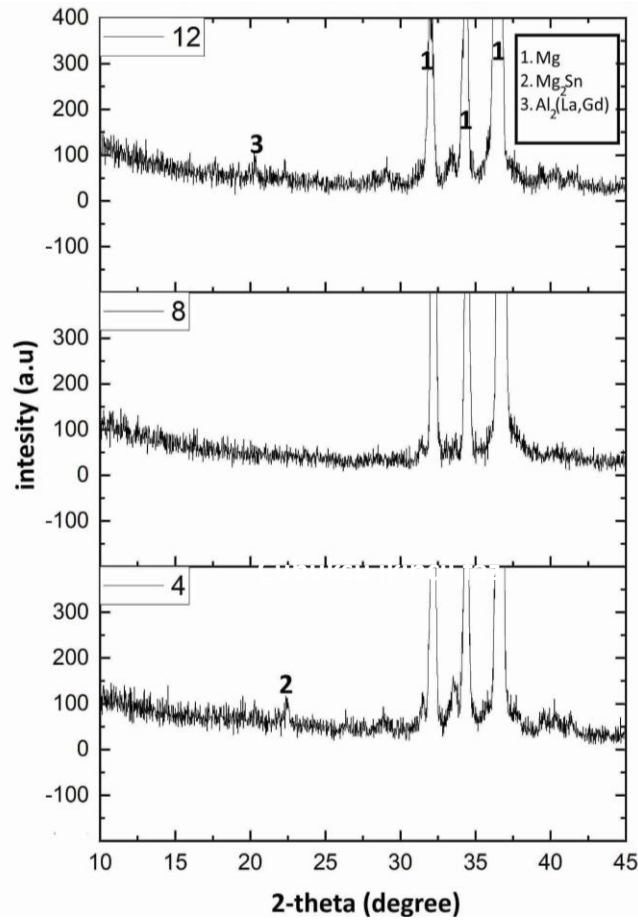
Şekil 2'de alaşımların içerdiği ikincil fazların görüldüğü SEM görüntüleri verilmiştir. SEM görüntüleri mikroyapı hakkında ikincil fazların şekil, boyut ve dağılım bakımından bilgi vermektedir. İkincil fazların 4 saatlik homojenleştirme süresi sonunda küresel ve çubuk şeklinde oluştuğu görülmektedir. 4 saat sonundakine göre 8 saat süre sonunda miktar olarak daha çok küresel ikincil faz oluşmuş ve boyut olarak daha iri ikincil fazlar gözlenmiştir ve bazı bölgelerde kümelenen ikincil fazlar karmaşık şekilde oluşmuştur. 12 saat



Şekil 1. (a) 4 saat (b) 8 saat (c)12 saat homojenleştirme ısısal işlemi görmüş numunelere ait LOM görüntüleri. (Figure 1. LOM images of samples treated with homogenization heat treatment along (a) 4 hours (b) 8 hours (c) 12 hours.)



Şekil 2. (a) 4 saat (b) 8 saat (c)12 saat homojenleştirme ısısal işlemi görmüş numunelere ait SEM görüntüleri. (Figure 2. SEM images of samples treated with homogenization heat treatment along (a) 4 hours (b) 8 hours (c) 12 hours.)



Şekil 3. (a) 4 saat (b) 8 saat (c)12 saat homojenleştirme ısısal işlemi görmüş numunelere ait XRD paternleri. (Figure 3. XRD patterns of samples treated with homogenization heat treatment along (a) 4 hours (b) 8 hours (c) 12 hours.)

süre sonunda ince küresel fazlar miktarca azalmış ve ince ve uzun şekilde oluşmuş çubuksu ikincil fazlar mikroyapıda yer edinmiştir (Yang, ve diğerleri, 2018).

Farklı sürelerde homojenleştirme ısıl işlemi uygulanmış numunelere ait XRD paternleri Şekil 3’de verilmiştir. Açık aralığı (10-45 degree) ve şiddet aralığı ((-)300-(+)400 a.u.) için ikincil fazlardaki farklar görülmektedir. 4 saat homojenleştirme süresi sonunda Mg₂Sn (Jena, Naskar, Kumar, & Paliwal, 2020) ikincil fazı oluşmuştur. Buna rağmen 8 saatlik homojenleştirme ısıl işlemi sonunda Mg₂Sn matriste çözünmüştür. 12 saatlik homojenleştirme sonrası Mg₂Sn ve Al₂ (La, Gd) ikincil fazları mikroyapıda yer edinmiştir (Bu, ve diğerleri, 2016).

3.2. Sertlik Testi

Sertlik testi sonuçları 4, 8 ve 12 saat homojenleştirilen numunelerin için sırasıyla 54.97 HBW, 51.36 HBW ve 54.16 HBW şeklinde bulunmuştur. En düşük sertlik 8 saat homojenleştirme uygulanan numunede fakat en yüksek sertlik ise 4 saat homojenleştirme ısıl işlemi uygulanan numunede elde edilmiştir. Böylece daha kısa sürede daha sert alaşım elde edilmiştir.

3.3. Aşınma Testi

Kuru ortam aşınma testi oda sıcaklığında ve 1kg, 2 kg ve 3 kg yük altında uygulanmıştır ve farklı homojenleştirme süresi uygulanan numuneler için hacimsel kayıplar Tablo 1’de verilmiştir. 1 kg ve 3 kg yük altında en fazla hacimsel metal kaybı miktarı 8 saat homojenleştirilmiş numunede ölçülmüştür. Buna rağmen 1 kg ve 3 kg yük altında en az hacimsel metal kaybı miktarı 4 saat homojenleştirilmiş numunede elde edilmiştir. Fakat 2 kg yük altında hacimsel metal kaybı miktarı artan homojenleştirme süresiyle doğru orantılı şekilde artmıştır (bakınız Şekil 4). 4 saat homojenleştirme süresi sonunda oluşan ince küresel şekilli Mg₂Sn fazı aşınma direncini arttırdığı söylenebilir. Buna rağmen 8 saat homojenleştirme süresi sonunda Mg₂Sn fazı yapıdan kaybolmuş ve yerine iri yapılı ikincil fazlar ortaya çıkmıştır. Kümeleşen iri yapılı ikincil fazlar 8 saat homojenleşen numunede sertlik kaybına neden olmuştur. Bu nedenle aşınma direnci zayıflamıştır. 12 saat homojenleştirme ısıl işlemi sonunda yapıda Al₂(La, Gd) fazı oluşumu sertlikte artışa neden olmuş ve sonuç olarak 8 saat süreli numuneye göre aşınma direnci artmıştır. Ortalama tane boyutu ve ikincil fazların boyutu karşılaştırıldığı zaman aşınma direncine baskın mekanizmanın ikincil faz olduğu görülmektedir.

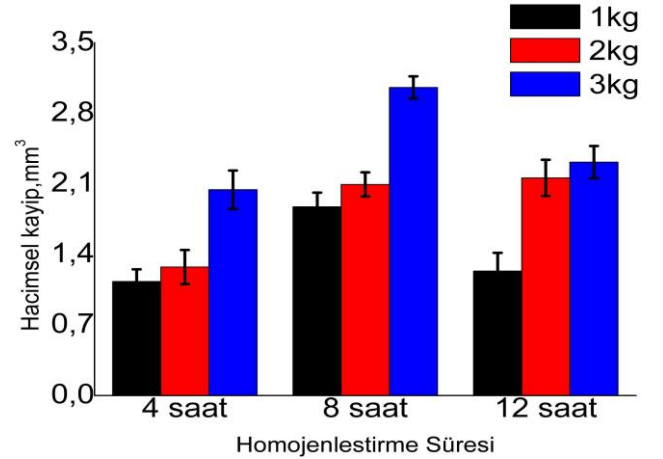
3.4. Aşınmış Yüzeyler

4, 8 ve 12 saat homojenleştirme ısıl işlemi görmüş numunelerin 1kg yük altında aşınma testi yapıldıktan sonra yüzeylerden alınmış SEM görüntüleri Şekil 5’de verilmiştir. 4 saat homojenleştirme uygulanmış numune için aşınma yönüne paralel ince çiziklerin yoğun olduğu Şekil 5a’da görülmektedir. 8 saat homojenleştirme uygulanmış numunede derin olukların oluştuğu Şekil 5b’de görülmektedir (Nouri, Sun, & Li, 2013). 12 saat homojenleştirme uygulanmış numunede pul veya tabakaların kalkması şeklinde kendini gösteren delaminasyon ve ince çizgi türünde aşınma mekanizmaları oluşmuştur (Asl, Masoudi, & Khomamizadeh, 2010). Aşınmış yüzeylerden alınan mapping türü EDX analizi oksitlenme türü aşınma mekanizmasının en yüksek oranda 4 saat homojenleşmiş

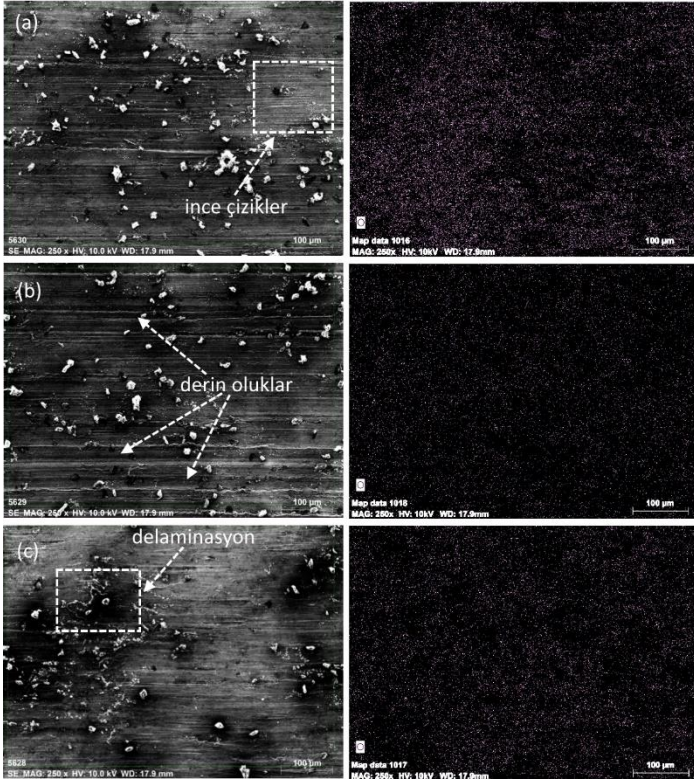
numunede oluştuğunu fakat en az oranda 8 homojenleşmiş numunede oluştuğunu belirlenmiştir. İnce çizgi şeklindeki aşınma mekanizmasının en düşük miktarda malzeme kaybına neden olduğu buna rağmen derin oluk aşınma mekanizmasının en yüksek oranda malzeme kaybına sebep olduğu bilinmektedir. Delaminasyon türü aşınma mekanizması sert ikincil fazların karşı malzeme tarafından sürüklenmesi ve farklı bir bölgeye pul veya tabaka şeklinde malzeme taşınmasından kaynaklı olduğu söylenebilir. Oksitlenme, devam eden aşınma testi boyunca oksitlenmiş debrisler yüzeydeki olukları doldurmakta ve koruyucu bir tabaka halinde sıkışır bu ara yüzey metalik sürtünmeyi azaltır ve daha az aşınma kaybı oluşur (Kumar, Pillai, Pai, & Chakraborty, 2013).

Tablo 1. Aşınma testi sonrası hesaplanan hacimsel kayıp değerleri(mm³). (Table 1. The calculated wear rate after wear test)

Homojenleştirme Süresi (saat)	Brinell Sertlik (HBW)	Ortalama Tane Boyutu (µm)	Hacimsel kayıp değerleri (mm ³)		
			1kg	2kg	3kg
4	54.97	23±1.2	1.131±0.12	1.274±0.17	2.041±0.19
8	51.36	34±0.9	1.872±0.14	2.093±0.12	3.055±0.11
12	54.16	38±0.8	1.235±0.18	2.158±0.18	2.314±0.16



Şekil 4. Farklı sürelerde homojenleştirme ısıl işlemi uygulanan Mg-2.5Al-0.3Mn-0.4La-0.2Gd alaşımına ait numunelerin 1kg,2kg ve 3kg yük altında kaybettikleri hacimsel miktarların karşılaştırılması. (Figure 4. Comparison of the volumetric amounts of Mg-2.5Al-0.3Mn-0.4La-0.2Gd alloy samples, which were subjected to homogenization heat treatment at different times, under 1kg, 2kg and 3kg loads.)



Kaynakça

- Asl, K., Masoudi, A., & Khomamizadeh, F. (2010). The effect of different rare earth elements content on microstructure, mechanical and wear behavior of Mg–Al–Zn alloy. *Materials Science and Engineering: A*, 527(7-8), s. 2027-2035.
- ASTM. (1968). *Evaluation of Wear Testing*. San Francisco: American Society for Testing and Materials.
- Bu, F., Yang, Q., Guan, K., Qoi, X., Zhang, D., Sun, W., . . . Meng, J. (2016). Study on the mutual effect of La and Gd on microstructure and mechanical properties of Mg-Al-Zn extruded alloy. 688, 1241-1250.
- Cug, H., & Ahlatci, H. (2017). Effect of Zn and Mn Additions on the Wear Resistance Cast Alloy Mg-5%Al-1%Si. *Metal Science and Heat Treatment*, 59(7-8), 161-167.
- Ilanaganar, E., & Anbuselvan, S. (2018). Wear mechanisms of AZ31B magnesium alloy during dry sliding condition. *Materials Today: Proceedings*, 5, s. 628-635.
- Jena, A., Naskar, N., Kumar, N., & Paliwal, M. (2020). Investigation of As-Cast and Homogenized Microstructure in Mg–6 wt% Sn–1 wt% Al Alloy: An Experimental and Modelling Study. *Metals and Materials International*, 1-13.
- Kabir, A., Sanjari, M., Su, J., Jung, I.-H., & Yue, S. (2014). Effect of strain-induced precipitation on dynamic recrystallization in Mg–Al–Sn alloys. *Materials Science and Engineering: A*, 616, 252-259.
- Kumar, K., Pillai, U., Pai, B., & Chakraborty, M. (2013). Dry sliding wear behaviour of Mg–Si alloys. *Wear*, 303(1-2), 56-64.
- Nouri, M., Sun, X., & Li, D. (2013). Beneficial effects of yttrium on the performance of Mg–3%Al alloy during wear, corrosion and corrosive wear. 67, s. 154-163.
- W.P. Li, H. Z. (2009). Effect of gadolinium on microstructure and rolling capability of AZ31 alloy. *Journal of Alloys and Compounds*, 227–232.

Şekil 5. (a) 4 saat (b) 8 saat (c) 12 saat homojenleştirme ısı işlemi görmüş numunelere ait 1kg yük altında aşınmış yüzey SEM görüntüleri. (Figure 5. Worn surface SEM images under 1 kg load. (a) 4 hours (b) 8 hours (c) 12 hours of homogenization heat-treated samples.)

4. Sonuç

Mg-2.5Al-0.3Mn-0.4La-0.2Gd alaşımları düşük basınçlı kokil kalıba döküm yöntemiyle üretildikten sonra 4, 8 ve 12 saat 350°C’ de homojenleştirme ısı işlemine tabi tutulmuştur. Mikroyapı analizleri, sertlik ve aşınma testleri sonucu aşağıdaki maddeler elde edilmiştir.

1. Homojenleştirme süresine bağlı farklı şekillerde ve boyutlarda taneler görülmüştür. 4 ve 8 saat sonunda küresel tanelerin baskın olduğu fakat 12 saat süre sonunda tanelerin irileştiği bunun yanında dendritler şeklinde bölündüğü bulunmuştur.

2. Sertlik değerleri kıyaslandığı zaman irileşen ikincil fazların 8 saat homojenleştirme ısı işlemi görmüş numunede en düşük sertliğe neden olduğu anlaşılmıştır.

3. Düşük sertlik nedeniyle hacimsel malzeme kaybı en yüksek 8 saat homojenleştirme ısı işlemi görmüş numunede ölçülmüştür.

4. Aşınma mekanizması olarak ince çizgi, oluk, delaminasyon ve oksidasyon türleri ile karşılaşılmıştır. 8 saat homojenleştirme ısı işlemi görmüş numunede görülen derin oluklar en yüksek oranda hacimsel malzeme kaybına neden olmuştur. Buna rağmen ince çizgilerin baskın olduğu 4 saat homojenleştirme ısı işlemi görmüş numunede hacimsel malzeme kaybı en azdır.



İlkokul Dersliklerinde İç Hava Kalitesinin İyileştirilmesi Üzerine Bir Araştırma

Ülger Bulut Karaca^{1*}

^{1*} İstanbul Arel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-8676-9106), ulgerbulut@hotmail.com

(İlk Geliş Tarihi 3 Kasım 2021 ve Kabul Tarihi 3 Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1018560)

ATIF/REFERENCE Bulut Karaca, Ü., (2022). İlkokul Dersliklerinde İç Hava Kalitesinin İyileştirilmesi Üzerine Bir Araştırma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 60-67.

Öz

Türkiye'deki okul dersliklerinde havalandırma yaygın olarak ders aralarında pencerelerin açılması suretiyle yapılmaktadır. Soğuk kış aylarında ısı konfor kaygısıyla pencerelerin yeterli süre açılmaması, pencerelerin rüzgar yönünde olmaması, ders arasında öğrencilerin dersliği tahliye etmemesi gibi farklı etkenler sonucunda derslikler yeterli havalandırılmayıp, kabul edilebilir hava kalitesini sağlayamamaktadır. Bu çalışmada, okul dersliklerinde kabul edilebilir hava kalitesi sağlanması amacıyla pencere açılmasından bağımsız, pasif bina tasarım ilkelerine uygun olarak hava bacası yardımı ile havalandırma ele alınmıştır. İstanbul iklim koşullarında düşünülen bir örnek derslikte kabul edilebilir hava kalitesinin havalandırma bacaları ile sağlanabilmesi olanakları araştırılmıştır. Ders aralarındaki kısıtlı sürede yapılan tek yönlü havalandırma ile kabul edilebilir hava kalitesinin sağlanamadığı durumlar için pencere altlarına yerleştirilecek menfezler ve derslik içine yerleştirilecek hava bacası ile derslik kullanımı boyunca sürekli ve düşük yoğunluklu havalandırma yapılarak kabul edilebilir hava kalitesinin sağlanabileceği sonucu elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İç hava kalitesi, Okul, Derslik, Karbondioksit, Doğal havalandırma, Havalandırma bacası.

A Study on the Improvement of Indoor Air Quality in Primary School Classrooms

Abstract

Ventilation in school classrooms in Turkey is commonly done by opening windows during breaks. Classrooms cannot be adequately ventilated and cannot provide acceptable air quality as a result of factors such as not opening the windows for sufficient time in the cold winter months due to thermal comfort concerns, the windows not being in the direction of the wind, and the students not leaving the classroom between classes. In this study, ventilation with the help of an air shaft is discussed in accordance with passive building design principles, independent of opening windows, in order to provide acceptable air quality in school classrooms. The possibilities of providing acceptable air quality with ventilation shafts in a sample classroom considered in Istanbul climatic conditions were investigated. It has been concluded that acceptable air quality can be achieved by providing continuous and low-intensity ventilation throughout the classroom use, with the vents to be placed under the windows and the air chimney to be placed in the classroom, in cases where acceptable air quality cannot be achieved with the limited time between classes with one-way ventilation.

Keywords: Indoor air quality, School, Classroom, Carbondioxide, Natural ventilation, Stack ventilation.

* Sorumlu Yazar: ulgerbulut@hotmail.com

1. Giriş

Gelişim çağındaki çocukların eğitime olduğu kadar, sağlıklı ve kaliteli mekânlara da gereksinimleri bulunmaktadır. Türkiye’de eğitim – öğretim bir yılda ortalama 180 gün sürmekte; ilkökul öğrencileri ortalama günlük 6 saat, haftalık ise 30 saat gibi bir süreyi okullarda geçirmektedir. Çocukların zamanlarının önemli bir bölümünü geçirdikleri okul binalarının sağlık ve konfor koşullarını sağlamasının yanı sıra, eğitim ve öğretim faaliyetlerinin verimli olabilmesi için de gerekli fiziksel koşulları sağlaması gereklidir. Uygun fiziksel ortam koşulları, eğitim mekânlarında hava içeriğinin sağlıklı ve kaliteli olması; ısı ve nem dengesinin sağlanması, derslik birimlerinde doğal aydınlatmaya uygun tasarımların yapılması; uygun görsel ve akustik konforun sağlanması olarak özetlenebilir.

Dersliklerde öğrenci sayılarının fazla olması, etkili havalandırma yapılamaması gibi nedenlerle okullarda iç hava kalitesinin yetersizliği üzerine araştırmalar mevcuttur. Çocuklar, yetişkinlere göre birim vücut ağırlıkları başına daha fazla hava solumakta ve gelişimleri devam etmekte olduğu için kirleticilerin etkilerine karşı daha hassas ve açıktırlar (TMMOB, 2015). Wang ve diğ. (2013) ve Clements ve diğ (2008) tarafından belirtildiği gibi, bir okul binasında iyi bir iç hava kalitesi, çocukların konsantrasyonunu ve öğretmenlerin üretkenliğini artırabilirken, kötü hava kalitesi tam tersi bir etkiye sahiptir. Okullarda solunan havanın yeterli nitelikte olmaması baş ağrısı, uyku ve dikkat dağınıklığı gibi sorunlara yol açabilmekte ve bulaşıcı hastalıkların yaygınlaşmasına neden olabilmektedir.

ANSI (Amerikan Ulusal Standart Enstitüsü) tarafından onaylı ASHRAE (Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği) 62.1-2010 standardında kabul edilebilir iç hava kalitesi tanımı yapılmıştır. Kabul edilebilir iç hava kalitesi, içinde otoriteler tarafından belirlenen zararlı derişikliklerde kirleticinin bulunmadığı ve maruz kalan insanların ekseriyetinin (%80 veya üstü) memnuniyetsizlik belirtmediği hava (TTMD, 2018) olarak tanımlanmıştır.

Son yıllarda, eğitim yapılarında iç hava kalitesi konusunda çeşitli ülkelerde araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalarda yöntem olarak iç ortam hava kirleticilerinin ölçülmesi benimsenmiş; bazı çalışmalarda yapılan ölçümler mekan kullanıcıları ile yapılan anketler ile desteklenmiştir. Bu çalışmalarda belirli bir kirletici ve bu kirleticiden etkilenen belirli bir kullanıcı kitlesi ele alınmıştır. Araştırmaların sonucunda, karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO_2), formaldehit (HCHO), uçucu organik bileşikler (UOB), azotdioksit (NO_2), күkürtdioksit (SO_2) başlıca kirleticiler olarak ön plana çıkmıştır.

ASHRAE 62.1-2004 de bir ortamın yeterince havalandırılıp havalandırılmadığını o ortamda bulunanların iç atmosferde oluşturduğu CO_2 konsantrasyonunun ölçülerek anlaşılacağı belirtilmektedir. Bina içi hava kalitesi ve havalandırmaı değerlendirme için Amerikan test ve malzemeler birliğı standart rehberinde (ASTM D6245) kişilerin oluşturduğu CO_2 indikatör kirletici olarak kullanılabilir denilmektedir (Öztürk ve diğ., 2013).

İç ortamdaki CO_2 değerinin en alt limiti, temiz havanın alındığı dış ortamdaki CO_2 değeri olduğu söylenebilir. Pek çok kaynakta temiz hava bileşiminde % 0.031 oranında CO_2 bulunduğu kabul edilmektedir. Hava bileşiminde küçük oranlarda bulunan CO_2 gibi gazların atmosferdeki konsantrasyonları genellikle “milyonda bir birim” (ppm) olarak ölçülmektedir. NASA’nın Hawaii’deki Mauna Loa Gözlemevi’nde ölçülen e-ISSN: 2148-2683

atmosferdeki CO_2 değeri 2021 yılında 416 ppm’i aşmıştır (Url-1). Diğer bir deyişle, 2021 yılında temiz hava bileşimindeki CO_2 oranı % 0,416’yı aşmıştır. Bugün İstanbul’da dış havadaki karbondioksit oranı 400 ile 600 ppm arasında değişmektedir (Bulgurcu, bt.).

CO_2 rengi ve kokusu olmayan, zehirsiz bir gazdır. Ancak yüksek miktarda bulunduğu ortamlarda havanın oksijen seviyesini düşürerek boğucu etki yapabilmektedir. İnsanlar solunum yaparak CO_2 üretir. Bu üretim, solunum hızı ve metabolik aktiviteye göre artar ya da azalır. Normal bir iş ile uğraşan bir insan saate 20 litre (0.02 m³) CO_2 üretir (Schramek,1999) (Bulut, 2012). İç ortamda havalandırma yoksa ya da yetersiz ise, kişi sayısı arttıkça CO_2 konsantrasyonu da artar.

Gil-Baez ve diğ. (2017) yaptıkları çalışmada dersliklerin doluluk dönemlerinde CO_2 konsantrasyonun çok yüksek seviyelere (yaklaşık 4000 ppm) yükselebildiğini belirlemiştirlerdir. Sınanmış (2021), İstanbul’da bir ortaokulda yaptığı ölçümler neticesinde ortalama 30 öğrencinin öğrenim gördüğü dersliklerde 40 dakikalık ders sonunda CO_2 miktarının 2600 ppm’ye kadar çıktığını, ders aralarındaki pencerelerin açılması suretiyle yapılan tek taraflı havalandırma neticesinde her zaman kabul edilebilir iç hava kalitesine ulaşamadığını belirlemiştir. Myhrvold ve diğ.(1996), dersliklerde CO_2 değerinin 1500 ppm üzerine çıktığında çocukların sağlık ve performanslarının olumsuz etkilendiğini belirlemiştir. İngiltere’nin derslikler için hazırlanmış olan standardı Building Bulletin 101’e göre, dersliklerde günlük ortalama CO_2 değerinin 1500 ppm’i aşmamalıdır (Ianniella, 2011). Bako-Biro ve diğ. (2012), dersliklerdeki CO_2 miktarı için 1000 ppm değerinin üst limit olması gerektiğini söylemektedir. Çakmanus (b.t.) ASHRAE 55’e göre iç mekandaki hava kirliliğinin dış havadan 400 ppm kadar fazla olabileceğini; sağlığa uygun kabul edilebilir dış hava kirlilik değerinin 600 ppm’e kadar olması gözönüne alındığında ise, iç mekandaki CO_2 değerinin en fazla 900-1000 ppm olması gerektiğini söylemektedir.

Dersliklerde kabul edilebilir iç hava kalitesi sağlanması için etkili bir havalandırma gereklidir. İç ortamdaki kirli havanın değiştirilmesi olan havalandırma, mekanik ya da doğal olarak yapılabilir. Mekanik havalandırmada, hava değişimi ve hareketi için fanlardan yararlanır. Mekanik havalandırma için tesisat kurulumunun maliyeti yanı sıra mekanik tesisatın periyodik bakım gerektirmesi ve işletimi sırasında oluşan gürültü bu sistemin olumsuzlukları olarak sıralanabilir. Ayrıca, mekanik havalandırma enerji tüketimi nedeniyle sera gazı emisyonlarının artışına da neden olur. Zhang (2020)’a göre, ABD gibi dünyanın birçok yerinde, mekanik olarak havalandırılan sınıflar ve ofisler için genellikle yaklaşık %20 oranında dışardan temiz hava alınır. Mekana verilecek havanın geri kalan kısmı ise, mekandan toplanan çevrim havasıdır. Bu uygulama, kabul edilebilir hava kalitesi seviyelerini korurken ısıtma ve soğutma enerjisinden tasarruf etmek için yapılır. Ancak, bu uygulama SARS CoV-2 gibi viral enfeksiyon riskini artırmaktadır. Doğal havalandırma ise, kapı ve pencere gibi mekânın açitlarından rüzgar ve ısı kuvvetler ile gerçekleşir ve pasif bina tasarım ilkelerinden biri olarak binaların enerji tüketimini azaltabilir. “Doğal yöntemlerle havalandırılan bir bina, mekanik yöntemlerle havalandırılan aynı özellikteki binalara kıyasla %90’lara varan oranlarda enerji tasarrufu sağlayabilmektedir” (Yüksek ve Esin, 2011).

Türkiye’deki dersliklerde yaygın olarak ders aralarında mekânın pencere açitları aracılığıyla doğal havalandırma yapılmaktadır. Ders aralarında soğuk havalarda derslikteki ısı konfor kaygısıyla pencerelerin açılmaması, güvenlik nedeniyle

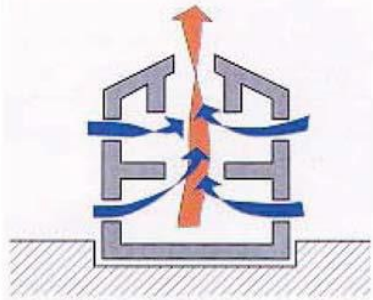
derslik pencerelerinin açılımının kısıtlanması, ders arası sürelerinin kısa olması gibi nedenlerden ötürü etkili havalandırma sağlanamaması sorununa sıklıkla rastlanmaktadır.

Bu çalışmada, okullarda iç hava kalitesi konusunda yapılan araştırmalarda, ders boyunca öğrencilerden kaynaklı CO_2 üretiminin kabul edilebilir hava kalitesi değerlerini aştığı ve ders aralarında etkili havalandırma yapılamaması bulgularından yola çıkılmıştır. Bu çalışmanın amacı ise, kış aylarında pencere açılmadan doğal havalandırma yapılarak dersliklerdeki hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik öneriler geliştirilmesidir.

2. Doğal Havalandırma

Doğal havalandırma iç ve dış ortamlar arasındaki sıcaklık farkı ve dış ortamdaki rüzgar basıncı sonucunda oluşur. İç ortamın dış ortamdaki sıcak olması durumunda iç ortamdaki havanın özkütlesinin daha hafif olmasından dolayı dış ortamdaki iç ortama doğru bir pozitif hava basıncı oluşur. Bunun neticesinde sıcaklığı daha düşük olan dış ortamdaki hava, alçak kotlu açılardan iç ortama girer; iç ortamdaki hava ise yüksek kotlu açılıttan çıkar. Yüksek ve Esin (2011), doğal havalandırmada taban seviyesine yakın havalandırma amaçlı yatay açılıtların, dikey açılardan daha etkili olduğunu söylemektedir. Dış ortamda rüzgar bir binanın cephesine çarptığında, çarpma yüzeyindeki sıkışmadan ötürü pozitif basınç, binanın arka ve yan cephelerinde ise negatif basınç oluşur. Doğal havalandırmada hava, pozitif basınç olan cephedeki pencere gibi açılardan bina içine girip, negatif basınç olan yüzeylerdeki açılardan çıkar.

Binada kapı, pencere, menfez, baca gibi doğal havalandırma için gerekli açılıtların düzenlenmesinde bu ilkelerin yanı sıra, açılıtların rüzgara göre konumları, boyutları, sayıları etkilidir. Ayrıca, binanın işlevi ve kullanıcı yoğunluğu, binanın bulunduğu bölgedeki ortalama rüzgar hızı gibi etkenler de doğal havalandırma yoluyla yeterli hava kalitesinin sağlanabilmesi için göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 1. Baca Havalandırmasında Hava Sirkülasyonu (Figure 1. Air Circulation in Stack Ventilation) (Yüksek ve Esin, 2011)

3. Materyal ve Metot

İlkokul dersliklerde kabul edilebilir hava kalitesinin sağlanması amacıyla mevcut durumun değerlendirilmesi ve alternatif öneri Milli Eğitim Bakanlığı Yatırımlar ve Tesisler Dairesi Başkanlığı'nın hazırladığı "Eğitim Yapıları Mimari Proje Hazırlanması Genel İlkeleri"ne (Url-2) göre örnek bir derslik kurgulanmıştır (Şekil 2). Bu kaynağa göre 30 öğrenci kapasiteli dersliğin boyutları $7 \times 7,8 \times 3,3$ m olarak belirlenmiş ve 3 adet $0,7 \times 1,1$ m boyutlarında dikey eksende açılır pencere kanadı düşünülmüştür.

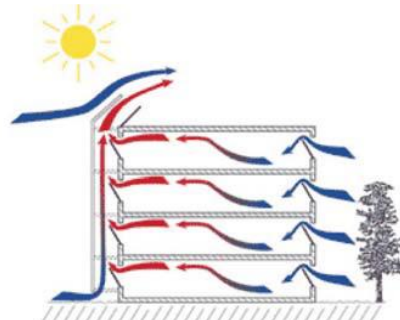
Türkiye'deki doğal havalandırılan okul dersliklerinde yaygın olarak pencerelerin açılması aracılığıyla tek taraflı havalandırma uygulanmaktadır. Tek taraflı havalandırmada açıtın rüzgarın pozitif basınç yönünde olması ve mekanın derinliğinin yüksekliğin 2-2,5 katını geçmemesi önem taşır. Tek cephedeki açıt ile havalandırmada, rüzgarın geliş yönüne ters, yani negatif basınç olan cephelerdeki açılıtlar ile yeterli havalandırma sağlanamayabilir.

Baca havalandırması, yönlendirmeden bağımsız ve bina etrafında hava hareketi gereksinimi olmaması bakımından okul dersliklerinde daha avantajlı bir uygulama olabilir.

Gil-Baez ve diğ. (2017) ılıman iklim bölgelerindeki okullarda, havalandırma için gerekli enerji tüketimini en aza indirmek amacıyla Güney İspanya'da yer alan biri mekanik havalandırma, diğeri çapraz havalandırma ve baca etkisine dayalı doğal havalandırma sistemlerinin kullanıldığı iki okul binasında, CO_2 , sıcaklık ve nem seviyelerini ölçerek karşılaştırma yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda, doğal havalandırma sistemi kullanıldığında, kış işletiminden kaynaklanan ısı kayıpları hesaba katıldığında bile, akademik yıl boyunca enerji tüketiminin mekanik havalandırma sistemi kullanıldığında tüketilenden çok daha düşük olduğunu belirlemişlerdir.

2.1. Baca Havalandırması

Baca elemanları ile doğal havalandırma, iç ortamdaki havanın sıcaklık ve nem farklılıklarından dolayı yoğunluğunun değişmesi sonucu konveksiyon yolu ile dikey bir kanaldan dışarı çıkarılması ilkesine dayanır (Şekil 1). Baca havalandırması rüzgar yönü ve şiddetine bağlı değildir ve baca havalandırmasında hava çok hızlı hareket edemez. Derslik gibi mekanların kısıtlı süre olan ders arasında, rüzgar yönü ve şiddetine bağımlı bir havalandırılması yerine baca ile havalandırılması olanakları bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

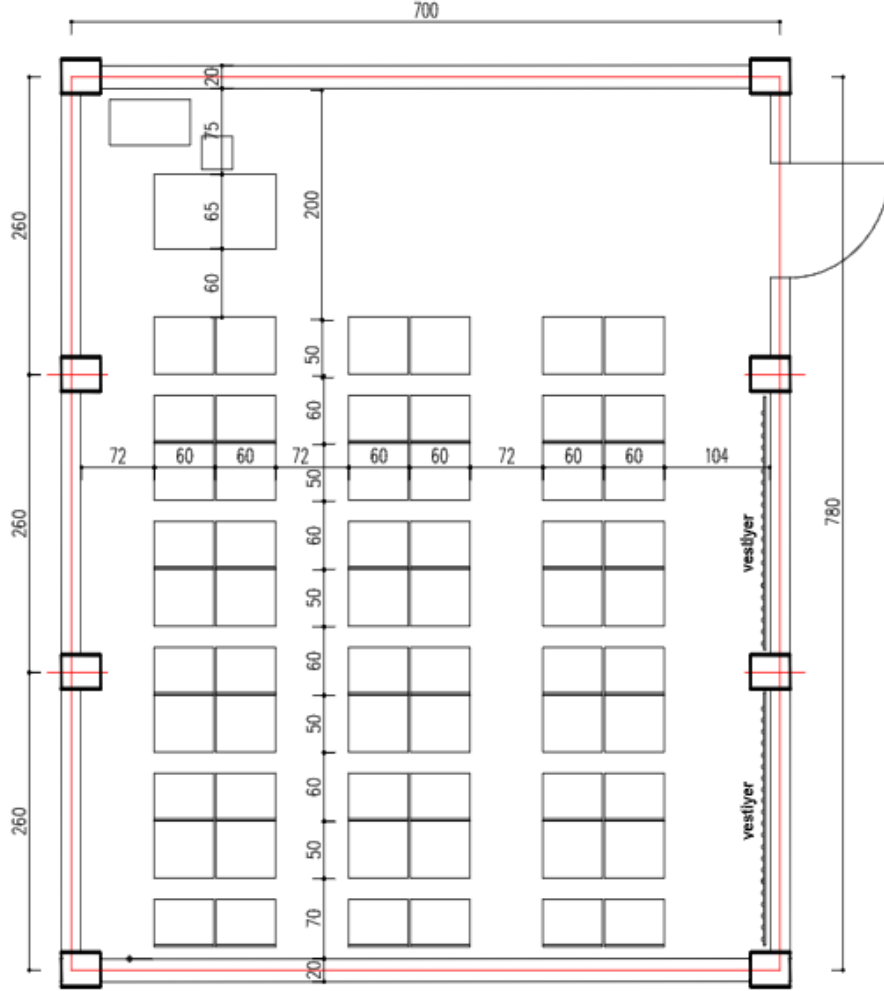


Öncelikle, 40 dakikalık ders boyunca öğrencilerden kaynaklı CO_2 miktarı belirlenmiş; ders süresi sonunda pencere açılması suretiyle yapılan tek taraflı havalandırma ile iç hava kalitesi değerlendirilmiştir. Bu amaçla Ashrae 62.1-2013 standardına göre öğrenci başına hava debisi ve ön görülen m^2 büyüklüğü esas alınmıştır. Kentsel alanlarda ortalama hava hızı $0,5 - 2,5$ m/s aralığındadır. Bu değer, iklimsel ve çevresel etkenler ile değişebilmektedir. Bu çalışmada hava hızı için referans değeri olarak 1 m/s kabul edilmiştir.

Ardından, modellemesi yapılan aynı dersliğin pencereler açılmadan, pasif olarak sürekli ve düşük yoğunluklu havalandırılması amacıyla baca ve menfez kullanılarak hesaplaması yapılarak öneri geliştirilmiştir. Bu kurguda, havalandırma amacıyla pencerelerin açılmayacağı soğuk iklim koşulları göz önünde bulundurulmuş; hesaplamalar İstanbul'un ocak ayı ortalama sıcaklık ve nem değerlerine göre yapılmıştır. Dış ortamdaki CO_2 düzeyi 500 ppm olarak kabul edilmiştir.

4. Bulgular ve Tartışma

Dersliklerin 40 dakikalık ders süresi boyunca havalandırılmadan kullanımı ve akabinde 10 dakikalık ders arası sırasında pencereler açılarak tek yönlü havalandırılması durumu ASRAE Standardına göre matematiksel olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Milli Eğitim Bakanlığı Yatırımlar ve Tesisler Dairesi Başkanlığı'nın hazırladığı "Eğitim Yapıları Mimari Proje Hazırlanması Genel İlkeleri"ne göre derslik etüdü (Figure 2. Classroom study according to the "General Principles of Architectural Project Preparation of Educational Buildings" prepared by the Ministry of National Education, Department of Investments and Facilities) (Url-2)

Sınanmış (2021), Babayiğit ve diğ. (2014) bu havalandırma yönteminin havanın soğuk olduğu kış aylarında ısıl konfor kaygıları nedeniyle etkili olmadığını belirlemiştir. Dolayısıyla, çalışmanın bir sonraki aşamasında pasif bina tasarım ilkeleri ile düşük yoğunluklu ve sürekli havalandırılabilirliği amacıyla dersliğe havalandırma bacası yapılması durumu matematiksel olarak ele alınmıştır.

4.1. Ders Aralarında Pencere Açılması Suretiyle Gerçekleşen Havalandırmanın Değerlendirilmesi

40 dakikalık ders sonunda öğrencilerden kaynaklı CO_2 miktarı ve bu CO_2 miktarın temizlenebilmesi için pencerelerin açılması suretiyle yapılacak tek taraflı havalandırmanın süre aşağıda hesaplanmıştır.

Tablo 1: Dersliklerde taze hava debisi /ASRAE 62.1-2013 (Table 1: Fresh air flow in classrooms /ASRAE 62.1-2013), (TTMD, 2018)

	Öğrenci başına hava debisi l/s.öğrenci (m ³ /h.öğrenci)	Alan başına ek hava debisi l/s.m ² (m ³ /hm ²)	Öğrenci başına öngörülen alan m ² /öğrenci
Anaokulu	5 (18)	0,9 (3,24)	4
Sınıf (yaş 5-8)	5 (18)	0,6 (2,16)	4
Sınıf (yaş 9 ve üstü)	5 (18)	0,6 (2,16)	2,86
Derslik (Lecture classroom)	3,8 (13,68)	0,3 (1,08)	1,54

ASHRAE Standart 62.1-2013 (Tablo-1) referans alındığında dersliklerde kişi başı gerekli dış hava miktarının 5 L/s olduğu ve ek hava debisi derslik alanı için 0,6 L/s görülmektedir.

30 kişilik bir derslik için gerekli Q hava debisi:

$$Q = (30 \times 5) + (7 \times 7,8 \times 0,6) = 182,76 \text{ L/s} \\ = 657,93 \text{ m}^3/\text{h}$$

Hesaplanan bu değer, $Q \cong 660 \text{ m}^3/\text{h}$ olarak kabul edilmiştir.

Derslikte üretilen CO_2 miktarı için 1 kişinin 1 saniyede ürettiği CO_2 miktarı 0,005 Litre (L) alınarak, ortalama 30 öğrencinin 40 dakikada ürettiği CO_2 miktarı:

$$0,005 \times 60 \times 40 \times 30 = 360 \text{ L} \rightarrow 0,36 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

olarak elde edilir.

Dersliklere dış ortamdan temiz hava sağlayacak 3 adet açılır pencere kanadının toplam alanı,

$$A = 0,7 \times 1,1 \times 3 = 2,31 \text{ m}^2$$

dir. Şiddetli rüzgar ve fırtına durumları istisna kabul edilip ortalama hava hızı 1 m/s kabul edilmiştir. Havalandırma debi hesabı için,

$$Q = V \times A \quad (1)$$

formülü kullanılmaktadır: Burada;

Q : gerekli hava debisi [m^3/s]

V : hava hızı [m/s]

A : havanın akış alanı [m^2]

Pencere 1 saat açık kaldığında içeri alınan hava miktarı, rüzgar hızı $V = 1 \text{ m/s}$ kabul edilerek,

$$Q = 1 \text{ m/s} \times 2,31 \text{ m}^2 = 2,31 \text{ m}^3/\text{s} = 8316 \text{ m}^3/\text{h}$$

olarak elde edilir.

30 kişilik bir derslik için gerekli hava debisi 660 m³/h olarak hesaplanmıştır. Bu durumda, 1 saatte 8316 m³/h hava içeri alınıyor ise, 660 m³/h havanın alınması yaklaşık 5 dk (4,76 dk) sürmektedir.

Ders aralarında pencerelerin açılması suretiyle dersliğin havalandırılmasında, tüm öğrencilerin dersliği terk etmiş olması, pencerelerin tamamen açık olması, dış ortamdaki rüzgarın negatif basınç yönünde olmaması, dış ortamda pencerelerden dersliğe hava giriş hızını kesecek engel unsurların olmaması, derslikte ters hava akımı olmaması gibi koşullar etkilidir. Özellikle havanın soğuk olduğu aylarda ısı konfor kaygısıyla pencerelerin yeterli süre açık tutulmaması nedeniyle dersliklerde kabul edilebilir hava kalitesinin sağlanamadığı düşünülmektedir. Bundan dolayı, ders boyunca sürekli havalandırmanın yapılacağı pasif havalandırma çözümleri ile CO_2 seviyesi kontrol altında tutulma olanakları araştırılmıştır.

4.2. Dersliklerde Havalandırma Bacası Kullanımı Önerisi

Havanın soğuk olduğu aylarda, ısıtılan iç ortamdaki havanın özkütlesi görece daha hafif olur. İç ve dış ortamdaki havanın özkütle farkından dolayı dış ortamdan iç ortama doğru pozitif bir basınç oluşur. Dersliklerde pencere altından açılacak menfezler aracılığıyla düşük sıcaklığı nedeniyle özkütlesi daha büyük olan dış ortamdan alınacak temiz havanın yüksek sıcaklığı nedeniyle düşük özkütleyle sahip havanın bulunduğu derslik iç ortamına doğru akışı olacaktır. Yaz aylarında dış ve iç ortamlardaki havanın sıcaklığı ve özkütlesi aynı olduğu için, havalandırma bacası sisteminin kış aylarında çalışacağı düşünülmüştür. Bu nedenle dış ortam koşullarının belirlenmesinde İstanbul için ocak ayı sıcaklık ve yoğunluk değerlerini ortalama değerleri alınmış ve rakım sıfır kabul edilmiştir. Şekil 3'e göre İstanbul'da ocak ayı ortalama sıcaklık 6 °C ve nem %79'dur..

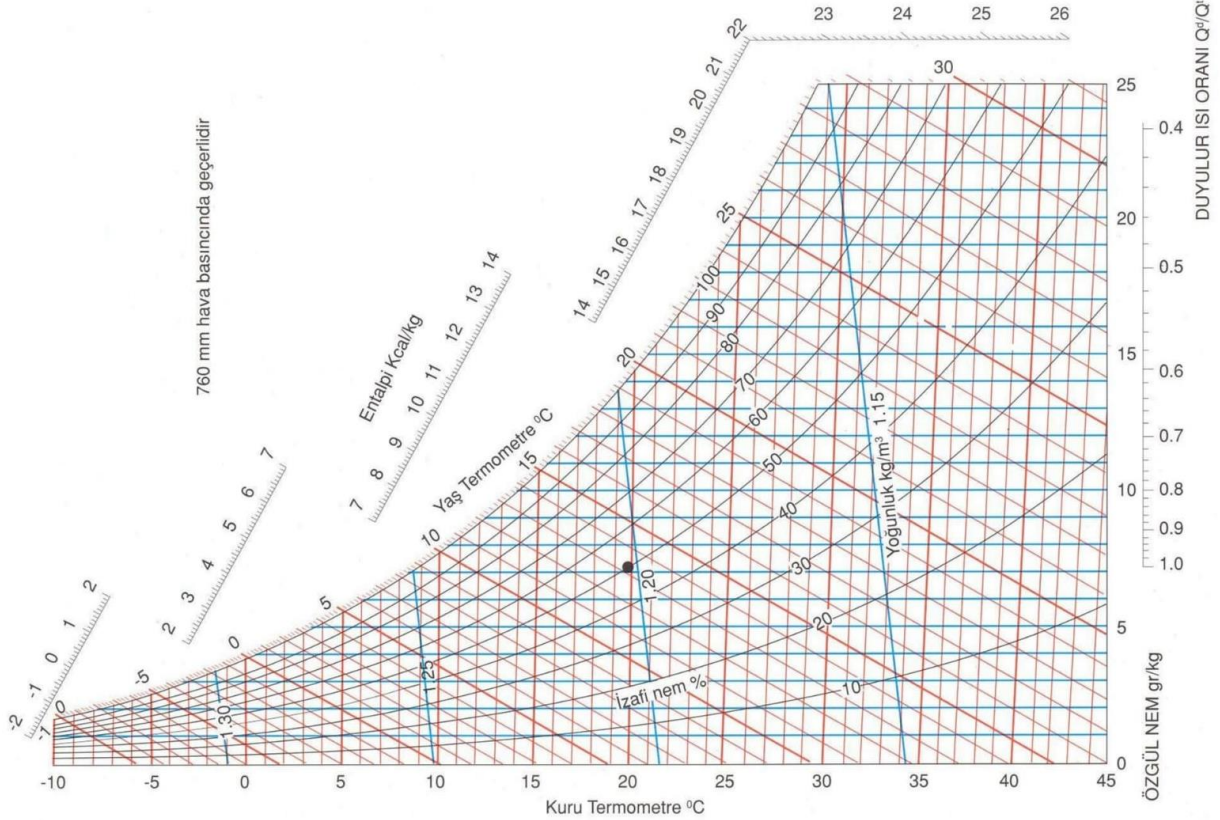
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (° C)	6	6.5	8.5	12	16.9	21.7	24.3	24.6	21.1	16.4	12.2	8.1
Min. Sıcaklık (° C)	3.8	4.1	5.5	8.5	13.4	18.2	20.9	21.7	18.3	14	9.9	6
Maks. Sıcaklık (° C)	8.2	9	11.4	15.4	20.3	25	27.7	28	24.1	18.8	14.6	10.2
Yağış / Yağış (mm)	88	75	75	50	38	35	26	24	52	80	78	107
Nem(%)	79%	77%	75%	75%	73%	70%	69%	69%	70%	75%	77%	78%
Yağmurlu günler (g.)	10	9	8	6	5	4	3	3	5	7	8	10
Güneşli saatler (s)	5.0	5.8	7.4	9.4	10.8	11.8	11.7	10.6	9.1	6.9	6.0	5.0

Şekil 3: İstanbul için yıllık ortalama sıcaklık ve nem değerleri (Figure 3: Annual average temperature and humidity values for Istanbul) (Url- 3)

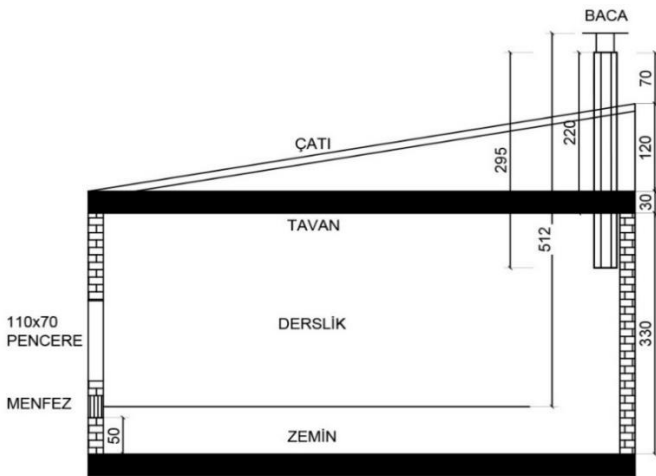
İç ortamın konfor amaçlı ısıtılması ve öğrencilerden yayılan ısı nedeniyle tavanda biriken havanın sıcaklığı 25°C ve ısıtma sonucunda havadaki nem oranının da düşeceği göz önünde bulundurularak bağıl nem %50 olarak kabul edilmiştir.

İç ve dış ortama dair sıcaklık ve nem değerleri göz önünde bulundurularak Psikrometrik diyagramdan (Şekil 4), dış hava özkütlesi $\rho_{dış} = 1,25 \text{ kg/m}^3$, derslik iç ortamındaki iç hava özkütlesi $\rho_{derslik} = 1,15 \text{ kg/m}^3$ olarak bulunmuştur.

Okul binalarının genellikle zemin+3 kat olduğu görülmektedir. Derslik içerisinde doğal havalandırma yapmak için kullanılacak baca yüksekliğinin artması sistemin verimliliğini doğru orantılı olarak etkilemektedir. Bacanın yüksekliği arttıkça ya da çok katlı binada alt katlara inildikçe baca için oluşacak havanın yoğunluk farkı nedeniyle potansiyel basınç artacak, kanal boyutları da küçülecektir. Okul binasının en üst katının (çatı altındaki katının) baca yüksekliğinin diğer katlardaki baca yüksekliğine kıyasla az olmasından ötürü, hesaplamalar en üst katın baca yüksekliği üzerinden yapılmıştır



Şekil 4: Psikrometrik Diyagram (Figure 4: Psychrometric Diagram) (Url-4)



Şekil 5: Baca havalandırması kurgulanan dersliğin kesiti (Figure 5: Section of the classroom with stack ventilation)

Pencere altına açılacak menfez ile baca arasındaki yüksekliğin artırılması iç ortamdaki basıncı artıracak etkidir. Bu nedenle kat yüksekliği temiz 3,30 m olan derslikte döşmeden 0,50 m yukarıda 2 adet 0,2 x 0,3 m boyutlarında menfez kurgulanmıştır. Havalandırma bacası 0,2 x 0,25 m iç ölçülerinde dikdörtgen kesitli olarak tasarlanmıştır. Bacanın derslik içindeki iki yüzeyinde menfez bulunduğu kabul edilmiştir. Okul binasının eğimli çatıya sahip olduğu düşünüldüğünde hesaplama yapılan derslik için menfezin aksı ile baca çıkışı arasındaki yükseklik 5,12 m'dir (Şekil 5). Havalandırmanın etkili olması için pencere altına yerleştirilecek menfez ile bacanın aynı aks aralıklarında olmamasına dikkat edilmiştir.

Pencere altında açılacak menfezlerden havanın içeri girmesi ve bacadan dışarı çıkmasındaki temel prensip havanın yoğunluk farkından kaynaklı bir potansiyel basıncın oluşmasıdır.

Potansiyel basınç P,

$$P = \Delta\rho \times g \times h \quad (2)$$

olarak hesaplanır. Burada,

P : basınç [pa],

Δp : dış ve iç ortamdaki havaların özkütlelerinin farkı [kg/m^3],

g : yerçekimi ivmesi [m/s^2] (sabit 9,81),

h : menfezin açıldığı yerden, bacanın bittiği yere kadar olan yükseklik [m]

dir. Bu formülde değerler yerine konulduğunda basınç;

$$P = (1,25 - 1,15) \times 9,81 \times 5,12 = 5 \text{ pa}$$

olarak elde edilir.

Bu kabuller ile dersliğe pencere altındaki menfezlerden giren temiz hava ile bacaya yönelen hava arasında 5 Pascal potansiyel basınç oluşacaktır. Bu basınç, dış ortamdan menfezler yoluyla dersliğe girerken ve dersliği terk edip baca içerisinde yol alırken sürtünme nedeniyle kayba uğrar. Sürtünme kaynaklı hava kanalı basınç kaybı,

$$\Delta p = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{\rho V^2}{2} \right) \quad (3)$$

eşitliği ile elde edilir. Burada,

ΔP : basınç düşümü, [pa]

f : sürtünme katsayısı (Moody diyagramından $f = 0,023$ olarak alınmıştır)

L : baca uzunluğu, ($L = 2,95 \text{ m}$)

D : boru iç çapı, ($0,25 \times 0,20 \text{ m}$ dikdörtgen kesitli bacanın dairesel kesitte eşdeğer çapı $D = 0,25 \text{ m}$)

ρ : ortalama sıcaklıkta akışkan yoğunluğu, iç ve dış hava yoğunluklarının ortalaması olarak ($\rho = (1,15 + 1,25)/2 = 1,20 \text{ kg/m}^3$)

V : ortalama hız, [m/s]

dir. Bu değerler alınarak hava miktarı,

$$(Q = VxA) \Rightarrow 660 = V \times (0,20 \times 0,25) \Rightarrow V = 3,7 \text{ m/s}$$

olur. Bu durumda basınç düşümü,

$$\Delta P = 0,023 \times (2,95/0,25) \times (1,2 (3,7)^2/2) = 2,23 \text{ pa}$$

olarak elde edilir. Bu sonuçtan da anlaşılacağı üzere baca kesiti hesaplanırken, hava basınç kaybı hesaplarında $0,25 \times 0,20 \text{ m}$ kanal kullanıldığında ve toplam kanal yüksekliği $2,95 \text{ m}$ alındığında, baca iç yüzeyindeki sürtünmeden kaynaklı basınç kaybı $2,23 \text{ pa}$ olmaktadır.

Menfezlerde dış ortamdan içeri kontrollü hava geçişi sağlamak ve kuş vb girişini önlemek için yerleştirilen ızgaralar nedeniyle oluşacak basınç kaybı,

$$P = (Cd \times A \times \rho \times V^2) \div 2 \quad (4)$$

Burada,

P : Basınç kaybı

Cd : Rüzgar tünelleri ile deneysel olarak belirlenen katsayı. ($Cd = 1.4$ kabul edilmiştir)

ρ : Dışardan gelen havanın yoğunluğu (kg/m^3) ($\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$)

V : menfezden içeri giren hava hızı ($V = 1 \text{ m/s}$ kabul edildi)

A : Rüzgarın geliş yönündeki ızgaralara temas/ çarpma alanı [m^2] (Menfezin efektif alanı ızgaralardan havanın geçtiği kesit alanının %60'ı olarak alınmaktadır.)

Bu değerler dikkate alınarak, pencere altında yer alacak iki adet $0,3 \times 0,2 \text{ m}$ boyutlarında menfez için efektif alan;

$$A' = 2 \times (0,3 \times 0,2) \times 0,60 = 0,072 \text{ m}^2$$

ve buna derslik içindeki bacanın hava girişine takılacak olan iki adet $0,3 \times 0,2 \text{ m}$ boyutlarında menfez de eklenince, toplam menfez alanı

$$A = 0,072 \times 2 = 0,144 \text{ m}^2$$

olarak bulunur. Bu durumda ortaya çıkacak olan basınç kaybı,

$$P = (1,4 \times 0,144 \times 1,25 \times 12) / 2 = 0,126 \text{ pa}$$

olur.

Bacadaki sürtünmeden kaynaklı basınç kaybı $\Delta P = 2,23 \text{ pa}$ ve menfezlerden kaynaklı basınç kaybı $P = 0,126 \text{ pa}$ değerlerinin toplamı olarak,

$$P_T = 2,356 \text{ pa}$$

basınç kaybı ortaya çıkacaktır.

Menfezler ve bacadaki sürtünmeden kaynaklı toplam basınç kaybının havanın yoğunluk farkı nedeniyle oluşan potansiyel basınçtan küçük olması ($2,356 \text{ pa} < 5 \text{ pa}$) nedeniyle derslikte istenilen hava debisi sağlanabilecektir. Bu durumda baca rahat bir şekilde $660 \text{ m}^3/\text{h}$ havayı çatıya ulaştıracak ve dersliğe dış ortam şartlarındaki CO_2 girdiğinden derişim düşecektir, sürekli havalandırma olacaktır.

Gerek derslikteki seslerin diğer katlardaki dersliklere iletilmemesi ve sürekli uğultu oluşmamasına ve gerekse baca havalandırma sisteminde hava basıncının düşük olması nedeniyle ortak baca kullanımının hava akımının bozulmasına neden olmamasına yönelik her derslik için bağımsız baca uygulanması tercih edilmelidir. Yani, farklı katlardaki derslikleri için farklı bacalar kullanılmalıdır. Bunun yanı sıra, baca içerisindeki oluşacak sürtünme kaybının en aza indirilmesi için galvaniz havalandırma kanalı kullanılması yararlı olacaktır.

Soğuk hava ve fırtına, ters rüzgar akımı gibi olağan dışı durumlar için menfezlere klape takılarak dış atmosfer koşullarının iç ortama etkisi kontrol altına alınmalıdır.

5. Sonuç ve Öneriler

Günümüzde iç ortam hava kalitesinin insan sağlığı ve verimliliği üzerine araştırmalar yaygınlaşmaktadır. Gelişme çağındaki çocukların yeterli olmayan iç ortam hava kalitesinden yetişkinlere kıyasla daha fazla etkilendikleri de bilinmektedir. Bu nedenle çocukların zamanlarının önemli bir bölümünü geçirdikleri okul binalarında iç ortam hava kalitesi konusu ele alınmıştır.

Dersliklerin, ders aralarında pencerelerin açılması suretiyle havalandırılmama nedenlerinden bazıları; kış aylarındaki ısı konfor kaygısı nedeniyle pencerelerin açılmaması, pencerelerin rüzgar yönünde olmaması, öğrencilerin ders aralarında dersliği terk etmemesi olarak sıralanabilir. Bu nedenler göz önünde bulundurularak düşük yoğunluklu ve sürekli havalandırılması amacıyla dersliklerin baca sistemi ile havalandırılması olanakları araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında Milli Eğitim Bakanlığı Yatırımlar ve Tesisler Dairesi Başkanlığı'nın hazırladığı "Eğitim Yapıları Mimari Proje Hazırlanması Genel İlkeleri"ne göre örnek bir derslik kurgulanmıştır. 30 öğrenci kapasiteli bu derslikte 40 dakikalık ders yapılması sonucunda oluşacak CO₂ miktarı ve derslik için gerekli hava debisi tespit edilmiştir. Akabinde, ders aralarında pencerelerin açılması suretiyle havalandırılması koşulları değerlendirilmiştir. Aynı dersliğin havalandırma bacası ile havalandırılması olanakları araştırılırken İstanbul ili ocak ayı iklim verileri dikkate alınmıştır. Hesaplamalar sonucunda, bir okul binasının en üst katında yer alan derslikte pencere altlarına yerleştirilecek 0,25x0,20 m boyutlarında iki adet menfez ve bu menfezlerle aynı aksta bulunmayacak 0,25x0,20 m iç açıklığı olan dikdörtgen kesitli bir adet havalandırma bacası ile, pencereler açılmadan dersliklerde kabul edilebilir hava kalitesinin sağlanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Kaynakça

- Bakó-Biró, Z., Clements-Croome, D.J., Kochhar, N., Awbi, H.B., Williams, M.J., 2012. "Ventilation rates in schools and pupils' performance". Building and Environment, 48, 215-223,
- Bulgurcu H. (b.t.) "Havalandırma ve İç Hava Kalitesi", http://deneysan.com/Content/images/documents/havalandirma-1_46167331.pdf (E. T.: 07.8.2021)
- Bulut H. 2012, "Havalandırma ve İç Hava Kalitesi Açısından CO₂ Miktarının Analizi", Tesisat Mühendisliği - Sayı 128 - Mart/Nisan 2012, s.62
- Clements-Croome DJ, Awbi HB, Bakó-Biró, Z, Kochhar N, Williams M. 2008. "Ventilation rates in schools". Building and Environment 43:362e7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.03.018>.
- Çakmanus İ. (B.T). "Havalandırma ve İç Hava Kalitesi", Çevirimiçi: http://www.yesilbinadergisi.com/yayin/708/havalandirma-ve-ic-hava-kalitesi_21358.html#.XsGoDsChnIU (E. T.: 03.10.2021)
- Çakmanus İ. (B.T.) "Doğal Havalandırma Sistemleri ve Seçim Kriterleri" Çevirimiçi: http://www.yesilbinadergisi.com/yayin/705/dogal-havalandirma-sistemleri-ve-secim-kriterleri_21252.html#.XsGoFMChnIU (E. T.: 03.10.2021)
- Gil-Baez M., Barrios-Padura A., Molina-Huelva M., Chacartegui R. 2017. Natural ventilation systems in 21st-century for near zero energy school buildings ss: 1187
- Ianniella, E., 2011. "Ventilation systems and IAQ in school buildings". REHVA Journal, March, 26-29, ss:28
- Myhrvold, A.N., Olsen, E., Lauridsen, O., 1996. "Indoor environment in schools-pupils health and performance in regard to CO₂ concentrations", Indoor Air, Nagoya, Japan,.
- Öztürk B., Aykaç H., Kaya S., 2013. "Bina İçi Havalandırma Sistemlerinin Tasarım İlkeleri", 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20 Nisan 2013, İzmir, ss ;1938
- Schramek, E.R., 1999. Recknagel-Sprenger Schramek- Isıtma Ve Klima Tekniği El Kitabı, Çev. O. Saraçoğlu, A. Razgat, Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınlar, Ankara.
- Sınanmış, R., 2021. "Okul Binalarında İç Mekân Kalitesi Üzerine Bir Araştırma", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Arel Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- TMMOB Makine Mühendisleri Odası İzmir Şubesi 2015. "Okullarda İç Hava Kalitesi Rehberi", http://www.iccevrekalitesi.net/pdf/ick_rehber.pdf (E. T.: 21.07.2021)
- TTMD Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi, (2018) sayı 118'in eki: Ashrae Standardı Kabul Edilebilir Bir İç Hava Kalitesi için Havalandırma ANSI/ASHRAE STANDART 62.1-2010 <https://www.ttmd.org.tr/PdfDosyaları/Dergi-Eki-118-1-1.pdf> (E. T.: 27.09.2021)
- Url-1: <https://climate.nasa.gov/> (E. T.: 10.10.2021)
- Url-2: <https://docplayer.biz.tr/3430666-T-c-milli-egitim-bakanligi-yatirimlar-ve-tesisler-dairesi-baskanligi.html> (E. T.: 20.09.2021)
- Url-3: <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/istanbul/istanbul-715086/> (E. T.: 02.10.2021)
- Url-4: <http://www.acsklima.com/wp-content/uploads/2014/10/psikometrik-diagram.jpg> (E. T.: 02.10.2021)
- Wang, Y., Zhao, F. Y., Kuckelkorn, J., Liu, D., Liu L. Q., Pan X. C., 2014. "Cooling energy efficiency and classroom air environment of a school building operated by the heat recovery air conditioning unit". Energy; 64: 991-1001. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.11.066>.
- Yüksek, İ. Esin T. 2011. "Yapılarda Enerji Etkinliği Bağlamında Doğal Havalandırma Yöntemlerinin Önemi", Tesisat Mühendisliği - Sayı 125 - Eylül/Ekim 2011 s. 63-77
- Zhang J., 2020. "Integrating IAQ control strategies to reduce the risk of asymptomatic SARS CoV-2 infections in classrooms and open plan offices", Science and Technology for the Built Environmen; 26, 1013-1018. <https://doi.org/10.1080/23744731.2020.1794499>



MR Sönümleyicili Yarı Aktif Ayarlı Kütle Sönümleyicisinin Uyarlamalı Kontrolü

Mahmut Paksoy^{1*}, Hüseyin Aggümüş²

^{1*} Selçuk Üniversitesi, Akşehir Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-3171-6410), mahmut.paksoy@selcuk.edu.tr

² Şırnak Üniversitesi, Şırnak Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Şırnak, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7158-677X), haggumus@sinak.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 8 Kasım 2021 ve Kabul Tarihi 3 Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1020498)

ATIF/REFERENCE: Paksoy, M. & Aggümüş, H. (2022). MR Sönümleyicili Yarı Aktif Ayarlı Kütle Sönümleyicisinin Uyarlamalı Kontrolü. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 68-73.

Öz

Bu çalışmada çok serbestlik dereceli bir bina modelinin bozucu girişler etkisindeki cevaplarını iyileştirmek için yarı-aktif ayarlı kütle sönümleyicisi (YAKS) kullanılmıştır. Tasarlanan YAKS'de yarı-aktifliği sağlayan kontrol elemanı olarak Magnetorheological (MR) sönümleyici kullanılmıştır. MR sönümleyiciler uygulanan gerilimle sönüm oranı ayarlanabilen kontrol elemanlarıdır. Uygun bir kontrol algoritmasıyla bu gerilim değerlerini belirlemek mümkündür. MR sönümleyici oldukça nonlineer bir karaktere sahiptir ve çalışması esnasında ısınır. Bu ısınmadan dolayı sahip olduğu parametre değerleri çalışma sırasında değişebilir. Bu yüzden hem nonlineerliklerin hem de parametrik belirsizliklerin üstesinden gelebilecek bir kontrolör kullanılması performansı arttıracaktır. Bu amaçla, bu çalışmada nonlineer uyarlamalı kontrol algoritması tasarlanmıştır. Kontrolcü performansı, pasif kontrol uygulaması olan ayarlı kütle sönümleyicisi (AKS) ile YAKS karşılaştırılarak incelenmiştir. Sonuçlar, uyarlamalı kontrol uygulamasıyla YAKS'nin AKS'den daha iyi performans gösterdiğini kanıtlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Uyarlamalı kontrol, Yapısal titreşim kontrolü, MR sönümleyici, Yarı aktif kütle sönümleyici (YAKS).

Adaptive Control of Semi Active Tuned Mass Damper with MR Damper

Abstract

In this study, a semi active tuned mass damper (STMD) is used to improve the responses of a multi-degree-of-freedom building model under disturbance input. In the designed STMD, MR damper is employed in the system as a semi active control element. MR damper is a control element whose damping force can be adjusted to applied voltage. It is possible to determine the required voltage with a convenient control algorithm. Required voltage can be determined with a convenient control algorithm. The MR damper has a nonlinear hysteresis character, and its temperature increases during operation. Due to this temperature variance, its parameters may change during operation. Therefore, in order to obtain better performance, the designed controller must be able to overcome both nonlinearity and parametric uncertainties. That's why a nonlinear adaptive control algorithm is designed in this study. For analysis of controller performance, TMD and STMD results are compared. The results showed that the performance of STMD, which is the application of adaptive control better than the TMD situation.

Keywords: Adaptive control, Structural vibration control, MR damper, Semi active tuned mass damper (STMD).

* Sorumlu Yazar: mahmut.paksoy@selcuk.tr

1. Giriş

Yapısal sistemlerin bozucu girişlerin (deprem, rüzgâr vs.) etkisinden korunması düşüncesi, bu sistemlerde birçok kontrol uygulamasının geliştirilmesine neden olmuştur. Ayarlı kütle sönümleyicileri (AKS) bunların en sık kullanılanlarındandır. Temel olarak aktif, pasif ve yarı-aktif olmak üzere üç farklı kontrol uygulaması yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayarlı kütle sönümleyicileri pasif sistem olarak tasarlanmasına karşın, pasif duruma göre daha iyi sonuçlar veren aktif ve yarı-aktif sistemler olarak da tasarlanabilirler.

AKS'lerin aktif kontrolü ile ilgili yapılan birçok çalışma vardır [1-4]. AKS'ler ile ilgili yapılan aktif kontrol çalışmalarında yüksek performans elde edilmesine rağmen gerek maliyetlerinin fazla oluşu, gerekse güvenilirlik ile ilgili duyulan endişeler olumsuz yönler olarak karşımıza çıkmaktadır. AKS'lerin yarı-aktif uygulamaları ise, aktif kontrolden maliyet ve güvenlik olarak daha avantajlı olması ve pasif kontrolün performansının artırılması bakımından daha avantajlıdır [5].

MR sönümleyiciler yapısal sistemlerde yaygın olarak kullanılan yarı-aktif kontrol elemanlarıdır [5-16]. AKS'lerde sönüm elemanı yerine MR sönümleyicilerin kullanılmasıyla YAKS'ler elde edilir. Literatürde, MR sönümleyicili YAKS ile ilgili simülasyon çalışmaları [6-11], deneysel çalışmalar [12,13] ve hibrit simülasyon çalışması yapılmıştır [15,16]. Tek serbestlik dereceli [6,11,13] ve çok serbestlik dereceli [5,7-10,12,15,16] olarak yapılan bu çalışmalar, Groundhook kontrol [5], Nedensel alt optimal kontrol [6], Kırılmış optimal kontrol [7], LQR kontrol [7, 8], Bulanık mantıklı kontrol [9], Bang-bang kontrol [10], Model tabanlı ileri beslemeli kontrol [13], Dayanıklı H_∞ kontrol [15], Skyhook kontrol [16], gibi basit ya da karmaşık kontrol yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir.

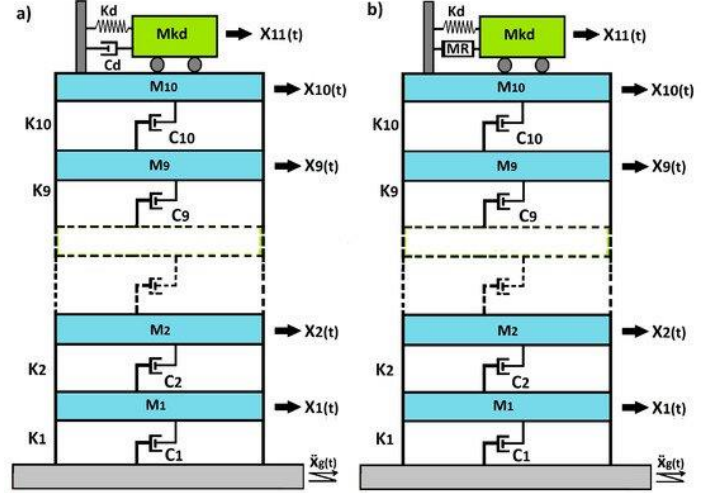
Laboratuvarında kullanılan deney sistemlerinde kullanılan yapıların parametreleri gerçeğe çok yakın olarak belirlenebilse de gerçek yapıların karakteristiklerini belirleyen parametrelerin doğru bir şekilde belirlenmesi zor olabilir. Ayrıca, sistem parametreleri kullanıma bağlı olarak zaman içerisinde değişiklik gösterebilir. Eyleyici olarak kullanılan MR sönümleyici gibi nonlineer histerezis karaktere sahip yarı aktif elemanların modellenmesindeki parametre belirsizlikleri kontrolör performansını da direk olarak etkilemektedir [17]. Buna ek olarak çalışma sırasında ısınmadan dolayı MR sönümleyicinin sahip olduğu parametreler değişiklik gösterir [18].

Sonuç olarak, yukarıda bahsedildiği gibi, yapısal sistemler ve MR sönümleyiciler parametrik belirsizliklere sahip sistemlerdir. Ayrıca, MR sönümleyiciler nonlineer histerezis karaktere sahiptir. Literatür incelendiğinde ise YAKS tasarımında uyarlamalı kontrol yönteminin ise daha önce kullanılmadığı görülmektedir. Tüm bu durumlar göz önüne alınarak, parametrik belirsizliklerin üstesinden gelebilecek ve MR sönümleyicinin nonlineer dinamiği ile uyumlu olarak bu çalışmada nonlineer uyarlamalı kontrol yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlar çok serbestlik dereceli (ÇSD) bir bina modeli kullanılarak, MATLAB-Simulink programı yardımıyla gerçekleştirilen simülasyonlar ile incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Bina Modeli

Deprem ve rüzgâr gibi harici bozucular etkisindeki yapılarda meydana gelen yanal hareket, yapıda yüksek gerilmelere neden olur [19]. Bu nedenle yapılarda yanal hareketin incelenmesi kritik öneme sahiptir. Gerek yapıya ait bir kısım (örneğin kirişler) [24] gerekse yapının tamamının kontrolü ile ilgili çalışmalar araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Bu çalışmadaki yarı aktif kontrol uygulaması, yapının yanal hareketi dikkate alınarak Şekil 1'de görülen on katlı bir bina modelinin en üst katına YAKS eklenerek gerçekleştirilmiştir. Modele ait genel denklem ifadesi Eşitlik 1'de verilmiştir.



Şekil 1 (a) AKS'li bina modeli (b) YAKS'li bina modeli [15]

Figure 1 (a) Structural model with TMD (b) Structural model with STMD [15]

$$M_s \ddot{x}(t) + C_s \dot{x}(t) + K_s x(t) = -H_s f(t) - M_s L \ddot{x}_g \quad (1)$$

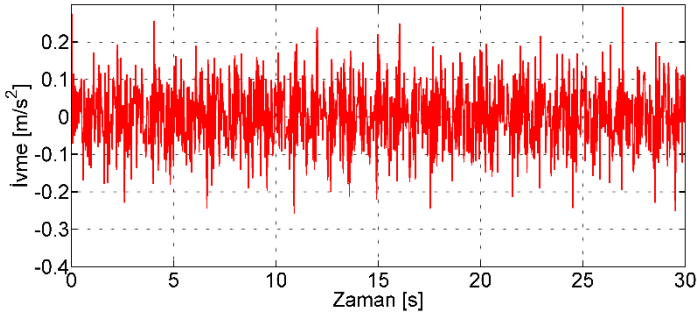
Burada sistem matrisleri olan M_s , C_s ve K_s sırasıyla $\mathcal{R}^{11 \times 11}$ boyutlu kütle, sönüm ve rijitlik olarak ifade edilir. $f(t)$ MR sönümleyici sönüm kuvveti, L tahrik giriş vektörü, H_s kontrolün uygulandığı yeri gösteren matris ve \ddot{x}_g tahrik olarak ifade edilir. $\ddot{x}(t)$, $\dot{x}(t)$ ve $x(t)$ vektörleri ise sırasıyla $\mathcal{R}^{11 \times 1}$ boyutlu ivme, hız ve yer değiştirme vektörleridir. Yer değiştirme vektörü $x = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_{10} \ x_d]^T$ bozucu tahrik giriş vektörü $L = [1 \ 1 \ \dots \ 1 \ 1]^T$ 'dir. Kontrolcünün yerini gösteren vektör $H_s = [0 \ 0 \ \dots \ 1 \ -1]^T$ şeklindedir. AKS'nin parametrelerini hesaplamak için, optimum frekans oranı Eşitlik 2'de, optimum sönüm oranı ise Eşitlik 3'te verilmiştir [20].

$$f_{opt} = \frac{1}{1 + \mu} \left[1 - \xi \sqrt{\frac{\mu}{1 + \mu}} \right] \quad (2)$$

$$\xi_{opt} = \frac{\xi}{1 + \mu} + \sqrt{\frac{\mu}{1 + \mu}} \quad (3)$$

Burada μ kütle oranıdır ve AKS'nin kütlelerinin binanın toplam külesine oranıdır. Bu çalışmada μ değeri 0.02 olarak alınmıştır. Bina modeline ait parametreler $m_{1-10} = 72 \times 10^3$ kg, $k_{1-10} = 13 \times 10^7$ N/m, $c_{1-10} = 1.24 \times 10^6$ Ns/m'dir [15]. AKS'nin sırasıyla kütle, sönüm ve rijitlik değerleri $m_d = 21600$ kg, $c_d = 53016$ Ns/m, $k_d = 812718$ N/m olarak elde edilmiştir. Bina modeline uygulanan tahrik girişi, 0.035 m/s^2 genliğinde ve

binanın tüm doğal frekanslarının toplamından oluşmaktadır. Sisteme 30 saniye süresince uygulanan tahrik girişi Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2 Sisteme etki eden tahrik girişi

Figure 2 Applied excitation input to the system

2.2. Yarı Aktif Uyarlamalı Kontrolör Tasarımı

Bu çalışmada tasarlanan uyarlamalı kontrol algoritması ve simülasyon çalışmaları için MR sönümleyicinin dinamik davranışını iyi bir şekilde yansıtabilen matematiksel modeline ihtiyaç vardır. Literatürde MR sönümleyicinin nonlinear karakterini uygun şekilde yansıtabilen birçok MR sönümleyici modeli vardır (Modified Bouc Wen, Dahl etc.) [21]. Uyarlamalı kontrol tasarımında ve kararlılık analizi kısmında oldukça karmaşık denklemler ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden, uygulanabilirliği arttırmak için, basit matematiksel yapıya sahip ve gerçek MR sönümleyici cevabına yakın sonuç verebilen bir MR sönümleyici matematiksel modeli tercih etmek uygun olacaktır. Bu faktörler göz önünde bulundurularak bu çalışmada, nispeten daha sade denklemlere sahip olan Lugre MR sönümleyici matematiksel modeli tercih edilmiştir [22]. Lugre modeli denklemleri aşağıdaki gibidir;

$$f = \sigma_a z + \sigma_0 z v + \sigma_1 \dot{z} + \sigma_2 \dot{x}_r + \sigma_b \dot{x}_r v \quad (4)$$

$$\dot{z} = \dot{x}_r - a_0 |\dot{x}_r| z \quad (5)$$

Yapısal sistem için tasarlanan uyarlamalı kontrolcünün amacı, binayı depremin yıkıcı etkisinden korurken kapalı sistemin kararlılığını da sağlamaktır. Bu amaçla Lugre modeli kullanılarak uyarlamalı kontrolcü tasarlanmış ve kapalı çevrim sistemin kararlılığı Lyapunov temelli kararlılık analizi ile gerçekleştirilmiştir. Burada binayı depremin yıkıcı etkisinden korumanın yolu, bina katlarının yer değiştirmelerinin sıfır olmasını sağlamaktır. Bu amaçla sifira gitmesini istediğimiz sisteme ait yer değiştirme ve hızları içeren hata dinamiği ve zamana göre türevi aşağıdaki gibi tanımlanmıştır;

$$r = \dot{x} + \lambda x, \quad \dot{r} = \ddot{x} + \lambda \dot{x} \quad (6)$$

Eşitlik 4 ve Eşitlik 5’in yapısı incelendiğinde Eşitlik 5’in Eşitlik 4’ün içerisine yazılabileceği görülmektedir. Bu işlem yapıldığında MR sönümleyicinin sönüm kuvvetini veren denklem aşağıdaki formu alacaktır;

$$f = \sigma_a z + \sigma_0 z v - \sigma_1 a_0 |\dot{x}_r| z + (\sigma_1 + \sigma_2) \dot{x}_r + \sigma_b \dot{x}_r v \quad (7)$$

Burada x_r MR sönümleyici rölatif yer değiştirmesi, v MR sönümleyiciye gönderilen gerilim, z MR sönümleyici iç değişkeni ve f ise MR sönümleyici değişken sönüm kuvvetidir. Diğer parametreler ise MR sönümleyicinin histeresiz karakterini tanımlamada kullanılan sabitlerdir. Bu çalışmada Lugre model *e-ISSN: 2148-2683*

parametreleri ve yapısal sistemin parametrelerinin değerinin tam olarak bilinmediği varsayılmıştır. Bu yüzden kontrolör tasarımında parametrelerin tahmin değerleri kullanılmalıdır. Bir parametrenin tahmin ve tahmin hatası ifadesi sırasıyla parametrenin üzerine “^” ve “~” işareti konularak gösterilmiştir. Dolayısıyla MR sönümleyici sönüm kuvvetinin tahmini aşağıdaki gibidir;

$$\hat{f} = \hat{\sigma}_a \hat{z} - \hat{\sigma}_1 a_0 |\dot{x}_r| \hat{z} + (\hat{\sigma}_1 + \hat{\sigma}_2) \dot{x}_r + (\hat{\sigma}_0 \hat{z} + \hat{\sigma}_b \dot{x}_r) v \quad (8)$$

Eşitlik 6’da verilen hata dinamiğinin zaman göre türevi soldan kütle matrisiyle çarpılırsa Eşitlik 9 aşağıdaki gibi elde edilir;

$$\begin{aligned} M\dot{r} &= M \lambda \dot{x} - Kx - ML\ddot{x}_g - Hf \\ &= Y\phi - Hf \end{aligned} \quad (9)$$

Burada $Y \in \mathbb{R}^{1 \times 22}$ boyutlu bilinen ya da ölçülebilen terimlerden oluşan matris, $\phi \in \mathbb{R}^{22 \times 1}$ ise bilinmeyen terimlerden oluşan matristir. Y ve ϕ aşağıdaki gibidir;

$$Y = [Y_M \quad Y_K] \quad (10)$$

$$Y_M = \begin{bmatrix} \lambda_1 \dot{x}_1 - \ddot{x}_g & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 \dot{x}_2 - \ddot{x}_g & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \lambda_1 \dot{x}_d - \ddot{x}_g \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$Y_K = \begin{bmatrix} x_1 & x_1 - x_2 & \dots & 0 \\ 0 & x_2 - x_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & x_d - x_{10} \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\phi = [\phi_M \quad \phi_K]^T \quad (13)$$

$$\phi_M = [m_1 \quad m_2 \quad \dots \quad m_d] \quad (14)$$

$$\phi_K = [k_1 \quad k_2 \quad \dots \quad k_d] \quad (15)$$

$H\hat{f}$ terimi Eşitlik 9’a eklenip çıkarılır ve χ, u_x, ρ and $\tilde{\theta}$ terimleri aşağıdaki gibi tanımlanırsa Eşitlik 17 aşağıdaki formu alacaktır.

$$\begin{aligned} \chi &= -\hat{\sigma}_a \hat{z} + \hat{\sigma}_1 a_0 |\dot{x}_r| \hat{z} - (\hat{\sigma}_1 + \hat{\sigma}_2) \dot{x}_r \\ u_x &= (\hat{\sigma}_0 \hat{z} + \hat{\sigma}_b \dot{x}_r) v \end{aligned} \quad (16)$$

$$\rho = [\dot{x}_r \quad \dot{x}_r v], \quad \tilde{\theta} = [(\hat{\sigma}_1 + \hat{\sigma}_2) \quad \hat{\sigma}_b]^T$$

$$\begin{aligned} M\dot{r} &= Y\phi + H\chi - Hu_x - H\rho\tilde{\theta} \\ &- H[\sigma_a z - \hat{\sigma}_a \hat{z} - \sigma_1 a_0 |\dot{x}_r| z + \hat{\sigma}_1 a_0 |\dot{x}_r| \hat{z} + \sigma_0 z v - \hat{\sigma}_0 \hat{z} v] \end{aligned} \quad (17)$$

Kontrolcünün yer değiştirmeleri sıfır yapması amacına uygun olarak Eşitlik 17 incelendiğinde Hu_x ifadesi Eşitlik 18’deki gibi seçilebilir. Dolayısıyla MR sönümleyiciye gönderilmesi gereken gerilim miktarı Eşitlik 19’daki formda olacaktır. Hesaplanan bu gerilim miktarı anlık olarak MR sönümleyiciye gönderilerek kapalı çevrim sistem elde edilmiş olur. Kapalı çevrim sistem genel yapısı Şekil 3’te verilmiştir.

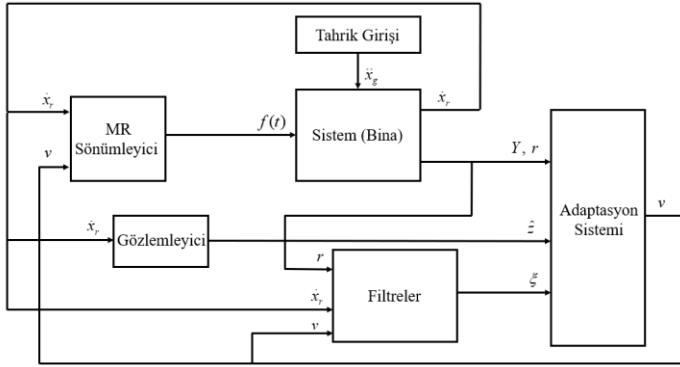
$$Hu_x = Kr + H\chi + Y\hat{\phi} + H(-\hat{\sigma}_a\xi_1 - \hat{\sigma}_0\xi_2 v + \hat{\sigma}_1 a_0 |\dot{x}_r| \xi_3) \quad (18)$$

$$v = \frac{H^{-1} [Kr + H\chi + Y\hat{\phi} + H(-\hat{\sigma}_a\xi_1 + \hat{\sigma}_1 a_0 |\dot{x}_r| \xi_3)]}{(\hat{\sigma}_0\xi_2 + \hat{\sigma}_0\hat{z} + \hat{\sigma}_b\dot{x}_r)} \quad (19)$$

Burada ξ_1 , ξ_2 ve ξ_3 yardımcı filtrelerdir ve kararlılık analizi kısmında tanımlanacaklardır. Sonuç olarak kontrol sinyali sistem denklemleri içerisine eklenerek kapalı çevrim sistem denklemleri Eşitlik 20'deki gibi elde edilir. Lugre modelindeki z MR sönümleyici iç değişkenidir ve ölçülmesi mümkün değildir. Dolayısıyla gözlemleyici tasarlanmalıdır. z için tasarlanan gözlemleyici denklemleri Eşitlik 21'de verilmiştir.

$$\begin{aligned} M\dot{r} &= -Kr + Y\tilde{\phi} - H\rho\tilde{\theta} \\ &+ H[-\tilde{\sigma}_a(\hat{z} + \xi_1) - \sigma_a(\tilde{z} - \xi_1)] \\ &+ H[-\tilde{\sigma}_0 v(\hat{z} + \xi_2) - \sigma_0 v(\tilde{z} - \xi_2)] \\ &+ H[\tilde{\sigma}_1 a_0 |\dot{x}_r|(\hat{z} + \xi_3) + \sigma_1 a_0 |\dot{x}_r|(\tilde{z} - \xi_3)] \end{aligned} \quad (20)$$

$$\dot{\tilde{z}} = -a_0 |\dot{x}_r| \tilde{z} \quad (21)$$



Şekil 3 YAKS genel sistem yapısı

Şekil 3 STMD Overall system structure

2.1.1. Yarı Aktif Uyarlamalı Kontrolör Tasarımı

Kapalı çevrim sistemin kararlılığını incelemek amacıyla aşağıdaki negatif olmayan Lyapunov fonksiyonu seçilmiştir.

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{2} r^T M r + \frac{1}{2} \tilde{z}^2 + \frac{1}{2} \tilde{\phi}^T \Gamma_\phi^{-1} \tilde{\phi} + \frac{1}{2} \tilde{\theta}^T \Gamma^{-1} \tilde{\theta} \\ &+ \frac{1}{2} \frac{1}{\gamma_1} \tilde{\sigma}_a^2 + \frac{1}{2} \frac{1}{\gamma_2} \tilde{\sigma}_0^2 + \frac{1}{2} \frac{1}{\gamma_3} (\tilde{\sigma}_1 a_0)^2 + \frac{1}{2} \sigma_a (\tilde{z} - \xi_1)^2 \\ &+ \frac{1}{2} \sigma_0 (\tilde{z} - \xi_2)^2 + \frac{1}{2} \sigma_1 a_0 (\tilde{z} - \xi_3)^2 \end{aligned} \quad (22)$$

Burada Γ_ϕ , ve pozitif tanımlı katsayı matrisi. γ_1, γ_2 ve γ_3 ise pozitif katsayılarıdır. Eşitlik 22'in zamana göre türevi ise Eşitlik 23'teki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned} \Rightarrow \dot{V} &= r^T M \dot{r} + \tilde{z} \dot{\tilde{z}} + \tilde{\phi}^T \Gamma_\phi^{-1} \dot{\tilde{\phi}} + \tilde{\theta}^T \Gamma^{-1} \dot{\tilde{\theta}} \\ &+ \frac{1}{\gamma_1} \tilde{\sigma}_a \dot{\tilde{\sigma}}_a + \frac{1}{\gamma_2} \tilde{\sigma}_0 \dot{\tilde{\sigma}}_0 + \frac{1}{\gamma_3} a_0^2 \tilde{\sigma}_1 \dot{\tilde{\sigma}}_1 + P \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} P &= \sigma_a (\tilde{z} - \xi_1) (\dot{\tilde{z}} - \dot{\xi}_1) \\ &+ \sigma_0 (\tilde{z} - \xi_2) (\dot{\tilde{z}} - \dot{\xi}_2) + \sigma_1 a_0 (\tilde{z} - \xi_3) (\dot{\tilde{z}} - \dot{\xi}_3) \end{aligned} \quad (24)$$

Adaptasyon kuralları ve yardımcı filtreler aşağıdaki gibi seçilirse ve Eşitlik 23 ve Eşitlik 24'te yerlerine konulursa, Eşitlik 22'nin zamana göre türevi Eşitlik 26'daki formu alacaktır.

$$\begin{aligned} \dot{\tilde{\phi}} &= -\dot{\tilde{\phi}} = -\Gamma_\phi Y^T r \\ \dot{\tilde{\theta}} &= -\dot{\tilde{\theta}} = \Gamma \rho^T H^T r \\ \dot{\tilde{\sigma}}_a &= -\dot{\tilde{\sigma}}_a = \gamma_1 (\hat{z} + \xi_1) H^T r \\ \dot{\tilde{\sigma}}_0 &= -\dot{\tilde{\sigma}}_0 = \gamma_2 v (\hat{z} + \xi_2) H^T r \\ \dot{\tilde{\sigma}}_1 &= -\dot{\tilde{\sigma}}_1 = -\frac{\gamma_3}{a_0} |\dot{x}_r| (\hat{z} + \xi_3) H^T r \end{aligned} \quad (25)$$

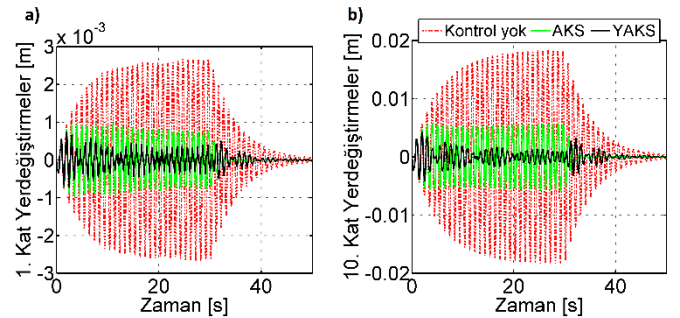
$$\begin{aligned} \dot{\xi}_1 &= -a_0 |\dot{x}_r| \xi_1 - H^T r \\ \dot{\xi}_2 &= -a_0 |\dot{x}_r| \xi_2 - v H^T r \\ \dot{\xi}_3 &= -a_0 |\dot{x}_r| \xi_3 + |\dot{x}_r| H^T r \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{V} &= -r^T K r - a_0 |\dot{x}_r| \tilde{z}^2 - \sigma_a a_0 |\dot{x}_r| (\tilde{z} - \xi_1)^2 \\ &- \sigma_0 a_0 |\dot{x}_r| (\tilde{z} - \xi_2)^2 - \sigma_1 a_0^2 |\dot{x}_r| (\tilde{z} - \xi_3)^2 \end{aligned} \quad (26)$$

Eşitlik 26 incelendiğinde görülebilir ki eğer K matrisi pozitif tanımlı olarak seçilirse Eşitlik 26 her zaman negatif olacaktır. Sonuç olarak Barbalat'ın yardımcı önermesini kullanarak [23], zamanın sonsuza giderken hata dinamiğinin sifıra gideceğini söyleyebiliriz.

3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu çalışmada, modellemeler ile YAKS'ye uygulanan uyarlamalı kontrol algoritması Matlab-Simulink ortamında gerçekleştirilmiştir. Lugre MR sönümleyici modeline ait parametre değerleri için referans [18] kullanılmıştır. Yapısal sistemin doğal frekanslarının toplamından elde edilen tahrik girişi performans analizinde kullanılmış ve yapısal sisteme ait yer değiştirme ve ivme cevapları incelenmiştir. 1. kat ve 10. katların yer değiştirme cevapları Şekil 4'te, tüm katlara ait maksimum yer değiştirmeler ve yer değiştirme RMS değerleri Şekil 5'te görülmektedir.

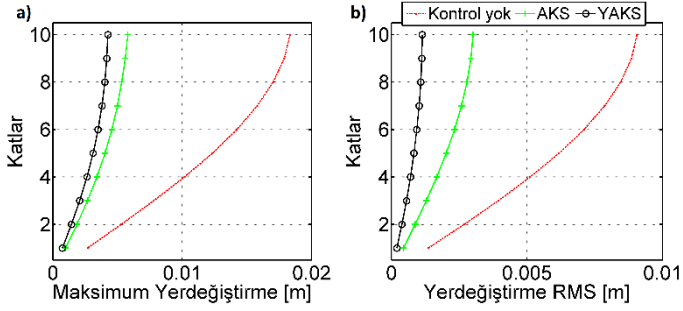


Şekil 4 Yer değiştirmeler a) 1. kat b) 10. kat

Şekil 4 Displacements a) 1. floor b) 10. floor

Eğriler incelendiğinde pasif veya yarı aktif kontrolün olmadığı duruma göre AKS'nin ve YAKS'nin ikisinin de başarılı olduğu açıkça görülmektedir. Fakat en iyi performansı YAKS'nin sergilediği görülmektedir. Şekil 4'te ise, beklenildiği gibi kütle binada sönümleyicinin bulunmadığı duruma göre AKS

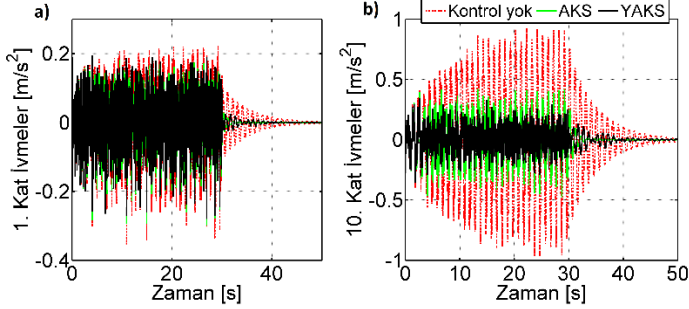
ve YAKS'nin katlara ait yer değiştirme cevaplarının performansı, üst katlara çıkıldıkça artmıştır.



Şekil 5 Tüm katların maksimum cevapları a) yer değiştirmeler b) yer değiştirme RMS'ler

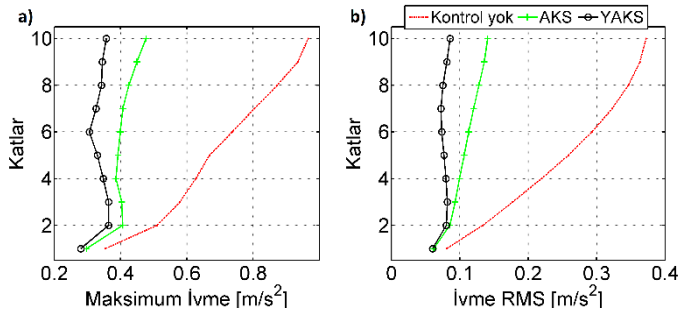
Figure 6 Maximum responses of all floors a) displacements b) RMS of displacements

Şekil 6'da sistemin 1. kat ve 10. katlarının ivme cevapları, Şekil 7'de tüm katların maksimum ivmeleri ve ivme RMS değerleri, Şekil 8'de ise her iki kontrol durumunun, kontrol uygulamasının olmadığı duruma göre maksimum yer değiştirmelerine ve maksimum ivmelerine ait yüzde iyileşme performans değerleri gösterilmektedir. Eğriler incelendiğinde, her iki kontrol uygulamasının da yer değiştirmenin yanında sistemin ivme cevaplarını etkili bir şekilde bastırđıđı görülmektedir. Yer değiştirme cevaplarında olduğu gibi ivme cevaplarında da uyarlamalı kontrol etkisindeki YAKS'nin performansının AKS'den daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 7 İvmeler a) 1. kat b) 10. kat

Figure 8 Accelerations a) 1. floor b) 10. floor

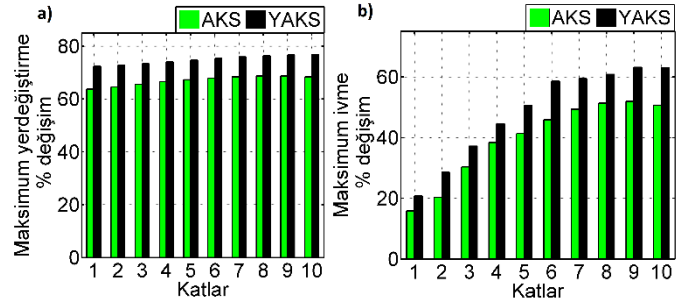


Şekil 9 Tüm katların maksimum cevapları a) ivmeler b) ivme RMS'ler

Figure 7 Maximum responses of all floors a) accelerations b) RMS of accelerations

Şekil 6 (a)'da ve Şekil 7'de, 1. kata ait ivme cevaplarında her iki kontrol durumunun da performanslarının birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir. MR sıvısının mili saniye gibi çok küçük zaman aralıklarında akışkanlığının değişmesi, anlık olarak MR damperde kilitlemelere neden olabilir. Bu da YAKS'deki ivme

cevaplarında performans düşüklüğü olarak karşımıza çıkar. Asıl odaklanılan yer değiştirmelerdeki yüksek performanslar dikkate alındığında, ivme cevaplarındaki bu davranış kabul edilebilir bir durumdur.



Şekil 10 Tüm katların maksimum yüzde değişim miktarları a) yer değiştirmeler b) ivmeler

Figure 11 Maximum percentage changes of all floors a) displacements b) accelerations

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, YAKS'lerin bir bina modeli üzerindeki performansı sayısal simülasyonlar ile incelenmiştir. YAKS'nin yarı aktifliğini sağlayan akıllı kontrol elemanı olarak MR sönümleyici kullanılmıştır. MR sönümleyici nonlineer histerezis karaktere sahiptir. Ayrıca sistem parametrelerinde çalışma sırasında bazı değişiklikler olabileceği bilinmektedir. Bu yüzden sistemin nonlineer yapısı ve parametrik belirsizlerin üstesinden gelebilmek amacıyla MR sönümleyiciye gerekli olan gerilimi belirlemesi için nonlineer uyarlamalı kontrolör tasarımı yapılmıştır. Sonuçlar, zamana göre katların yer değiştirmeleri, ivmeleri ve RMS değerleri kullanılarak incelenmiştir. Sonuçlar genel olarak, sistemde AKS ve YAKS bulunmasının, sistemde herhangi bir kütle sönümleyicisi bulunmayan duruma göre, bina yer değiştirmelerini ve ivmelerini önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Ayrıca aktif kütle sönümleyicilerine göre daha az maliyetli, daha güvenli ve bir akü ile çalışabilecek kadar düşük enerji tüketimine sahip MR sönümleyicinin uygun kontrol yöntemi kullanılmasıyla AKS'den daha iyi performans gösterdiği görülmüştür.

Kaynakça

- [1] Guclu, R., & Sertbas, A. (2005). Evaluation of sliding mode and proportional-integral-derivative controlled structures with an active mass damper. *Journal of Vibration and Control*, 11(3), 397-406.
- [2] Guclu, R., & Yazici, H. (2008). Vibration control of a structure with ATMD against earthquake using fuzzy logic controllers. *Journal of Sound and Vibration*, 318(1-2), 36-49.
- [3] Guclu, R., & Yazici, H. (2009). Self-tuning fuzzy logic control of a non-linear structural system with ATMD against earthquake. *Nonlinear Dynamics*, 56(3), 199-211.
- [4] Guclu, R., & Yazici, H. (2009). Seismic-vibration mitigation of a nonlinear structural system with an ATMD through a fuzzy PID controller. *Nonlinear Dynamics*, 58(3), 553-564.
- [5] Aggümüş, H. (2020). "Simülasyon çevriminde donanım yöntemiyle yarı aktif ayarlı kütle sönümleyicilerinin performans analizi," Doktora tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2020.

- [6] Aldemir, U. (2003). Optimal control of structures with semiactive-tuned mass dampers. *Journal of sound and vibration*, 266(4), 847-874.
- [7] Lin, P. Y., Chung, L. L., & Loh, C. H. (2005). Semiactive control of building structures with semiactive tuned mass damper. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 20(1), 35-51.
- [8] Tse, K. T., Kwok, K. C. S., Hitchcock, P. A., Samali, B., & Huang, M. F. (2007). Vibration control of a wind-excited benchmark tall building with complex lateral-torsional modes of vibration. *Advances in Structural Engineering*, 10(3), 283-304.
- [9] Bathaei, A., Zahrai, S. M., & Ramezani, M. (2018). Semi-active seismic control of an 11-DOF building model with TMD+ MR damper using type-1 and-2 fuzzy algorithms. *Journal of Vibration and Control*, 24(13), 2938-2953.
- [10] Aly, A. M. (2015). Control of wind-induced motion in high-rise buildings with hybrid TM/MR dampers. *Wind & structures*, 21(5), 565-595.
- [11] Setareh, M., Ritchey, J. K., Murray, T. M., Koo, J. H., & Ahmadian, M. (2007). Semiactive tuned mass damper for floor vibration control. *Journal of structural engineering*, 133(2), 242-250.
- [12] Lin, P. Y., Lin, T. K., & Hwang, J. S. (2013). A semi-active mass damping system for low-and mid-rise buildings. *Earthquakes and Structures*, 4(1), 63-84.
- [13] Weber, F., Distl, H., Fischer, S., & Braun, C. (2016, December). MR damper controlled vibration absorber for enhanced mitigation of harmonic vibrations. In *Actuators* (Vol. 5, No. 4, p. 27). Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- [14] Aggumus, H., & Cetin, S. (2018). Experimental investigation of semiactive robust control for structures with magnetorheological dampers. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 37(2), 216-234.
- [15] Aggumus, H., & Guclu, R. (2020, September). Robust H_{∞} control of STMDs used in structural systems by hardware in the loop simulation method. In *Actuators* (Vol. 9, No. 3, p. 55). Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- [16] Aggümüş, H. Güçlü R. (2020) "Yarı-aktif kütle sönümleyici kullanarak bina titreşimlerinin hibrit simülasyon yöntemiyle azaltılması," 3. Uluslararası Bilim, Teknoloji ve Sosyal Bilimlerde Güncel Gelişmeler Sempozyumu, Adana, Türkiye, 19-20 Haziran 2020, cilt.2, no.34, ss.391-397.
- [17] Paksoy, M., & Metin, M. (2019). Nonlinear semi-active adaptive vibration control of a half vehicle model under unmeasured road input. *Journal of Vibration and Control*, 25(18), 2453-2472.
- [18] Paksoy, M., & Metin, M. (2020). Nonlinear adaptive semiactive control of a half-vehicle model via hardware in the loop simulation. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 28(3), 1612-1630.
- [19] Nassani, D. E. & Ali, K. (2020). Lateral Load Resisting Systems in High-Rise Reinforced Concrete Buildings. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20) , 397-403 .
- [20] Sadek, F., Mohraz, B., Taylor, A. W., & Chung, R. M. (1997). A method of estimating the parameters of tuned mass dampers for seismic applications. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 26(6), 617-635.
- [21] Spencer Jr, B., Dyke, S. J., Sain, M. K., & Carlson, J. (1997). Phenomenological model for magnetorheological dampers. *Journal of engineering mechanics*, 123(3), 230-238.
- [22] Sakai, C., Ohmori, H., & Sano, A. (2003). Modeling of MR damper with hysteresis for adaptive vibration control. In *42nd IEEE International Conference on Decision and Control* (IEEE Cat. No. 03CH37475) (Vol. 4, pp. 3840-3845). IEEE.
- [23] Krstic, M., Kokotovic, P. V., & Kanellakopoulos, I. (1995). *Nonlinear and adaptive control design*. John Wiley & Sons, Inc.
- [24] A. Turan, C. Onat, M. Sahin, (2019). 'Active Vibration Suppression of A Smart Beam Via PID Controller Designed Through Weighted Geometric Center Method' 10th Ankara International Aerospace Conference, 18-20 September, METU, Ankara TURKEY.



Makarna ve Erişte Türlerindeki Tiaminin *In Vitro* Olarak Biyoerişilebilirliğinin Saptanması

Serap Andaç-Öztürk^{1*},

^{1*} İstanbul Sabahatin Zaim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-6253-4118), serap.ozturk@izu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 10 Kasım 2021 ve Kabul Tarihi 5 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.)

ATIF/REFERENCE: Andaç-Öztürk, S. (2022). Makarna ve Erişte Türlerindeki Tiaminin *In Vitro* Olarak Biyoerişilebilirliğinin Saptanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 74-78.

Öz

Makarna üretimi ucuz, hazırlaması kolay bir besin olup tüm dünyada en sevilen tahıl ürünlerinden bir tanesidir. Tahıllar genel olarak tiamin açısından da zengin besinlerdir. Bununla birlikte hazırlama, pişirme yöntemleri ya da ürün içeriği gibi faktörlerden dolayı besin öğeleri kayıpları olmakta ve besin öğelerinin biyoerişilebilirliği değişmektedir. Bu çalışmanın amacı farklı makarna ve erişte örneklerindeki tiamin miktarı ve biyoerişilebilirliğinin *in vitro* sindirim modeli ile incelenmesidir. Çalışmada vitamin içerikleri yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile tayin edilmiştir. Tiaminin biyoerişilebilirliği %80,0±6,1- 99,8±7,6 arasında bulunmuştur. En düşük tiamin biyoerişilebilirliğinin yumurtalı eriştede olduğu saptanmıştır. En yüksek biyoerişilebilirliğin ise ıspanaklı makarnada olduğu gözlemlenmiştir. Sevilen bir besin olan makarnanın tiamin içeriklerinin göreceli düşük olduğu ve bireylerin beslenmelerinde tiamin içeriği yüksek olan tam tahıl ürünlerine yer vermeye özen göstermeleri gerektiği düşünülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Makarna, Tiamin, Biyoerişilebilirlik.

Determination of *In Vitro* Bioaccessibility of Thiamine in Pasta and Noodle Types

Abstract

Pasta is cheap to produce, easy to prepare and one of the most popular grain products all over the world. Cereals are generally rich in thiamine. However, due to the factors such as preparation, cooking methods or product content, nutrient losses occur and the bioaccessibility of nutrients changes. The aim of this study is to investigate the amount and bioaccessibility of thiamine in different pasta and noodle samples by *in vitro* digestion model. In the study, vitamin contents were determined by high performance liquid chromatography (HPLC). The bioavailability of thiamine ranged from 80,0±6,1 to 99,8±7,6 %. The lowest thiamine bioaccessibility was found in noodles made with egg. The highest bioaccessibility was observed in spinach pasta. It was thought that the thiamine content of pasta, which is a popular food, is relatively low and it was considered that whole grain products with high thiamine content should be taken into the diet of individuals.

Keywords: Pasta, Thiamine, Bioaccessibility.

* Sorumlu Yazar: serap.ozturk@izu.edu.tr

1. Giriş

Makarna Akdeniz diyetindeki temel besinlerdir biridir. Besin piramidinin temelini oluşturmaktadır ve günlük olarak tüketimi önerilmektedir (Melini, Melini ve Acquistucci, 2020). Üretim süreci ucuz, hazırlanmasının kolay olması bu ürünü tüm dünyadaki en popüler yüksek karbonhidratlı besinlerden bir tanesi haline getirmektedir. Makarna; %74-77 oranında karbonhidrat, %11-15 oranında ise protein içermektedir (Duda, Adamczak, Chelminska, Juskiewicz ve Kowalczewski, 2019).

Yarı hazır bir gıda olan makarna, *Triticum Durum* buğdayının uygun şartlarda öğütülmesi ile elde edilen irmiğin, su, tuz ve diğer besleyici bileşenlerin katılması ve arzu edilen şekiller verilip kurutulmasıyla oluşturulan bir gıda ürünüdür. Ayrıca durum buğdayından elde edilen makarna A ve B grubu vitaminleri açısından da zengin bir besin kaynağıdır (Muslu, Gider, Dereli ve Yüksel, 2021).

Vitaminler besinlerin minör ancak elzem bileşenleridir. Suda çözünen vitamin grupları, yapısal, moleküler ağırlık, kimyasal ve biyolojik aktivitelere göre değişik bileşikler içerirler; tiamin, riboflavin, niyasin, folik asit, pantotenik asit, vitamin B₆, siyalokobalamin, biyotin gibi (Leporati vd., 2005). B grubu vitaminler fonksiyonları bakımından katabolizmadaki rolleri (enerji üretimi gibi) ve anabolizmadaki rolleri (biyoaktif moleküllerin transformasyonu ve yapımı gibi) olarak ikiye ayrılabilirler (Kennedy, 2016). Suda çözünen vitaminler vücutta depo edilmezler bu nedenle günlük olarak diyetle alınmaları gerekmektedir. Tahılların genel olarak saflaştırılmamış ve rafine edilmemiş formları, bu vitaminler için yaygın bir kaynaktır. Bununla birlikte rafine ve parlatma işlemleri tahıllarda önemli miktarda B vitamini kaybına neden olur (Schellack, Harirari ve Schellack, 2016). Tam tahıl ürünleri, kepekli pirinç, makarna ve yumurta, tiamin için iyi diyet kaynakları olarak gösterilmektedir (Kennedy, 2016).

Günlük vitamin alımları hesaplanırken gastrointestinal sistemdeki biyoerişilebilirlik belli olmadığı için biyoyararlanım da tam olarak tahmin edilememektedir (Yaman vd., 2021). Biyoerişilebilirlik gastrointestinal sistem boyunca besin matriksinden salınan bir bileşiğin emilim için mevcut olan miktarı olarak tanımlanmaktadır (López-Gómez, Elez-Martínez, Martín-Belloso ve Soliva-Fortuny, 2021). Dolayısı ile biyoerişilebilirlik biyoaktif bileşenin besin matriksindeki içeriğinden daha önemlidir (López-Gómez vd., 2021). *In vivo* modellere alternatif olarak besin öğelerinin biyoerişilebilirliklerini saptamak adına *in vitro* yöntemler geliştirilmiş ve sıkça kullanılmaktadır (Yaman vd., 2021).

Biyoaktif bileşenlerin biyoerişilebilirliği içeriklerine, kimyasal yapılarına, matriks özelliklerine ve sindirim sırasındaki diğer bileşiklerle olan etkileşimlerine bağlı olarak değişmektedir. Besinin işlenmesi ya da adjuvantların eklenmesi bu özellikleri değiştirebilir ve biyoerişilebilirliği etkileyebilir (López-Gómez vd., 2021). Tüm bu bilgiler ışığında bu çalışmanın amacı; toplum tarafından sık tüketilen besinlerden olan makarna ve eriştelerin içerisinde bulunan tiamininin *in vitro* biyoerişilebilirliğinin incelenmesidir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Örneklem

Çalışma örneğini İstanbul ilindeki marketlerde satılmakta olan değişik markalara ait, çeşitli ürün içeriklerine sahip toplam 10 makarna, 4 erişte oluşturmaktadır. Ürün içerikleri Tablo 1' de sunulmuştur.

2.2. Tiamin Ekstraksiyonu

Ürünlerdeki tiaminin ekstraksiyonu için Ndaw ve arkadaşları tarafından belirlenmiş olan yöntem kısmi değişiklikler uygulanarak kullanılmıştır (Ndaw, Bergaentzle, Aoudé-Werner ve Hasselmann, 2000). Üretici firmanın talimatları doğrultusunda hazırlanan ürünler homojenize edildikten sonra 5 g'lık örnekler tartılarak 100 ml'lik erlenlere konuldu. Mevcut örneklere 50 ml 0,1 N hidroklorik asit çözeltisi ilave edilerek, 121°C'de 30 dakika otoklavlandı. Örnekler oda sıcaklığına kadar soğutuldu ve 2,5 M'lik sodyum asetat çözeltisi ile pH 4,5'e getirildi. Fosfat ve glikozit bağlı olan vitaminlerin enzimatik olarak serbest hale getirilebilmesi için; 100 mg taka-diaz, 5 mg asit fosfat ve 10 mg β-glukozidaz enzimleri ilave edildi ve çalkalamalı su banyosunda 45°C'de 3 saat inkübe edildi. Bu işlemden sonra hacim 0,1 N hidroklorik asit çözeltisi ile 100 ml'ye tamamlandı. Karışım sırasıyla adi filtre kâğıdından ve 0,45 µm'luk selüloz asetat filtreden geçirilerek HPLC'ye enjekte edildi.

2.3. HPLC ile Tiamin Analizi

Tiaminin floresans dedektörde tespit edilebilmesi için potasyum ferrisiyanid çözeltisi ile floresans dedektörde tespit edilebilir formu olan tiokroma dönüştürüldü. Bunun için %1'lik ferrisiyanid çözeltisi %15'lik sodyum hidroksit çözeltisi içinde hazırlandı. Ekstraksiyon aşamasında hazırlanan örnekten 20 ml alındı ve üzerine 1,5 ml %1'lik ferrisiyanid çözeltisi ilave edildi. Elde edilen karışımın pH'ı ortofosforik asit çözeltisi pH 7,1'e ayarlandı. Aynı şekilde tiamin standartları da %1'lik ferrisiyanid çözeltisi ile türevlendirildi ve pH'ı 7,1'e orta fosforik asit çözeltisi ile ayarlandı. Analizler Shimadzu Nexera-i (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) marka HPLC cihazı ve floresans dedektör ile gerçekleştirildi. Floresans dedektör eksitasyon 366 nm'ye, emisyon ise 445 nm'ye ayarlandı. Tiokrom formuna dönüştürülen vitamin B₁'i ayırma işleminde Gemini-NX 5µ C18 110 Å, 4.6 x 250 mm (Phenomenex, CA, USA) kolon kullanıldı. Akış hızı 1 ml/dakika'ya kolon sıcaklığı ise 25°C'ye ayarlandı. HPLC'de gerçekleştirilen bu ayırma işlemi 20 dakikada tamamlandı.

2.4. *In vitro* Biyoerişilebilirlik

Makarna ve eriştelerdeki tiaminin biyoerişilebilirliği *in vitro* gastrointestinal sistemin simülasyonu ile gerçekleştirilmiştir ve bu analiz prosedüründe Lee ve arkadaşları tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır (Lee, Lee, Chung ve Hur, 2016). Bu kapsamda ağız, mide ve ince bağırsak solüsyonları hazırlanmıştır.

2.4.1. Ağız Solüsyonu:

Sırası ile sodyum klorür (175,3 g/L) ve üre (25 g/L), çözeltileri hazırlandı. 500 ml'lik erlen içerisine 1,7 ml sodyum klorür çözeltisi, 8 ml üre çözeltisi ve 400 ml deiyonize su ilave edilmiştir. Mevcut karışıma 15 g ürik asit, 280 mg α-amilaz ve 25 mg müsün ilave edilerek hacim 500 ml'ye tamamlanmıştır. Çözelti 1M HCl ya da 1 M NaOH kullanılarak pH'ı 6,8-7,0 olacak şekilde ayarlanmıştır.

2.4.2. Mide Solüsyonu:

Sıra ile HCl (37 g/L) ve CaCl₂·H₂O (22 g/L) çözeltileri hazırlandı. HCl çözeltisinden 6,5 ml, CaCl₂·H₂O çözeltisinden 18 ml alınarak total hacim 500 ml olacak şekilde deiyonize su ilave edildi. Mevcut çözeltiye 1 g sığır serum albumin, 2,5 g pepsin ve 3 g musin ilave edilerek çözüldürüldü. Çözelti 1M HCl ya da 1 M NaOH kullanılarak pH'ı 1,5'e olacak şekilde ayarlandı.

2.4.3. İnce Bağırsak Solüsyonu

Sıra ile KCl (89,6 g/L) ile CaCl₂·2H₂O (22,2 g/L) çözeltileri hazırlandı. KCl çözeltisinden 6,3 ml, CaCl₂·2H₂O çözeltisinden ise 9 ml alınarak total hacim 500 ml olacak şekilde deiyonize su ilave edildi. Daha sonra üzerine, 1 g sığır albümin, 1,5 g lipaz ve 1 g pankreatin ilave edilerek çözüldürüldü. Çözelti 1M HCl ya da 1 M NaOH kullanılarak pH'ı 8 olacak şekilde ayarlandı.

2.4.4. Safra Solüsyonu:

Sıra ile NaHCO₃ (84,7 g/L) ile CaCl₂·2H₂O (22,2 g/L) çözeltileri hazırlandı. 500 ml'lik erlen içerisine 68,3 mL NaHCO₃ çözeltisi, 10 ml CaCl₂·2H₂O çözeltisi ve 400 ml deiyonize su ilave edildi. Daha sonra 1,8 g sığır albümini ve 30 g safra ilave edilerek çözüldürüldü, total hacim deiyonize su ile 500 ml'ye tamamlandı. Çözelti 1M HCl ya da 1 M NaOH kullanılarak pH'ı 7,0 olacak şekilde ayarlandı.

2.4.5. İn vitro Sindirim

5 g homojen edilmiş makarna ve erişte çeşitleri 100 ml beher içinde alındı ve üzerine ağız solüsyonundan 5 ml ilave edildi. Ağız

solüsyonu ile örneğin tam karışımının sağlanabilmesi için vorteks ile iyice karıştırıldı. Karışım çalkalamalı su banyosunda 5 dakika süre ile 37°C'de inkübe edildi. İşlem bitiminde karışıma mide solüsyonundan 12 ml eklenerek, vorteks ile iyice karıştırıldı. Karışım 37°C'de 2 saat süre inkübe edildi. Daha sonra ince bağırsak ortamı için öncelikle 5 ml safra sıvısı ilave edildi ve ortamın pH'ı 7,0'a ayarlandı. Sonrasında ince bağırsak solüsyonundan 10 ml ilave edilerek, 37 °C'de 2 saat süre ile çalkalamalı su banyosunda inkübe edildi. İn vitro sindirim tamamlandıktan sonra ortamın pH'ı 1 M HCl çözeltisi kullanılarak 4,5'e ayarlandı. Üzerine 5 ml 0,1 M'lik sodyum asetat tamponundan ilave edilerek son hacim deiyonize su ile 50 ml'ye tamamlandı. Mevcut karışım 50 ml'lik falkon tüp içine alınarak 8000 rpm'de 5 dakika süre santrifüj edildi. Santifüj edilen sıvıdan 20 ml alındı ve üzerine 10 mg asit fosfat ve 5 mg beta-glukozidaz enzimlerinden ilave edildi ve 3 saat çalkalamalı su banyosunda inkübe edildi. Bu aşamadan sonra 2,3'de belirtilen analiz yöntemleri uygulanmıştır.

2. 5. Miktar Tayini ve Kalite Kontrol

Miktar tayini HPLC kromatogramındaki örnek altında kalan alanın uygun standart konsantrasyonun alanına oranlaması ile hesaplandı.

2. 6. İstatistiksel Analizler

Her bir çalışma üç kez tekrar edildi ve standart sapması hesaplandı. Uygulamalar arasındaki önemli farklılıklar tek yönlü varyans analizi (ANOVA $p < 0.05$, Tukey testi) kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirildi.

Tablo 1. Makarna ve erişte örneklerinin genel özellikleri ve temel içerikleri (Table 1. General characteristics and basic contents of pasta and noodle samples)

Örnek no	Ürün özelliği	İçindekiler
1	Glutensiz makarna	Mısır unu, su
2	Tam buğday unu makarnası	Tam durum buğdayı irmiği, su
3	Siyez makarnası	Siyez buğdayı unu, tuz, su
4	Kepekli makarna	Durum buğdayı irmiği, durum buğdayı kepeği, su
5	Organik	Organik durum buğdayı irmiği, su
6	Yüksek proteinli makarna	Durum buğdayı irmiği, protein karışımı, su
7	Proteinli makarna	Durum buğdayı irmiği, su
8	Domatesli makarna	Durum buğdayı irmiği, domates salçası, su
9	Ispanaklı makarna	Durum buğdayı irmiği, ıspanak tozu, su
10	Standart makarna	Durum buğdayı irmiği, su
11	Ispanaklı erişte	Buğday unu, süt, yumurta, ıspanak kurusu, tuz, su
12	Domatesli erişte	Buğday unu, süt, yumurta, domates kurusu, tuz, su
13	Tam buğdaylı erişte	Tam buğday unu, süt, yumurta, tuz, su
14	Yumurtalı erişte	Durum buğdayı irmiği, yumurta sarısı toz, su

Tablo 2. Makarna ve erişte çeşitlerinde tiamin miktarları ve *in vitro* biyoerişilebilirlikleri (Table 2. Thiamine amounts and *in vitro* bioaccessibility in pasta and noodle types)

Örnek No	Başlangıç değeri (µg/100 g)	Sindirim sonrası değer (µg/100 g)	Biyoerişilebilirlik (%)
1	11,8±0,5 ^a	9,9±0,4 ^b	83,9±6,4
2	105,2±5,0 ^a	101,1±4,4 ^a	96,2±2,8
3	50,9±2,3 ^a	47,6±2,1 ^a	93,8±7,1
4	69,5±2,7 ^a	68,5±3,1 ^a	98,6±1,3
5	52,7±2,6 ^a	50,1±2,3 ^b	95,3±6,1
6	67,7±5,8 ^a	66,1±3,1 ^a	97,8±3,9
7	62,3±2,8 ^a	56,0±2,5 ^b	90,0±6,8
8	43,8±2,0 ^a	37,3±1,7 ^b	85,4±6,5
9	43,8±2,0 ^a	43,7±2,0 ^a	99,8±7,6
10	28,7±1,3 ^a	24,5±1,1 ^b	85,6±6,5
11	41,8±1,9 ^a	37,0±1,7 ^b	88,8±6,7
12	25,3±1,1 ^a	22,7±1,0 ^b	89,8±6,8
13	58,5±2,6 ^a	52,4±2,4 ^b	89,7±6,8
14	56,5±2,5 ^a	45,1±2,0 ^b	80,0±6,1

Aynı satırlarda farklı harfler uygulamalar arasında istatistiksel farklılıklar olduğunu göstermektedir (ANOVA $p < 0,05$, Tukey testi).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Makarna ve Erişte Örneklerindeki Tiamin Miktarı

Araştırmamızda farklı makarna ve erişte çeşitlerinde saptanmış olan tiamin miktarları Tablo 2’de gösterilmiştir.

Buna göre tiamin içeriği en yüksek ve düşük olan ürünler sırasıyla tam buğday unu makarnası (105,2±5,0 µg/100 g) ve glutensiz makarnadır (11,8±0,5 µg/100 g). Ulusal gıda kompozisyonu veri tabanı TURKOMP’ a göre sade, yumurtasız, kuru makarnanın tiamin içeriği 0,227 mg/100 g, glutensiz makarnanın tiamin içeriği ise 0,077 mg/100 g olarak belirtilmektedir (TURKOMP, 2021). Diğer taraftan TURKOMP’da erişte için herhangi bir veriye ulaşılamamıştır. Buna göre tüm örneklerdeki tiamin içeriği TURKOMP’a göre daha düşük bulunmuştur.

3.1. İn Vitro Sindirim Sonuçları

Makarna ve eriştelelerdeki tiamin biyoerişilebilirlikleri Tablo 2’de sunulmuştur. Ürünlerdeki tiamin biyoerişilebilirliği %80,0±6,1 ile %99,8±7,6 arasında değişmektedir. Ürünlerin biyoerişilebilirlik oranları incelendiğinde en yüksek biyoerişilebilirlik oranı %99,8±7,6 ile ıspanaklı makarnada, en düşük biyoerişilebilirlik oranı %80,0±6,1 ile yumurtalı eriştede gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, ürünler sindirim sonrası değerleri açısından değerlendirildiğinde en yüksek miktar tam buğday unu makarnası (sindirim sonrası tiamin miktarı 101,1±4,4 µg/100 g), ve kepekli makarnada (sindirim sonrası tiamin miktarı 68,5±3,1 µg/100g) saptanmıştır. En düşük tiamin biyoerişilebilirliği ise yumurtalı eriştede %80,0±6,1 görülmüştür. Ancak sindirim sonrası değerler açısından incelendiğinde ise tiamin içeriği en düşük ürün glutensiz makarna olarak belirlenmiştir (sindirim sonrası tiamin miktarı 9,9±0,4 µg/100g).

Mevcut çalışmada beslenmemizde önemli yere sahip olan makarna ve erişte çeşitlerindeki tiamin miktarları tayin edilmiş ve biyoerişilebilirlikleri *in vitro* ortamda incelenmiştir. Tiamin, diğer adı ile B₁ vitamini ya da aneurin, elzem bir besin ögesi olup, dallı zincirli aminoasit ve glukoz metabolizmasındaki birçok oksidasyon-redüksiyon reaksiyonuna katılmaktadır. Krebs

döngüsünde adenozin trifosfat (ATP) oluşumu için gerekli oksidatif dekarboksilasyon için elzemdir (Eshak ve Arafa, 2018). Tahıllar, yağlı tohumlar ve organ etlerinde yüksek miktarda bulunan tiamin, glikoz metabolizmasında önemli rol oynayarak, beynin temel enerji kaynağını sağlar (Beyhan ve Taş, 2019). Tiaminden zengin besinler; tam tahıl ürünleri, et, kurubaklagiller ve yağlı tohumlardır (Whitfield vd., 2018). Tahıl, biftek, yağlı tohumlar ve maya gibi birçok besinden elde edilebilmesine rağmen parlatılmış pirinç, öğütülmüş buğday unu, süt, sebze ve meyveler gibi bazı yaygın besin grupları tiamin açısından fakirdirler (Eshak ve Arafa, 2018). Diğer taraftan yüksek ısı ve pH, tiamin üzerinde denatüre edici etki yaratmaktadır. Bu nedenle, pişirme, fırınlama, pastörizasyon ve gıdaların korunması, tiaminin bozulmasına neden olabilir (Eshak ve Arafa, 2018). Dünya çapındaki birçok popülasyon, kıtlık, düşük tiamin içeriğine sahip temel ürünlere güvenme veya tahıl öğütme, öğütülmüş pirincin yıkanması gibi gıda hazırlama uygulamaları nedeniyle klinik veya subklinik tiamin eksiklikleri riski altında olabilir (Whitfield vd., 2018). Tiaminin aynı zamanda çeşitli transmitterlerin sentezi için de gerekli olduğu ve eksikliğinde konfüzyon, mental değişiklikler, dengesizlikler ve hafıza kaybı görüldüğü bildirilmiştir (Beyhan ve Taş, 2019). Türkiye’ye Özgü Beslenme Rehberine göre 19-50 yaş erkek birey için tiamin gereksinimi 1,2 mg iken aynı yaş grubundaki kadınlar için bu rakam 1,1 mg olarak belirlenmiştir (TÜBER, 2015). Tiaminin fazla alınmasının herhangi bir yan etkisi bilinmemektedir ve tiamin için bir üst alım seviyesi belirlenmemiştir (Whitfield vd., 2018).

Çalışmamızda 100 gram haşlanmış makarna ve eriştede sindirim sonrası tiamin içeriği en yüksek ve düşük olan ürünler sırasıyla tam buğday unu makarnası (105,2±5,0 µg/100g) ve glutensiz makarna (11,8±0,5 µg/100g) olarak saptanmıştır. Saptanan ürünler TURKOMP’taki verilere kıyasla düşük bulunmuştur (TURKOMP, 2021). Çalışmamızdaki ürünlerin tiamin biyoerişilebilirliği %80,0±6,1 ile 99,8±7,6 arasında bulunmuştur. En düşük tiamin biyoerişilebilirliğinin yumurtalı eriştede olduğu saptanmıştır. En yüksek biyoerişilebilirliğin ise ıspanaklı makarnada olduğu gözlemlenmiştir. Ekmek çeşitlerindeki tiamin biyoerişilebilirliklerinin araştırıldığı bir makalede ise bu oranlar %45-73 arasında bulunmuştur. En yüksek biyoerişilebilirlik tam buğday ununda saptanırken, en düşük oran

ise yulaf ekmeğinde görülmüştür. Araştırmacı, düşük biyoerişilebilirliğin ürünlerin yüksek diyet lifinden kaynaklandığını belirtmiştir (Yaman, 2019). Akça ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada ise tahıl bazlı bebek mamalarındaki tiamin biyoerişilebilirliği incelemiş ve yazarlar farklı gastrik pH ortamlarında tiamin biyoerişilebilirliğinin etkilendiğini belirtmişlerdir, çalışmada en yüksek biyoerişilebilirlik pH 1,5’ da %82±2, pH 4’te ise %65±1 olarak saptanmıştır (Akça, Sargın, Mızrak ve Yaman, 2019). Mevcut çalışmamızda ise tiaminin biyoerişilebilirlik oranı %80,0±6,1 ila %99,8±7,6 arasında bulunmuştur. B₁ vitamininin stabilitesi ısı işlemler ve pH’tan etkilenmektedir (Yaman, 2019). Bilindiği gibi, pişirme ile nişasta ve protein sindirilebilirliği artmaktadır (Barampama ve Simard, 1995). Isıl işlem sonucu nişastanın jelatinizasyonu ve proteinin denaturasyonuna bağlı olarak besinlerin sindirilmesi daha kolay olmaktadır (Tamura, Singh, Kaur ve Ogawa, 2016). B grubu vitaminler polipeptitlere ve polisakaritlere bağlı olarak besinlerde bulunabilir (Yaman vd, 2021). Bu çalışmada makarnaların pişirilmesi sonucu nişasta ve proteinlerin yapısının bozulmasına bağlı olarak tiaminin daha kolay gastrointestinal sistemde serbest hale geldiği ve *in vitro* biyoerişilebilirliğinin bu nedenle yüksek olduğu düşünülmektedir.

4. Sonuç

Ülkemizde de sık tüketilen besinlerden olan makarna ve erişte çeşitlerinde bulunan tiaminin biyoerişilebilirliğinin incelendiği çalışmamızda en yüksek biyoerişilebilirlik ıspanaklı makarnadan elde edilmiştir. Tüm veriler değerlendirildiğinde ise makarna ve erişte türlerindeki tiamin biyoerişilebilirlikleri göreceli yüksek olmakla birlikte tiamin içeriklerinin nispeten düşük olduğu göz ardı edilmemeli ve bireylerin beslenmelerinde tiamin içeriği yüksek olan tam tahıl ürünlerine yer vermeye özen gösterilmesi gerektiği düşünülmüştür.

5. Teşekkür

İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesine desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

6. Kaynakça

Akça, S. N., Sargın, H. S., Mızrak, Ö. F., & Yaman, M. (2019). Determination and assessment of the bioaccessibility of vitamins B1, B2, and B3 in commercially available cereal-based baby foods. *Microchemical Journal*, 150(March), 104192. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104192>.

Barampama, Z., & Simard, R. E. (1995). Effects of soaking, cooking and fermentation on composition, in-vitro starch digestibility and nutritive value of common beans. *Plant Foods for Human Nutrition*, 48(4), 349-365.

Beyhan, Y., & Taş, V. (2019). Mental Sağlık ve Beslenme. *Zeugma Health Science*, 1(1), 30–35.

Duda, A., Adamczak, J., Chelminska, P., Juszkievicz, J., & Kowalczewski, P. (2019). Quality and nutritional/textural properties of durum wheat pasta enriched with cricket powder. *Foods*, 8(2), 1–10. <https://doi.org/10.3390/foods8020046>.

Eshak, E. S., & Arafat, A. E. (2018). Thiamine deficiency and cardiovascular disorders. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 28(10), 965–972. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2018.06.013>.

Kennedy, D. O. (2016). B vitamins and the brain: Mechanisms, dose and efficacy—A review. *Nutrients*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/nu8020068>.

Lee, S. J., Lee, S. Y., Chung, M. S., & Hur, S. J. (2016). Development of novel *in vitro* human digestion systems for screening the bioavailability and digestibility of foods. *Journal of Functional Foods*, 22, 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.01.005>.

Leporati, A., Catellani, D., Suman, M., Andreoli, R., Manini, P., & Niessen, W. M. A. (2005). Application of a liquid chromatography tandem mass spectrometry method to the analysis of water-soluble vitamins in Italian pasta. *Analytica Chimica Acta*, 531(1), 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2004.10.006>.

López-Gámez, G., Elez-Martínez, P., Martín-Belloso, O., & Soliva-Fortuny, R. (2021). Recent advances toward the application of non-thermal technologies in food processing: An insight on the bioaccessibility of health-related constituents in plant-based products. *Foods*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/foods10071538>.

Melini, V., Melini, F., & Acquistucci, R. (2020). Phenolic compounds and bioaccessibility thereof in functional pasta. *Antioxidants*, 9(4), 1–30. <https://doi.org/10.3390/antiox9040343>.

Muslu, A., Gider, S., Dereli, F., Yüksel, F. (2021). *Üniversite Öğrencilerinin Makarna Tüketim Alışkanlıklarını ve Bunu Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi*. 10(2), 273–281.

Ndaw, S., Bergaentzlé, M., Aoudé-Werner, D., & Hasselmann, C. (2000). Extraction procedures for the liquid chromatographic determination of thiamin, riboflavin and vitamin B6 in foodstuffs. *Food Chemistry*, 71(1), 129–138. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00135-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00135-7).

Schellack, G., Harirari, P., & Schellack, N. (2016). B-complex vitamin deficiency and supplementation. *SA Pharmaceutical Journal*, 83(4), 14–19.

Tamura, M., Singh, J., Kaur, L., & Ogawa, Y. (2016). Impact of the degree of cooking on starch digestibility of rice—An *in vitro* study. *Food Chemistry*, 191, 98-104.

TURKOMP. (2021). Türk besin kompozisyonu veri tabanı. <http://www.turkomp.gov.tr/food-132>. Erişim Tarihi: 30.10.2021.

TÜBER 2015. (2016). T.C. Sağlık Bakanlığı Yayın No: 1031, Ankara. Erişim Tarihi: 30.10.2021.

Whitfield, K. C., Bourassa, M. W., Adamolekun, B., Bergeron, G., Bettendorff, L., Brown, K. H., ... Combs, G. F. (2018). Thiamine deficiency disorders: diagnosis, prevalence, and a roadmap for global control programs. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1430, 3–43. <https://doi.org/10.1111/nyas.13919>.

Yaman, M. (2019). Farklı Ekmek Çeşitlerinde Doğal Olarak Bulunan Vitamin B1, B2 ve B6’nın *In vitro* Biyoerişilebilirliğinin İncelenmesi. *European Journal of Science and Technology*, (16), 758–764. <https://doi.org/10.31590/ejosat.593444>.

Yaman, M., Çatak, J., Uğur, H., Gürbüz, M., Belli, İ., Tanyıldız, S. N., ... Yıldız, M. C. (2021). The bioaccessibility of water-soluble vitamins: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 109(April 2020), 552–563. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.056>.



***In silico* Analysis of Ribosome-Inactivating Protein (Tritin) from Common Wheat Plants (*Triticum aestivum* L.)**

Serap Demirel^{1*}, Mustafa Usta², Abdullah Güller³

^{1*} Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetic, Van, Turkey, (ORCID: 0000-0002-3102-4924), serap_comart@hotmail.com

² Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Van, Turkey (ORCID: 0000-0002-3940-2774), mustafausta@yyu.edu.tr

³ Bingöl University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Bingöl, Turkey (ORCID: 0000-0003-3887-4208), aguller@bingol.edu.tr

(First received 10 November 2021 and in final form 3 January 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1021686)

ATIF/REFERENCE: Demirel, S., Usta, M. & Güller, A. (2022). *In silico* Analysis of Ribosome-Inactivating Protein (Tritin) from Common Wheat Plants (*Triticum aestivum* L.). *European Journal of Science and Technology*, (33), 79-87.

Abstract

Ribosome-inactivating proteins (RIPs) are one of the enzymes that inhibit protein synthesis after depurination of a specific adenine in ribosomal RNA. The tritin is one of type I RIPs that include RNA-N glycosidase domain from RIP family. In the present study, cDNA encoding tritin from leaves of wheat Kutluk-94 cultivar was isolated and cloned into pGEM-T Easy vector. The recombinant plasmid was sequenced. The different bioinformatics tools were used for assessment of tritin protein characteristics. A total of 38 tritin-like sequences were identified in some monocot plants. Results showed that tritin protein have conserved domain (Ricin-A) found in other RIPs associated with RNA N-glycosidase activity and shows changing homology to the RIPs in other plant species. According to multiple sequence alignment, tritin has conserved amino acids which are crucial role in RNA N-glycosidase activity. Our study illustrates that results obtained from *in silico* analyses could provide a perspective to another researcher about molecular and structural properties of tritin protein.

Keywords: Ribosome-inactivating protein, Tritin, cDNA

Ekmeklik Buğday Bitkisinden Ribozom İnaktivite Eden Proteinin (*Tritin*) *in Silico* Analizi

Öz

Ribozom inaktive eden proteinler (RIP'ler) ribozomal RNA'da spesifik bir adeninin depürasyonundan sonra protein sentezini baskıyan enzimlerdir. Tritin RIP ailesinden RNA-N glikosidaz domainine sahip tip I RIP'lerden biridir. Mevcut çalışmada Kutluk-94 buğday çeşidinin yapraklarından tritini kodlayan cDNA izole edildi ve pGEM-T Easy vektöre klonlandı. Recombinant plazmid sekanslandı. Farklı biyoinformatik araçlar tritin proteininin özelliklerinin değerlendirilmesi için kullanıldı. Bazı monokotil bitkilerde toplamda 38 tritin benzeri sekans tespit edildi. Sonuçlar tritin proteininin diğer RIP'lerde bulunan RNA N-glikozidaz aktivitesi ile ilişkili korunmuş domaine (Ricin-A) sahip olduğunu ortaya koydu. Çoklu sekans hizalamaya analizi tritinin RNA N-glikozidaz aktivitesinde hayati rol oynayan korunmuş amino asitlere sahip olduğunu göstermiştir. Bizim çalışmamızda *in silico* analizlerden elde edilen sonuçlar tritin proteinin moleküler ve yapısal özellikleri hakkında diğer araştırmacılara bilgi sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Ribozom inaktive eden protein, Tritin, cDNA

* Corresponding Author: serap_comart@hotmail.com

1. Introduction

Fungi, bacteria and viruses are disease agents that affect the biochemical, physical, and genetic mechanisms of plants and cause changes in properties such as biomass, yield, and quality in plants worldwide. Valuable compounds synthesized by plants with their specific metabolic pathways are used in the prevention and treatment of disease caused by microorganisms (Calixto, 2000). Among these, ribosome-inactivating proteins or antiviral proteins obtained from plants have worked intensively because they provide resistance to diseases (Huang et al., 2008). RIPs are enzymes that irreversibly inhibit protein translation by depurination of rRNA. Though RIP genes are found in bacteria, fungi, and, even some insects, these genes seem to be more common in plants (Peumans et al., 2010; Peumans et al., 2014). RIPs are also found in 17 different plant families (Girbes et al., 2004; Stripe, 2004). Most of the RIPs are more common in families such as *Cucurbitaceae*, *Poaceae*, *Caryophyllaceae*, *Euphorbiaceae*, *Sambucaceae* and *Phytolaccaceae* (Girbes et al., 2004; Domashevskiy and Goss, 2015; Shang et al., 2016). Some researchers have revealed that RIPs are also widely found in fungal species such as *Hypsizigus marmoreus*, *Lyophyllum shimeji* and *Volvariella volvacea* (Yao et al., 1998; Lam and Ng, 2001a; Lam and Ng, 2001b). Liu et al., (2002) revealed the presence of RIP proteins in the algae *Laminaria japonica* A, while Lapadula and Ayub (2017) and Lapadula et al., (2013) revealed the available of different RIP genes in the genome of two mosquitoes.

The RIPs discovered so far are classified based on their physical properties which are named Type I, II, and III (Virgilio et al., 2010). Type I RIPs are proteins with a single polypeptide domain of approximately 30 kDa molecular weight with N-glycosidase activity (Stripe, 2004) (Figure 1). The firstly type I RIP identified was obtained from American pokeweed and then, named as pokeweed antiviral protein (PAP) (Dallal and Irvin, 1987). A huge number of type I RIPs were isolated from plant families such as *Cucurbitaceae*, *Euphorbiaceae*, and *Fabaceae*. Type II RIPs, fairly toxic heterodimeric proteins are composed of two polypeptide subunits (A and B chains) (Figure 1). The A-chain is associated with RNA N-glycosidase activity, while the B-chain is a lectin-like peptide that transports it from the plasma membrane to the entrance of the A chain (Stripe, 2004; Olsnes and Pihl, 1973a, b). Type-2 RIPs are classified into two groups as toxic and non-toxic. Although several Type-2 RIPs like abrin, ricin, modeccin, viscumin and volkensin exhibit highly toxic properties, Type-2 RIPs like nigrin, iris lectin, cinnamomin and ebulin are not toxic (Zhu et al., 2018). Type-3 RIPs are inactive precursor polypeptides (Mundy et al., 1994). Type-3 RIPs with a molecular weight of approximately 60 kDa are less common than other Type-1 and Type-2 RIPs (Peumans et al., 2001). Type III RIPs have an N-terminal domain associated with the A domain of the RIPs and a C-terminal domain of the unknown function (Nielsen and Boston, 2001; Hey et al., 1995) (Figure 1). When the C terminal domain from Type III RIPs is removed, they exhibit similar characteristics to Type 1 RIPs in terms of enzymatic activity and charge (Krawetz and Boston, 2000).

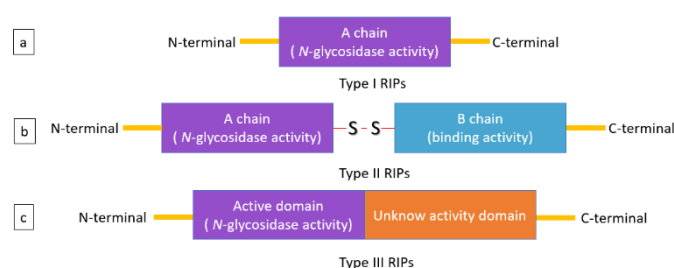


Figure 1. Diagrammatic representation of the structure of different of RIP types (Modified from Zhu et al., 2018)

RIPs have quite different enzymatic properties like N-glycosidase activity, DNase activity, lipase activity, chitinase activity (Endo et al., 1987; Shih et al., 1997; Lombard et al., 2001; Ruggiero et al., 2007). Due to these properties, RIPs exhibit various biological functions such as, antiviral, antibacterial and antifungal (Stripe ve Battelli, 2006; Shu et al., 2009). Vivanco et al. (1999) reported that ME1 and ME2 RIPs obtained from *Mirabilis expansa* roots showed antibacterial activity against *Agrobacterium radiobacter*, *Agrobacterium tumefaciens* and *Pseudomonas syringea*. Researchers showed that several RIPs purified or isolated from plants such as *Nicotina tabaccum*, *Cucurbita moschata*, *Momardica balsamina*, *Mirabilis jalapa* have antibacterial activity (Sharma et al., 2004; Barbieri et al., 2006; Aji et al., 2016; Rumiyati et al., 2014). RIPs have the potential to be used as plant defense agents against several fungal pathogens. TRIP (tabbacco RIP) was exhibited antifungal activity against different fungi pathogens involving *Fusarium oxysporum*, *Cochliobolus heterostrophus*, *Cytospora canker* and *Trichoderma reesei* (Sharma et al., 2004). MBRIP-1, diocin 2, luffacylin, alpha-momorcharin, and curcin 2 displayed antifungal activity against to several fungal pathogens by inhibiting their growth (Parkash et al., 2002, Zhu et al., 2013, Wang et al., 2012, Iglesias et al., 2016, Huang et al., 2007). A large number of studies have been indicated that RIPs have insecticidal activity against several insects including Coleoptera, Diptera, and Lepidoptera (Wei et al., 2004, Kumar et al., 1993, Shahidi-Noghabi et al, 2008). Bertholdo-Vargas et al. (2009) signified that various type I RIPs reduce fecundity and survival when added to the diets of *Spodoptera frugiperda* and *Anticarsia gemmatilis* Hübner. Various RIPs of *Malus domestica* Borkh showed a highly aphicidal effect by reducing nymphal survival of *Myzus nicotianae* Blackman (Hamshou et al., 2016). There is a lot of literature on the antiviral properties of ribosome-inactivating proteins against plant and animal viruses. PAP was the first RIP shown to reduce *Tobacco mosaic virus* (TMV) infection by suppressing protein synthesis (Duggar and Armstrong, 1925; Dallal and Irvin, 1978). The external application of PAP increased systemic resistance to TMV infection in *N. benthamiana* (Zhu et al., 2016). Moreover, Sipahioğlu et al. (2017) demonstrated that PAP-I reduced the infection of *Zucchini yellow mosaic virus* in zucchini plants depending on its concentration. Choudhary et al. (2008) stated that BBAP1 obtained from *Bougainvillea xbuttiana* provided high resistance against TMV with N-glycosidase activity. Güller et al., (2018) reported that recombinant bouganin antiviral protein (BAP) from *Bougainvillea spectabilis* Willd reduced the severity of disease caused by ZYMV. Chen et al. (1991) found that 4 micrograms of PAP completely inhibited TMV infection in tobacco plants. Praveen et al., (2001) showed that single resistance inducing protein (Crip-31) from *Clerodendrum inerme* protected tobacco plants against RNA viruses such as *Cucumber*

mosaic virus (CMV), Potato virus Y (PVY), and TMV and inhibited more than 80% of the virus. The antiviral protein 2 (PIP2) of *P. insularis* plant has been displayed antiviral activity against TMV (Song et al., 2000). Zhu et al. (2013) revealed that α -MMC exhibits broad-spectrum antiviral activity against phytopathogenic viruses, including CMV, Turnip mosaic virus (TuMV), Chilli veinal mottle virus (ChiVMV) and TMV, and that α -MMC can activate systemic resistance against multiple virus infections.

There is no study about the tritin gene showing RIP function in Turkey. Therefore, in this study, we isolated tritin gene specific mRNA from *T. aestivum* cultivar Kutluk-94 and performed its molecular characterization and bioinformatics analysis.

2. Material and Methods

2.1. Plant Material and RNA Extraction

Kutluk-94 wheat cultivar seeds obtained from Eskişehir Transitional Zone Agricultural Research Institute were grown in the climate room of Department of Plant Protection of Van Yuzuncu Yil University. Fresh leaves were thoroughly ground and total RNA extraction from leaves was carried out according to the method reported by Foissac et al., (2001).

2.2. Amplification of Tritin Gene and Molecular Cloning

The cDNA synthesis was performed according to manufacture of a commercial kit (RevertAid First Strand cDNA kit, Vilnius, Thermo-Fermentas) using total RNA. The gene specific primers were designed based on the RIP gene sequences in the GenBank, NCBI (D13795.1) using SnapGene 5.1.7 software. Tritin-*EcoRI* F-5' CAGTGAATTTCGATGGCGAAGAACGTGGACAA-3' and Tritin-*PstI* R-5' CAGTCTGCAGCTATTTCCCCCCCCACTCTTATGA-3' primers were used for amplification of complete tritin gene. A total volume of 25 μ l of PCR mixture contained; 0.5 μ l of each primer (100 pmol), 2.5 μ l of 10X reaction buffer, 0.5 μ l of dNTPs (10 mM each), 1.5 μ l of MgCl₂ (25 mM), 1.3 μ l of cDNA, 0.2 μ l of Thermo Taq DNA polymerase, and 18 μ l of Nuclease free water. PCR reaction was carried out with the following cycling parameters: one cycle of pre-denaturation at for 95 for 2 min, 37 cycles of denaturation at 95 °C for 30 sec, annealing at 68 °C for 30 sec, and extension at 72 °C for 1 min with one cycle of a final extension at 72 °C for 5 min. PCR products were run to electrophoresis in 1% (w/v) agarose gel, expected DNA amplicons were cut and purified with GeneJet agarose gel extraction kit (Cat. No. K0691, Thermo). The purified DNA fragments were cloned into pGEM-T Easy vector (Promega, USA). Selected recombinant plasmids containing tritin gene from white bacterial colonies were purified by GeneJet Plasmid Miniprep Kit (Cat. No. K0503, Thermo), then sequenced and analyzed.

2.3. In silico Analyses

The tritin gene sequence isolated from the Kutluk-94 wheat cultivar was investigated in the BLASTn database. ExPASy's ProtParam online server used to detect amino acid content, charged residue, and molecular weight of Kutluk-94 tritin protein (<http://us.expasy.org/tools/protparam.html>) (Gasteiger et al., 2005). Various RIP gene sequences from wheat (*Triticum*

aestivum), maize (*Zea mays*), barley (*Hordeum vulgare*), fat hen (*Chenopodium album*), great bougainvillea (*Bougainvillea spectabilis*), pokeweed (*Phytolacca insularis*), bitter melon (*Momordica charantia*) and edible amaranth (*Amaranthus tricolor*) were retrieved from NCBI. Using conserved domain architecture retrieval tool (CDART) (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Structure/lexington/docs/cdart_about.html), identification of conserved domains within RIPs was carried out. After the tritin gene sequence (D13795.1) from NCBI database was referenced for the BLASTn search, the presence of tritin genes in barley (*H. vulgare* r1), maize (*Z. mays* PHJ40 v1.2), purple false brome (*B. distachyon* v3.1), intermediate wheatgrass (*T. intermedium* v2.1), resurrection grass (*O. thomaeum* v1.0), yellowwood (*P. latifolius* v1.1), and rice (*O. sativa* v7.0) genomes was screened using the Phytosome v13 database (<https://phytozome-next.jgi.doe.gov/>). Multiple sequence alignment of different RIPs was performed using the PARALINE Multiple Sequence Alignment (www.ibi.vu.nl). The gene structure of RIP genes was searched using Gene Structure Display Server (GSDS) (<http://gsds.cbi.pku.edu.cn/>). Phylogenetic analysis of the RIP sequences was performed with Molecular Evolutionary Genetic Analysis (MEGA) software Version 6 by using the UPGMA method.

3. Results and Discussion

The RT-PCR result showed that only one specific DNA band of ~830 bp in length was illustrated in 1% agarose gel electrophoresis (Figure 2). After tritin gene cloning in the pGEM-T-Easy vector, purified recombinant plasmids were bidirectional sequenced. According to the BLASTn result, our tritin sequence showed that tritin gene of size 834 bp shared 94 % identity with tritin sequence of *T. aestivum* from NCBI (D13795.1) (Figure 3). Tritin gene of Kutluk-94 wheat cultivar (K-tritin) has 6 bp nucleotide insertion with GACGGT not found in other tritin sequences. The tritin gene was translated into amino acid sequence and has an initiation amino acid methionine (ATG), and terminated by lysine amino acid (AAA). The K-tritin gene compose of a complete open reading frame and one exon. In BLASTn, tested nucleotide sequence showed 99.40% homology with XM037580949.1, and 93.91% homology with XM037588235.1 and AK330997.1.

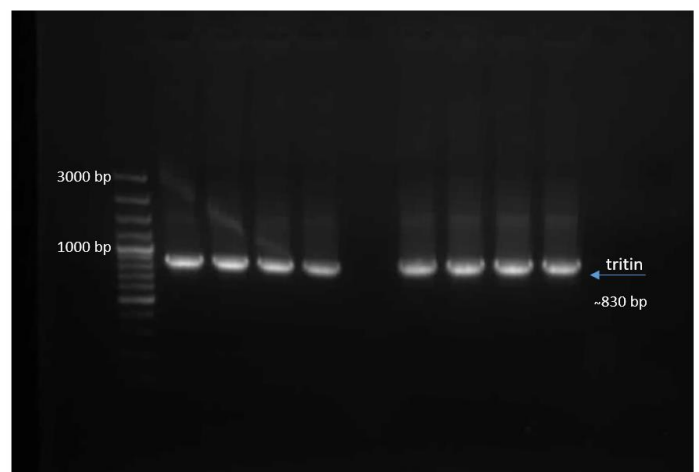


Figure 2. Agarose gel image after PCR amplification of the tritin gene

The amino acid composition of K-tritin as analyzed by the ProtParam online tool was determined to be: mainly 28 Leu

(10.1%), 27 Ala (9.7%), 26 Thr (9.4%), 25 Gly (9%), and 20 Lys (7.2%). The total number of negatively charged residues (Asp + Glu) and of positively charged residues (Arg + Lys) of K-Tritin were 22 and 32, respectively. The molecular weight of the protein was predicted to be approximately 29.9 kDa. Habuka et al., (1993) illustrated that native and recombinant tritin protein was approximately 30 kDa consistent with our result calculated by ProtPram.

Analyses of the conserved region using the CDART online tool revealed that K-tritin shared similar conserved domains with other RIPs. As result CDART, RIP of *Amaranthus tricolor* has not conserved domain. Also, the RIP of *M. charantia* possesses the Ricin-B lectin domain aside from the RIP domain (Figure 4).

T. aestivum tritin gene sequence was used for Blast search in the Phytozome database to detect the presence of tritin protein in other monocot genomes. The numbers of identified tritin-like sequences varied from 1 in *Pharus latifolius* to 18 in *Thinopyrum intermedium*. When compared to other species, *T. intermedium* has a higher sequence similarity with 95% in terms of tritin sequence. In most cases, it was determined that the similarity in tritin sequences of other monocot species ranges from %66 to %95 (Table 1).

Score	Expect	Identities	Gaps	Strand
1247 bits(675)	0.0	784/837(94%)	6/837(0%)	Plus/Plus
Query 59	AGATGGCGAAGAACGTGGACAAGCCGCTCTTCAACATCCAGAGCAGCT	118		
Sbjct 990	AGATGGCGAAGAACGTGGACAAGCCGCTCTTCAACATCCAGAGCAGCT	1049		
Query 119	CTGCCGACTACGTCACTTTCATCAGCCGATCCGCAACAGCTCCGCAACCCGGGCACT	178		
Sbjct 1050	CTGCCGACTATGTCACTTTCATCAACGGCATCCGCAACAGCTCCGCAACCCGGGCACT	1109		
Query 179	CCTCCCAACCCGCGCCGCTGCTCAGCCGATCGAGCCCAAGCTCCCGCCGAGCAGGTGGT	238		
Sbjct 1110	CCTCCCAACCCGCGCCGCTGCTCAGCCGATCGAGCCCAAGCTCCCGCCGAGCAGGTGGT	1169		
Query 239	TCCACATCGTGTCAAGACATCCGCGGCAAGCAGAGGCTCACACTTCGCAACCCGCGCCG	298		
Sbjct 1170	TCCACATCGTGTCAAGACATCCGCGGCAAGCAGAGGCTCACACTTCGCAACCCGCGCCG	1229		
Query 299	ACAACCTCTACTGGAGGGCTTCAAGGACGACGACGGCACTTGGTGGAGCTCACCCCAAG	358		
Sbjct 1230	ACAACCTCTACTGGAGGGCTTCAAGGACGACGACGGCACTTGGTGGAGCTCACCCCAAG	1289		
Query 359	GCCTTATCCCGGCTGCACTATGTGGGTTCCGCGGCACTACCCGCGACCTTCTCGGCG	418		
Sbjct 1290	GCCTTATCCCGGCTGCACTATGTGGGTTCCGCGGCACTACCCGCGACCTTCTCGGCG	1349		
Query 419	ACACCGCAAGCTGACCAACGTTGCCCTCGGCGGCGAGCAGATGGCCGACGCGGTGACTG	478		
Sbjct 1350	ACACCGCAAGCTGACCAACGTTGCCCTCGGCGGCGAGCAGATGGCCGACGCGGTGACTG	1409		
Query 479	CGCTCTACGGGCGCAACAGGCGCAAGACCTCCGGCCGAAGCAGCAGCAGGCGAGGG	538		
Sbjct 1410	CGCTCTACGGGCGCAACAGGCGCAAGACCTCCGGCCGAAGCAGCAGCAGGCGAGGG	1469		
Query 539	AGGCGGTGACGATGCTGCTCCCATGGTGCACGAGGCGCACGGGTTCCAGACCGTGTGCG	598		
Sbjct 1470	AGGCGGTGACGATGCTGCTCCCATGGTGCACGAGGCGCACGGGTTCCAGACCGTGTGCG	1529		
Query 599	GGTTCGTGGCTGGCTGCTGCAACCCCAACGCTGGAGAAAGAGCGGGAAAGATCTCCA	658		
Sbjct 1530	GGTTCGTGGCTGGAGTGTGCAACCCCAACGCTGGAGAAAGAGCGGGAAAGATCTCCA	1583		
Query 659	ACGAGCTAAAGGCCAGGTGAACGGGTGGCAGGACCTGTCCGAAGCGCTGCTGAAGACGG	718		
Sbjct 1584	ATGAGATGAAGGCCAGGTGAACGGGTGGCAGGACCTGTCCGAAGCGCTGCTGAAGACGG	1643		
Query 719	ATGCGAAGCCCGGCGGGAAAGCCGCGAGCAAGTTCACGCCGGTGGAGAAAGTGGGTTG	778		
Sbjct 1644	ATGCGAAGCCCGGCGGGAAAGCCGCGAGCAAGTTCACGCCGGTGGAGAAAGTGGGTTG	1703		
Query 779	TGAGGACGGCGGAGCAGGCGCCGCGCACCCTGGGATCCTGCTGTTCCAGGTGCCCC	838		
Sbjct 1704	TGAGGACGGCGGAGCAGGCGCCGCGCACCCTGGGATCCTGCTGTTCCAGGTGCCCC	1763		
Query 839	GTGGGATGACGGTGCAGCCGCTGGAGCTGTTTATAAGAGTGGGGGAAATAGG	895		
Sbjct 1764	GTGGGATGACGGTGCAGCCGCTGGAGCTGTTTATAAGAGTGGGGGAAATAGG	1820		

Figure 3. The cDNA sequence of ORF encoding K-tritin and comparison with tritin cDNA (D13795.1). Red box is shown 6 bp insertion in K-Tritin.

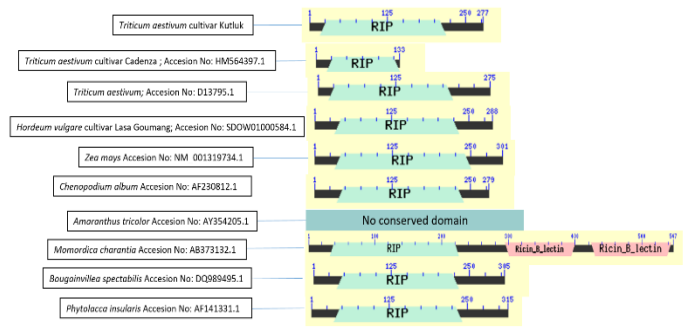


Figure 4. Conserved domains of tritin protein and different Type I RIP

The result of multiple sequence alignment of RIPs showed that K-tritin amino acid sequences were highly similar to amino acid sequences of HM564397.1, D13795.1, SDOW1000584.1, and NM_001319734.1 from NCBI. Although the amino acid sequence of K-tritin is mostly not similar to other RIPs, all RIPs appear to have conserved amino acids such as 33F (phenylalanine), 44Y (tyrosine), 52R (arginine), 105T (threonine), and 182G (glycine). Habuka et al., (1990) illustrated that Tyr-83, Tyr-114, Glu-171, Arg-174, and Trp-207 have an important role in RNA N-glycosidase activity. These sequences conserved in cereals are shown with red-dashes boxes in Figure 5. Fabbri et al. (2017) revealed that these amino acids, which are important for catalytic activity, conserved in several RIPs including momarcharin, bouganin, and PAP.

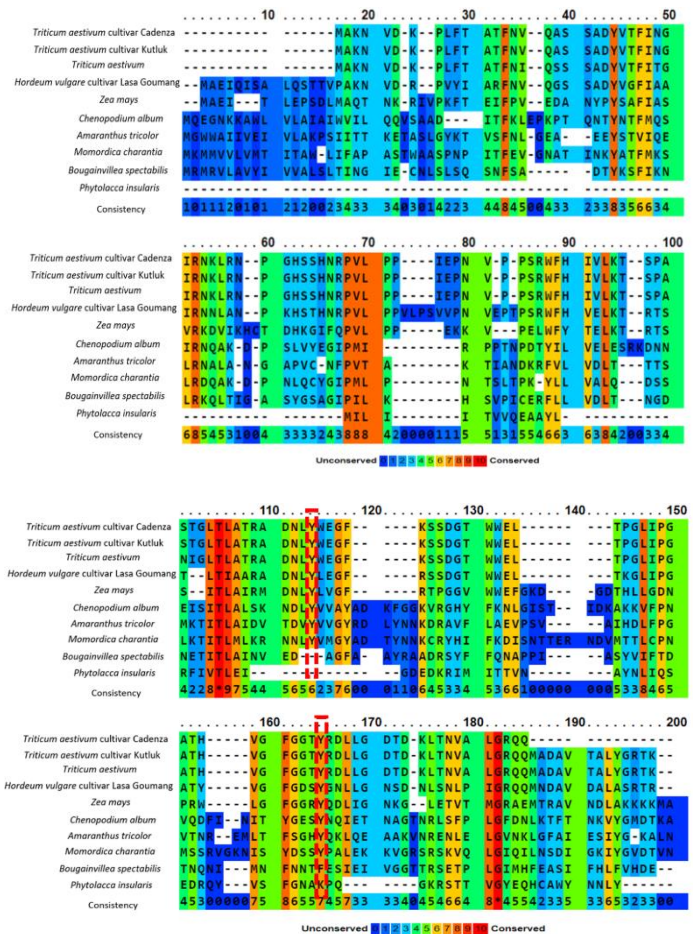




Figure 5. Multiple sequence alignment of amino acid sequences of K-tritin and other RIPs. Red-dashes boxes emphasize active site residues identified for RIPs.

Gene structure of K-tritin and other RIPs evaluated in the current study are shown in Figure 6. According to the Gene Structure Display Server (GSDS) results, there are no introns in the RIPs studied. In addition, the length of the regions encoding the gene and of the upstream/downstream regions vary. Juan et al., (2003) reported that introns were typically an absence of other RIP genes. In our study, K-tritin sequence was not contained introns as previously reported by Habuka et al. (1993).

Table 1. Genomic features and number of sequences matching with tritin (D11) in several monocots by Phytozome v13.

Species	Location	% Identity	Align length	Strands	Target from	Target to
<i>T. intermedium</i>	Chr13	95	834	+/+	366240105	366240938
<i>T. intermedium</i>	Chr13	95	423	+/+	366216808	366217230
<i>T. intermedium</i>	Chr13	75	780	+/-	366230752	366229980
<i>T. intermedium</i>	Chr15	94	834	+/-	532821575	532820742
<i>T. intermedium</i>	Chr15	93	841	+/-	532793866	532793026
<i>T. intermedium</i>	Chr15	94	834	+/-	532871995	532871162
<i>T. intermedium</i>	Chr15	75	830	+/+	532817443	532818263
<i>T. intermedium</i>	Chr15	75	830	+/+	532859901	532860721
<i>T. intermedium</i>	Chr15	84	540	+/+	38126972	38127496
<i>T. intermedium</i>	Chr15	74	463	+/+	532866572	532867034
<i>T. intermedium</i>	Chr15	85	463	+/+	38126595	38126866
<i>T. intermedium</i>	Chr14	91	745	+/+	418899390	418900134
<i>T. intermedium</i>	Chr14	79	639	+/-	418858760	418858138
<i>T. intermedium</i>	Chr14	80	135	+/-	418858056	418857923
<i>T. intermedium</i>	Chr14	88	49	+/+	418900137	418900185
<i>T. intermedium</i>	Chr10	69	160	+/+	273127	273274
<i>T. intermedium</i>	Chr10	69	160	+/-	488147635	488147488
<i>T. intermedium</i>	Chr18	70	133	+/+	3206638	3206758
<i>Hordeum vulgare</i>	Chr5	93	834	+/-	639842331	639841498
<i>Hordeum vulgare</i>	Chr5	92	824	+/-	639669885	639669062
<i>Hordeum vulgare</i>	Chr5	91	834	+/+	639808272	639809105
<i>Hordeum vulgare</i>	Chr5	78	844	+/-	624751436	624750614
<i>Hordeum vulgare</i>	Chr5	87	60	+/-	624738336	624738277
<i>Hordeum vulgare</i>	Chr7	92	834	+/+	226285329	226286162
<i>Hordeum vulgare</i>	Chr7	94	47	+/+	226288493	226288539
<i>O. sativa</i>	Chr1	75	813	+/+	3445453	3446243
<i>O. sativa</i>	Chr1	75	651	+/-	3190245	3189607
<i>O. sativa</i>	Chr1	76	106	+/+	33237162	33237264
<i>O. sativa</i>	Chr1	80	71	+/-	3189485	3189415
<i>O. sativa</i>	Chr1	77	86	+/-	3204581	3204499
<i>O. sativa</i>	Chr12	74	239	+/+	21200708	21200943
<i>B. distachyon</i>	Chr1	74	823	+/-	63158569	63157761
<i>Zea mays</i>	Chr8	67	244	+/-	97176845	97176614
<i>Zea mays</i>	Chr7	69	159	+/+	146829487	146829633
<i>O. thomaeum</i>	Chr2	75	97	+/-	19816	19724
<i>O. thomaeum</i>	Chr2	80	51	+/+	41372	41422
<i>O. thomaeum</i>	Chr2	70	142	+/-	33414	33286
<i>P. latifolius</i>	Chr5	66	587	+/+	68707497	68708047

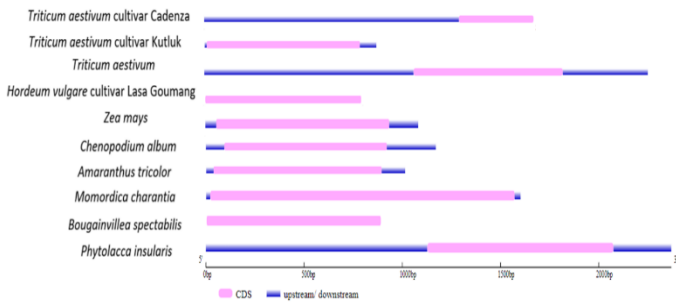


Figure 6. Structure of several RIP genes

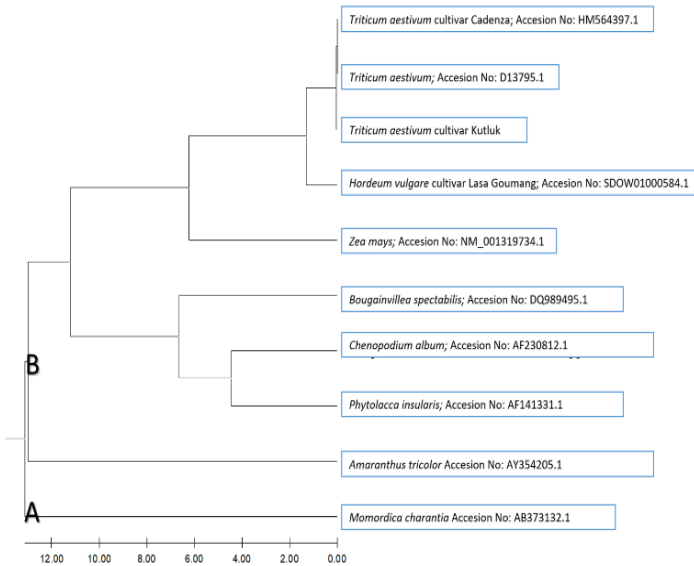


Figure 7. Phylogenetic tree revealing the relationship of K-tritin to different RIPs by Neighbor-joining method

The phylogenetic tree revealed that K-tritin and other tritin (HM564397.1, D13795.1, SDOW01000584.1) were grouped together (Figure 7). The phylogenetic tree is divided into two main groups, A and B. Type I RIPs clustered to B group, whereas type II RIP from *M. charantia* is assigned to A group. Girbes et al., (2004) reported that almost 36 plant RIP genes have been characterized and their protein sequences are present, but there is very little information about genome structure and organization for RIPs of these species.

4. Conclusion

Recently, studies on RIPs have increased due to their potential use in treatment of diseases such as cancer (Allahyari et al., 2017), AIDS (Hogan et al., 2018), and autoimmune diseases (Benitez et al., 2005). RIPs have been used in plant defense due to antifungal, antiviral, and antibacterial activities (Madin et al 2000, 8; Donayre Torres et al 2009, Abbas 2007, Kim et al., 2003, Güller et al., 2016). In this study, the sequence of K-tritin was evaluated using different bioinformatics tools and compared with several RIPs. Although the biological, molecular, and structural properties of many RIPs have been reported previously, the literature on tritin is very limited. Therefore, the outputs of the present study contribute to this inadequacy in the literature.

References

- Abbas, S. (2007). Cloning and expression of cDNA *encoding ribosome inactivating proteins* (Doctoral dissertation, UAS, Dharwad).
- Ajji, P. K., Walder, K., & Puri, M. (2016). Functional analysis of a type-I ribosome inactivating protein balsamin from *Momordica balsamina* with anti-microbial and DNase activity. *Plant foods for human nutrition*, 71(3), 265-271.
- Allahyari, H., Heidari, S., Ghamgosha, M., Saffarian, P., & Amani, J. (2017). Immunotoxin: A new tool for cancer therapy. *Tumor Biology*, 39(2), 1010428317692226.
- Barbieri, L., Polito, L., Bolognesi, A., Ciani, M., Pelosi, E., Farini, V., ... & Stirpe, F. (2006). Ribosome-inactivating proteins in edible plants and purification and characterization of a new ribosome-inactivating protein from *Cucurbita moschata*. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1760(5), 783-792.
- Benítez, J., Ferreras, J. M., Muñoz, R., Arias, Y., Iglesias, R., Córdoba-Díaz, M., ... & Girbés, T. (2005). Cytotoxicity of an ebulin I-anti-human CD105 immunotoxin on mouse fibroblasts (L929) and rat myoblasts (L6E9) cells expressing human CD105. *Medicinal Chemistry*, 1(1), 65-71.
- Bertholdo-Vargas, L. R., Martins, J. N., Bordin, D., Salvador, M., Schafer, A. E., de Barros, N. M., ... & Carlini, C. R. (2009). Type 1 ribosome-inactivating proteins—Entomotoxic, oxidative and genotoxic action on *Anticarsia gemmatilis* (Hübner) and *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Insect Physiology*, 55(1), 51-58.
- Calixto, J. B. (2000). Efficacy, safety, quality control, marketing and regulatory guidelines for herbal medicines (phytotherapeutic agents). *Brazilian Journal of medical and Biological research*, 33(2), 179-189.
- Chen, Z. C., White, R. F., Antoniw, J. F., & Lin, Q. (1991). Effect of pokeweed antiviral protein (PAP) on the infection of plant viruses. *Plant Pathology*, 40(4), 612-620.
- Choudhary, N., Kapoor, H. C., & Lodha, M. L. (2008). Cloning and expression of antiviral/ribosome-inactivating protein from *Bougainvillea x buttiana*. *Journal of biosciences*, 33(1), 91-101.
- Dallal, J. A., & Irvin, J. D. (1978). Enzymatic inactivation of eukaryotic ribosomes by the pokeweed antiviral protein. *FEBS letters*, 89(2), 257-259.
- Virgilio, M. D., Lombardi, A., Caliandro, R., & Fabbrini, M. S. (2010). Ribosome-inactivating proteins: from plant defense to tumor attack. *Toxins*, 2(11), 2699-2737.
- Domashevskiy, A. V., & Goss, D. J. (2015). Pokeweed antiviral protein, a ribosome inactivating protein: activity, inhibition and prospects. *Toxins*, 7(2), 274-298.
- Donayre-Torres, A. J., Esquivel-Soto, E., Gutiérrez-Xicoténcatl, M. D., Esquivel-Guadarrama, F. R., & Gómez-Lim, M. A. (2009). Production and purification of immunologically active core protein p24 from HIV-1 fused to ricin toxin B subunit in *E. coli*. *Virology Journal*, 6(1), 1-11.
- Duggar, B. M., & Armstrong, J. K. (1925). The effect of treating the virus of tobacco mosaic with the juices of various plants. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 12(4), 359-366.
- Endo, Y., Mitsui, K., Motizuki, M., & Tsurugi, K. (1987). The mechanism of action of ricin and related toxic lectins on eukaryotic ribosomes. The site and the characteristics of the

- modification in 28 S ribosomal RNA caused by the toxins. *Journal of Biological Chemistry*, 262(12), 5908-5912.
- Fabbrini, M. S., Katayama, M., Nakase, I., & Vago, R. (2017). Plant ribosome-inactivating proteins: Progresses, challenges and biotechnological applications (and a few digressions). *Toxins*, 9(10), 314.
- Foissac, X., L. Savalle-Dumas, P. Gentit, M.J. Dulucq and T. Candresse. 2001. Polyvalent detection of fruit tree Tricho, Capillo and Faveaviruses by nested RT-PCR using degenerated and inosine containing primers (PDO RT-PCR). *Acta Horticulturae*, 357, 52-59.
- Gasteiger, E., Hoogland, C., Gattiker, A., Wilkins, M. R., Appel, R. D., & Bairoch, A. (2005). Protein identification and analysis tools on the ExPASy server. *The proteomics protocols handbook*, 571-607.
- Girbés, T., Ferreras, J. M., Arias, F. J., & Stirpe, F. (2004). Description, distribution, activity and phylogenetic relationship of ribosome-inactivating proteins in plants, fungi and bacteria. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 4(5), 461-476.
- Güller, A., Sipahioğlu, H. M., Usta, M., & Durak, E. D. (2018). Antiviral and Antifungal Activity of Biologically Active Recombinant Bouganin Protein from *Bougainvillea spectabilis* Willd. *Journal of Agricultural Sciences*, 24(2), 227-237.
- Habuka, N., Akiyama, K., Tsuge, H., Miyano, M., Matsumoto, T., & Noma, M. (1990). Expression and secretion of Mirabilis antiviral protein in *Escherichia coli* and its inhibition of in vitro eukaryotic and prokaryotic protein synthesis. *Journal of Biological Chemistry*, 265(19), 10988-10992.
- Habuka, N., Kataoka, J., Miyano, M., Tsuge, H., Ago, H., & Noma, M. (1993). Nucleotide sequence of a genomic gene encoding tritin, a ribosome-inactivating protein from *Triticum aestivum*. *Plant molecular biology*, 22(1), 171-176.
- Hamshou, M., Shang, C., Smagghe, G., & Van Damme, E. J. (2016). Ribosome-inactivating proteins from apple have strong aphicidal activity in artificial diet and in planta. *Crop Protection*, 87, 19-24.
- Hey, T. D., Hartley, M., & Walsh, T. A. (1995). Maize ribosome-inactivating protein (b-32) (homologs in related species, effects on maize ribosomes, and modulation of activity by pro-peptide deletions). *Plant physiology*, 107(4), 1323-1332.
- Hogan, L. E., Vasquez, J., Hobbs, K. S., Hanhauser, E., Aguilar-Rodriguez, B., Hussien, R., ... & Henrich, T. J. (2018). Increased HIV-1 transcriptional activity and infectious burden in peripheral blood and gut-associated CD4+ T cells expressing CD30. *PLoS pathogens*, 14(2), e1006856.
- Huang, M. X., Hou, P., Wei, Q., Xu, Y., & Chen, F. (2008). A ribosome-inactivating protein (curcin 2) induced from *Jatropha curcas* can reduce viral and fungal infection in transgenic tobacco. *Plant Growth Regulation*, 54(2), 115-123.
- Iglesias, R., Citores, L., Ragucci, S., Russo, R., Di Maro, A., & Ferreras, J. M. (2016). Biological and antipathogenic activities of ribosome-inactivating proteins from *Phytolacca dioica* L. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1860(6), 1256-1264.
- Kim, J. K., Jang, I. C., Wu, R., Zuo, W. N., Boston, R. S., Lee, Y. H., ... & Nahm, B. H. (2003). Co-expression of a modified maize ribosome-inactivating protein and a rice basic chitinase gene in transgenic rice plants confers enhanced resistance to sheath blight. *Transgenic Research*, 12(4), 475-484.
- Krawetz, J. E., & Boston, R. S. (2000). Substrate specificity of a maize ribosome-inactivating protein differs across diverse taxa. *European Journal of Biochemistry*, 267(7), 1966-1974.
- Kumar, M. A., Timm, D. E., Neet, K. E., Owen, W. G., Peumans, W. J., & Rao, A. G. (1993). Characterization of the lectin from the bulbs of *Eranthis hyemalis* (winter aconite) as an inhibitor of protein synthesis. *Journal of Biological Chemistry*, 268(33), 25176-25183.
- Lam, S. K., & Ng, T. B. (2001a). First simultaneous isolation of a ribosome inactivating protein and an antifungal protein from a mushroom (*Lyophyllum shimeji*) together with evidence for synergism of their antifungal effects. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 393(2), 271-280.
- Lam, S. K., & Ng, T. B. (2001b). Hypsin, a novel thermostable ribosome-inactivating protein with antifungal and antiproliferative activities from fruiting bodies of the edible mushroom *Hypsizigus marmoreus*. *Biochemical and biophysical research communications*, 285(4), 1071-1075.
- Lapadula, W. J., & Ayub, M. J. (2017). Ribosome Inactivating Proteins from an evolutionary perspective. *Toxicon*, 136, 6-14.
- Lapadula, W. J., Sanchez Puerta, M. V., & Juri Ayub, M. (2013). Revising the taxonomic distribution, origin and evolution of ribosome inactivating protein genes. *PLoS one*, 8(9), e72825.
- Liu, R. S., Yang, J. H., & Liu, W. Y. (2002). Isolation and enzymatic characterization of lamjapin, the first ribosome-inactivating protein from cryptogamic algal plant (*Laminaria japonica* A). *European journal of biochemistry*, 269(19), 4746-4752.
- Lombard, S., Helmy, M. E., & Piéroni, G. (2001). Lipolytic activity of ricin from *Ricinus sanguineus* and *Ricinus communis* on neutral lipids. *Biochemical Journal*, 358(3), 773-781.
- Madin, K., Sawasaki, T., Ogasawara, T., & Endo, Y. (2000). A highly efficient and robust cell-free protein synthesis system prepared from wheat embryos: plants apparently contain a suicide system directed at ribosomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(2), 559-564.
- Mundy, J., Leah, R., Boston, R., Endo, Y., & Stirpe, F. (1994). Genes encoding ribosome-inactivating proteins. *Plant Molecular Biology Reporter*, 12(2), S60-S62.
- Nielsen, K., & Boston, R. S. (2001). Ribosome-inactivating proteins: a plant perspective. *Annual review of plant biology*, 52(1), 785-816.
- Olsnes, S., & Pihl, A. (1973a). Different biological properties of the two constituent peptide chains of ricin a toxic protein inhibiting protein synthesis. *Biochemistry*, 12(16), 3121-3126.
- Olsnes, S., & Pihl, A. (1973b). Isolation and Properties of Abrin: a Toxic Protein Inhibiting Protein Synthesis: Evidence for Different Biological Functions of Its Two Constituent-Peptide Chains. *European journal of biochemistry*, 35(1), 179-185.
- Parkash, A., Ng, T. B., & Tso, W. W. (2002). Isolation and characterization of luffacylin, a ribosome inactivating peptide with anti-fungal activity from sponge gourd (*Luffa cylindrica*) seeds. *Peptides*, 23(6), 1019-1024.
- Peumans, W. J., Shang, C., & Van Damme, E. J. (2014). Updated model of the molecular evolution of RIP genes. *Ribosome-inactivating Proteins: Ricin and Related Proteins*, 134-150.
- Peumans, W. J., Hao, Q., & Van Damme, E. J. (2001). Ribosome-inactivating proteins from plants: more than RNA N-glycosidases?. *The FASEB Journal*, 15(9), 1493-1506.

- Peumans, W. J., & Van Damme, E. J. (2010). Evolution of plant ribosome-inactivating proteins. In *Toxic plant proteins* (pp. 1-26). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Praveen, S., Tripathi, S., & Varma, A. (2001). Isolation and characterization of an inducer protein (Crip-31) from *Clerodendrum inerme* leaves responsible for induction of systemic resistance against viruses. *Plant Science*, *161*(3), 453-459.
- Ruggiero, A., Chambery, A., Di Maro, A., Mastroianni, A., Parente, A., & Berisio, R. (2007). Crystallization and preliminary X-ray diffraction analysis of PD-L1, a highly glycosylated ribosome inactivating protein with DNase activity. *Protein and peptide letters*, *14*(4), 407-709.
- Rumiyati, N. A. W., Sismindari-Lukitaningsih, E., & Yuliati, T. (2014). Potential of ribosome-inactivating proteins (RIPs) of *Mirabilis jalapa* L. as an antiacne: effect on proliferation of cultured sebocyte cells and its antibacterial activities against *Propionibacterium acnes* and *Staphylococcus epidermidis*. *International Journal of Pharmaceutical Chemistry*, *4*, 130-133.
- Shahidi-Noghabi, S., Van Damme, E. J., & Smaghe, G. (2008). Carbohydrate-binding activity of the type-2 ribosome-inactivating protein SNA-I from elderberry (*Sambucus nigra*) is a determining factor for its insecticidal activity. *Phytochemistry*, *69*(17), 2972-2978.
- Shang, C., Rougé, P., & Van Damme, E. J. (2016). Ribosome inactivating proteins from Rosaceae. *Molecules*, *21*(8), 1105.
- Sharma, N., Park, S. W., Vepachedu, R., Barbieri, L., Ciani, M., Stirpe, F., ... & Vivanco, J. M. (2004). Isolation and characterization of an RIP (ribosome-inactivating protein)-like protein from tobacco with dual enzymatic activity. *Plant Physiology*, *134*(1), 171-181.
- Shih, N. R., McDonald, K. A., Jackman, A. P., Girbés, T., & Iglesias, R. (1997). Bifunctional plant defence enzymes with chitinase and ribosome inactivating activities from *Trichosanthes kirilowii* cell cultures. *Plant Science*, *130*(2), 145-150.
- Shu, S. H., Xie, G. Z., Guo, X. L., & Wang, M. (2009). Purification and characterization of a novel ribosome-inactivating protein from seeds of *Trichosanthes kirilowii* Maxim. *Protein expression and purification*, *67*(2), 120-125.
- Sipahioğlu, H. M., Kaya, I., Usta, M., Ünal, M., Özcan, D., Özer, M., Güller, A., and Pallas, V., (2017). Pokeweed (*Phytolacca americana* L.) antiviral protein inhibits *Zucchini yellow mosaic virus* infection in a dose-dependent manner in squash plants. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *41*, 256–262.
- Song, S. K., Choi, Y., Moon, Y. H., Kim, S. G., Do Choi, Y., & Lee, J. S. (2000). Systemic induction of a *Phytolacca insularis* antiviral protein gene by mechanical wounding, jasmonic acid, and abscisic acid. *Plant molecular biology*, *43*(4), 439-450.
- Stirpe, F. (2004). Ribosome-inactivating proteins. *Toxicon*, *44*(4), 371-383.
- Stirpe, F., & Battelli, M. G. (2006). Ribosome-inactivating proteins: progress and problems. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS*, *63*(16), 1850-1866.
- Vivanco, J. M., Savary, B. J., & Flores, H. E. (1999). Characterization of two novel type I ribosome-inactivating proteins from the storage roots of the Andean crop *Mirabilis expansa*. *Plant Physiology*, *119*(4), 1447-1456.
- Wang, S., Zhang, Y., Liu, H., He, Y., Yan, J., Wu, Z., & Ding, Y. (2012). Molecular cloning and functional analysis of a recombinant ribosome-inactivating protein (alpha-momorcharin) from *Momordica charantia*. *Applied microbiology and biotechnology*, *96*(4), 939-950.
- Wei, G. Q., Liu, R. S., Wang, Q., & Liu, W. Y. (2004). Toxicity of two type II ribosome-inactivating proteins (cinnamomin and ricin) to domestic silkworm larvae. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology: Published in Collaboration with the Entomological Society of America*, *57*(4), 160-165.
- Yao, Q. Z., Yu, M. M., Ooi, L. S., Ng, T. B., Chang, S. T., Sun, S. S., & Ooi, V. E. (1998). Isolation and characterization of a type I ribosome-inactivating protein from fruiting bodies of the edible mushroom (*Volvariella volvacea*). *Journal of agricultural and food chemistry*, *46*(2), 788-792.
- Zhu, F., Xu, M., Wang, S., Jia, S., Zhang, P., Lin, H., & Xi, D. (2012). Prokaryotic expression of pathogenesis related protein 1 gene from *Nicotiana benthamiana*: antifungal activity and preparation of its polyclonal antibody. *Biotechnology letters*, *34*(5), 919-924.
- Zhu, F., Yuan, S., Zhang, Z. W., Qian, K., Feng, J. G., & Yang, Y. Z. (2016). Pokeweed antiviral protein (PAP) increases plant systemic resistance to *Tobacco mosaic virus* infection in *Nicotiana benthamiana*. *European journal of plant pathology*, *146*(3), 541-549.
- Zhu, F., Zhang, P., Meng, Y. F., Xu, F., Zhang, D. W., Cheng, J., ... & Xi, D. H. (2013). Alpha-momorcharin, a RIP produced by bitter melon, enhances defense response in tobacco plants against diverse plant viruses and shows antifungal activity in vitro. *Planta*, *237*(1), 77-88.
- Zhu, F., Zhou, Y. K., Ji, Z. L., & Chen, X. R. (2018). The plant ribosome-inactivating proteins play important roles in defense against pathogens and insect pest attacks. *Frontiers in Plant Science*, *9*, 146.



Farklı Yük Çeşitleri İçin Parçacık Sürü Optimizasyonu ve Ziegler-Nichols Metodunun DC Motor Hız Kontrolü Probleminde Karşılaştırılması

Celal Onur Gökçe^{1*}, Volkan Durusu², Rıdvan Ünal³

^{1*} Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-3120-7808), drcelalonurgokce@gmail.com

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7726-5435), durusuvolkan@gmail.com

³ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6842-7471), runal@aku.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 13 Kasım 2021 ve Kabul Tarihi 3 Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1022991)

ATIF/REFERENCE: Gökçe C.O., Durusu V., & Ünal R. (2022). Farklı Yük Çeşitleri İçin Parçacık Sürü Optimizasyonu ve Ziegler-Nichols Metodunun DC Motor Hız Kontrolü Probleminde Karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 88-92.

Öz

Bu çalışmada DC motor hız kontrolü problemini Ziegler-Nichols (ZN) ve Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) yaklaşımları ile çözerek performans karşılaştırılması yapılmıştır. Farklı referans çeşitleri ve farklı yük çeşitleri ile sistem sürülerek çıkış gözlemlenmiştir. Mutlak hataların toplamı cinsinden bir maliyet hesabı ve maliyet hesabının tersi olarak performans hesabı yapılmıştır. Bütün referans ve yüklerde PSO yaklaşımının performansı ZN yaklaşımının performansından iyi olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle referans ve yük karmaşıklaştıkça bu performans farkının arttığı sonucuna varılır sonuçlar hem şekil hem de tablo olarak verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: DC Motor, Parçacık Sürü Optimizasyonu, Ziegler-Nichols.

Comparison of Particle Swarm Optimization and Ziegler-Nichols Methods in the Problem of DC Motor Speed Control Under Different Loads

Abstract

In this study, DC motor velocity control problem is solved using two different approaches; namely Ziegler-Nichols (ZN) and Particle Swarm Optimization (PSO). The performances of two approaches are measured with different types of references and disturbances. Performance is measured using sum of absolute errors. It is observed that PSO approach shows better performance in all configurations. An increased performance difference is observed especially in complex references and complex disturbances. Results are given both in figures and as a table.

Keywords: DC Motor, Particle Swarm Optimization, Ziegler-Nichols.

* Sorumlu Yazar: drcelalonurgokce@gmail.com

1 Giriş

DC motor, endüstride ve piyasada en sık kullanılan motor türlerinden birisidir. DC motorun hız kontrolü, başta robotik, CNC ve otomasyon olmak üzere çeşitli uygulamaları olan bir problemdir. Boşta dönen bir DC motorun hızını kontrol etmek çok çalışılmış ve çözümü nispeten kolay bir problemdir. Gerçek uygulamalarda ise motora bir yük binmekte ve bu yük zamanla değişmektedir.

Zahir, Alhady, Othman ve Ahmad 2018 yılında yaptıkları çalışmada Fırçalı DC Motor PID kontrolünde PID parametrelerini belirlerken Genetik Algoritmayı (GA) kullanmış ve Ziegler-Nichols yönteminden daha iyi bir başarı gösterdiğini ortaya koymuştur. (A. A. M. Zahir, S. S. N. Alhady, W. A. F. W. Othman and M. F. Ahmad, 2018)

Yazgan, Yener, Soysal ve Gür 2019 yılından yayınlanan çalışmalarında Genetik Algoritma (GA) ve PSO ile PID parametrelerini optimize edip 5 kriterde karşılaştırmasını yapmıştır. Fırçasız DC Motor üzerinde gerçekleştirilen testlerde PSO'nun GA'dan daha iyi sonuç verdiğini tespit etmiştir. (Harun Yazgan, Furkan Yener, Semih Soysal, Ahmet Gür, 2019)

Song, Xiao ve Xu 2020 yılında yayınlanan çalışmalarında Fırçasız DC Motor için Bulanık (Fuzzy) PI kontrolör parametrelerinin optimizasyonu için PSO ve Yerçekimsel Arama Algoritmasını (YAA) birleştiren bir yaklaşım kullanmıştır. Bu iki yöntemi birleştirerek optimizasyon için başlangıçta kullanılan rastgele parametrelerin işlemlerinin daha hızlı sonuca ulaştığını gözlemlemiştir. (Baoye Song, Yihui Xiao, and Lin Xu, 2020)

Ibrahim, Hassan ve Shomer 2014 yılında yayınlanan çalışmalarında PID parametrelerinin belirlenmesinde PSO ve Bakteriyel Yiyecek Arama (Bacterial Foraging-BF) yöntemlerini kullanıp, yöntemlerin karşılaştırmasını yapmıştır. Çalışma Matlab ortamında simülasyon olarak gerçekleştirilmiştir. Kriterler göz önünde bulundurulduğunda gözler görülür bir iyileştirme olduğu ifade edilmiştir. (H.E.A.Ibrahima, F.N.Hassan, Anas O.Shomer, 2014)

Mohamadwasel ve Bayat 2019 yılında yaptıkları çalışmada PSO destekli Bulanık Mantık algoritması kullanarak PD kontrolör parametrelerini optimize etmiştir. (Noorulden Basil Mohamadwasel, Oguz Bayat, 2019)

Qi, Shi, ve Zhang 2019 yazdıkları makalede stokastik gecikmelere maruz bırakılan CAN tabanlı bir DC motorun PID parametrelerini PSO kullanarak optimize etmek için önceki verilere dayanarak simülasyonunu gerçekleştirmiş ve deneysel sonuçlar ile algoritmanın sonuçlarını doğrulamıştır. (Zhi Qi, Qian Shi, and Hui Zhang, 2019)

Weerasooriya ve El-Sharkawi 1991 yılında geri yayılım tabanlı yapay sinir ağları kullanarak DC Motorun lineer olmayan dinamiğini kontrol etmeyi amaçlamıştır. (Siri Weerasooriya M. A. El-Sharkawi, 1991)

Khalilpour, Razmjoooy, Hosseini ve Moallem 2011 yılında yaptıkları çalışmada parametrelerin optimizasyonu konusunda İstilacı Ot Optimizasyonu (IOO) ile Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) yöntemlerinden hangisinin daha verimli olduğunu bulmak için karşılaştırma yapmıştır. Uygulama Matlab ortamında

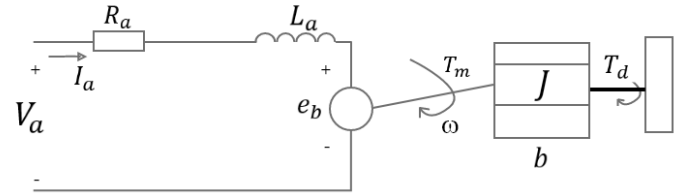
gerçekleştirilmiştir. (Optimal Control of DC motor using Invasive Weed Optimization (IWO) Algorithm, 2011)

Bu çalışmamızda, iki tür yük ele alınmıştır. Birincisi, basamak şeklinde binen yük. İkincisi ise belirli bir frekansa sahip sinusoidal olarak değişen yük. Bu iki yük çeşidinin büyüklükleri de performansa etki etmektedir. Farklı büyüklükler için deneyler yaparak parçacık sürü optimizasyonu ile optimize edilmiş PID kontrolcüsünün standart Ziegler-Nichols metodu ile katsayıları bulunmuş PID kontrolcüsünden daha yüksek performans sergilediği gösterilmiştir.

1.1 DC Motor Matematiksel Modeli

DC motorun modeli Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1. DC Motor Modeli (Figure 1: DC Motor Model)



Burada V_a ; armatür voltajı, i_a ; armatür akımı, R_a ; armatür resistansı, L_a ; armatür indüktansı, e_b ; ters indüklenme voltajını ifade etmektedir. T_m ; motorun oluşturduğu torku, w ; rotorun açısal hızını, J ; rotorun eylemsizlik momentini, b ; yapışkanlık sürtünme katsayısını ve son olarak da T_d ; dış bozucu yük torkunu ifade etmektedir. Elektriksel kısmının matematiksel modelini, Kirchhoff'un voltaj yasasından bulabiliriz:

$$V_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + e_b \quad (1)$$

Manyetik alan içerisinde hareket eden bir telde, hareket hızıyla orantılı büyüklükte ters elektromotif voltaj indüklenir prensibine göre:

$$e_b = K_b w \quad (2)$$

Manyetik alan içerisinde üzerinden akım geçen bir tele, akımın büyüklüğüyle orantılı bir kuvvet uygulanır prensibine göre:

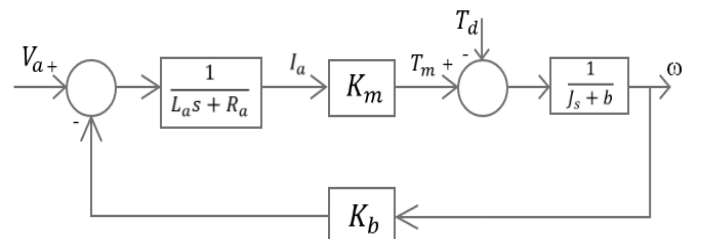
$$T_m = K_m i_a \quad (3)$$

Mekanik kısmını ise Newton'un ikinci hareket yasasına göre modelleyebiliriz:

$$T_m - T_d = J \frac{dw}{dt} + bw \quad (4)$$

Bu denklemlere göre DC motorun blok şeması Şekil 2'deki gibidir:

Şekil 2. DC Motor Blok Şeması (Figure 2: DC Motor Block Diagram)

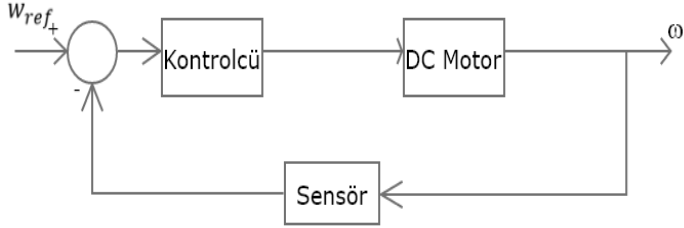


DC motorda; V_a giriş, w çıkıştır. Dolayısıyla istenilen w değerleri için, gerçek w bir hız sensörü ile ölçülecek ve gereken V_a giriş olarak verilerek motorun hızı kontrol edilecektir.

1.2 DC Motor Kontrol Sistemi

Kontrolcü ile beraber tüm sistemin blok şeması Şekil 3'te görüldüğü gibidir:

Şekil 3. Sistemin Blok Şeması (Figure 3: System Block Diagram)



w_{ref} , referans hız olup motorun dönmesi istenilen hızdır. w , motorun gerçek hızı olup bir sensör ile gerçek zamanlı olarak ölçülmektedir. Kontrolcü, referans hız ile ölçülen hızı karşılaştırıp aradaki hata sinyaline göre bir kontrol sinyali üretip motora vermekte, bu şekilde motorun hızının istenilen hızda tutulmasına çalışılmaktadır.

Kontrolcü olarak, PID kontrol kullanılmaktadır. Hata sinyalini e ile gösterirsek kontrolcünün çıkışı:

$$V_a = K_p e + K_i \int e dt + K_d \frac{de}{dt} \quad (5)$$

İle ifade edilmektedir.

Burada önemli olan K_p , K_i , K_d sabit katsayılarının en iyi performans gösterecek şekilde seçilmesidir. Bu çalışmamızda, PID kontrolcü katsayılarını bulmak için iki yöntem kullandık. Birincisi, otomatik kontrol kitaplarında klasik olarak anlatılan Ziegler-Nichols metodu. İkincisi, daha yeni ve çok popüler bir optimizasyon tekniği olan parçacık sürü optimizasyonu (PSO). Çalışmamızın özgünlüğü, farklı yük koşulları altında sistematik deneyler yaparak iki yöntemin performansını karşılaştırmaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1 Ziegler-Nichols Metodu

PID parametrelerinin sisteme uygun olarak belirlenmesi çok önemlidir. PID parametrelerinin (K_p , K_i , K_d) belirlenmesinde çok kullanılan yöntemlerden birisi Ziegler-Nichols yöntemidir. Ziegler-Nichols yöntemi 1942 yılında John G. Ziegler ve Nathaniel B. Nichols tarafından bulunmuştur. Bu yöntemle göre kapalı çevrim bir kontrol sisteminde öncelikle K_i ve K_d katsayıları 0 alınarak K_p katsayısı için değişik değerler kullanılarak sistemin çıktısının salınım yaptığı duruma gelmesi sağlanır. Bulunan bu K_p değeri kritik değer olarak adlandırılır. Bu değer ile Ziegler ve Nichols tarafından oluşturulan tablodan Tablo 1'de görüldüğü gibi K_i ve K_d parametreleri hesaplanır. (PID Kontrol Parametrelerinin Ayarlanması, 2018)

Tablo 1. Ziegler-Nichols Parametre Hesaplama Tablosu (Table 1: Table of Parameter Calculation with Ziegler-Nichols) (Tri Kuntoro Priyambodo, Agfianto Eko Putra, Andi Dharmawan, 2015)

Kontrolör Tipi	K_p	T_i	T_d
P	$0,5 * K_c$	0	0
PI	$0,45 * K_c$	$T_u / 1,2$	-
PID	$0,6 * K_c$	$T_u / 2$	$T_u / 8$

2.2 Parçacık Sürü Optimizasyonu

Analitik olarak çözülmesi zor veya imkansız optimizasyon problemlerinde çok başarılı sonuçlar almış bir teknik olan PSO, özellikle kontrol problemlerine uygulanması uygun olan bir tekniktir. (B Gökçe; YB Koca; Y Aslan; CO Gökçe, 2021)

PSO'nun temel mantığı, arama uzayında rasgele olarak başlatılan noktaları, o ana kadar en başarılı olan bölgeye doğru teşvik etmektir. Her parçacığın pozisyonu, optimize edilmek istenilen parametreleri içeren bir vektördür. Her parçacık için bu pozisyon vektörü, başlangıçtan itibaren her iterasyonda güncellenmekte ve sınırlı sayıda kabul edilebilir bir süre sonunda kabul edilebilir bir performansa yakınsaması beklenmektedir. Her parçacığın her iterasyonda bir pozisyonu ve bir sonraki iterasyondaki pozisyonunu belirleyecek olan bir hızı vardır. Her iterasyonda parçacığın bir önceki pozisyonu ile o an için hesaplanan hızı toplanarak yeni pozisyonu bulunmaktadır:

$$x_n = x_{n-1} + v_n \quad (6)$$

Burada x_n parçacığın pozisyonunu v_n ise hızını temsil etmektedir.

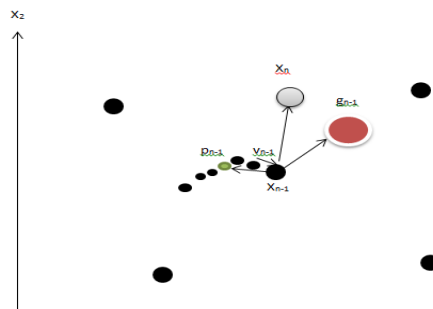
Burada kritik olan husus, v_n değerinin nasıl hesaplanacağıdır. v_n değerinin hesabında üç husus göz önünde bulundurulmaktadır:

- 1) Parçacığın momentumu, yani en son iterasyondaki hızı: v_{n-1}
- 2) Parçacığın o ana kadar bulduğu en iyi nokta pozisyonu: p_{n-1}
- 3) Tüm parçacıkların o ana kadar bulduğu en iyi noktanın pozisyonu: g_{n-1}

Bu üç değer belirli katsayılarla harmanlanarak, parçacığın yeni hızı Şekil 4'te görüldüğü gibi bulunmaktadır:

$$v_n = c_1 v_{n-1} + c_2 (x_{n-1} - p_{n-1}) + c_3 (x_{n-1} - g_{n-1}) \quad (7)$$

Şekil 4. PSO Çalışma Mekanizması (Figure 4: PSO Working Mechanism)



Bizim çalışmamızda, x_n vektörü, K_p , K_i , K_d 'yi içeren üç boyutlu bir vektördür. Dolayısıyla optimum parametreleri arama işlemi üç boyutlu uzayda yapılmaktadır.

Çalışmamızda simülasyon için Python programlama dili ve Spyder IDE'si kullanılmıştır. Kesikli zaman türevler, yamuk kuralına göre hesaplanmıştır. Performans ölçüm değeri olarak mutlak toplam hata alınmış, her noktada referans ile gerçek değer arasındaki farkın mutlak değeri alınarak toplanmış ve $1e6$ değerini sonuca bölerek bir performans değeri çıkarılmıştır.

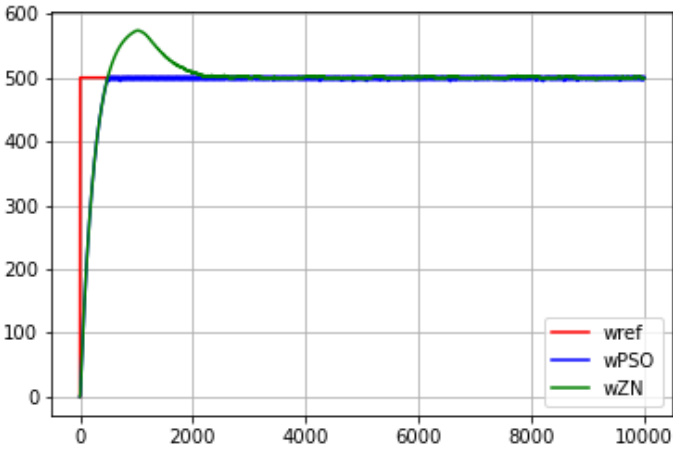
DC motor parametreleri olarak gerçekçi değerler kullanılmıştır. Yük olarak iki çeşit yük, basamak ve sinusoidal, çeşitli büyüklüklerde verilmiştir. Referans olarak da iki çeşit referans, basamak ve sinusoidal verilmiş ve sonuçlar aşağıda listelenmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Her deneyde performans hesabı en basit haliyle hataların karelerinin toplamı şeklinde yapılmıştır. Önce boşta dönen motor için deneyler yapılmıştır.

Basamak girişi ile yüksüz dönen motor için PSO ve ZN çıkışları aşağıdaki şekilde görülmektedir.

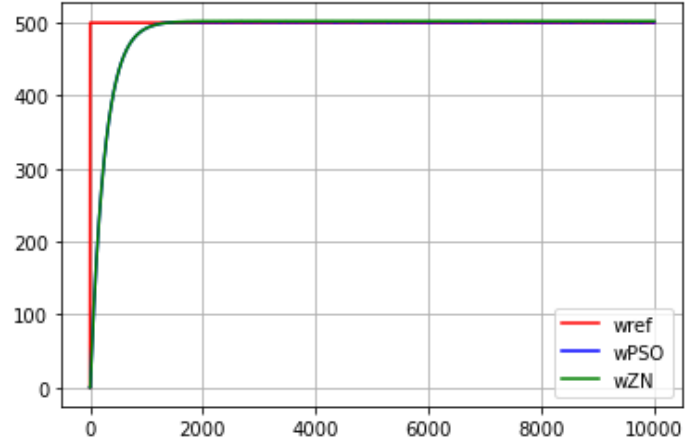
Şekil 5. Boşta Dönen Motora Basamak Referans Uygulanması (Figure 5: Applying a Step Reference to an Idling Motor)



Şekilde 5'te görüldüğü üzere, PSO parametreleri ile sistem referansı hızlı bir şekilde izlerken, ZN parametrelerinde aynı yükseliş zamanı fakat maksimum aşma ile izlemektedir. Bahsedilen performans hesaplayıcı ile hesaplanılan performanslar; PSO için 9.496, ZN için 6.316'dır. Yaklaşık bir buçuk katlık bir performans farkı dolayısıyla toplam hata farkı bulunmaktadır.

Sabit bir yük ile sistem test edilince, Şekil 6'da görüldüğü gibi ZN parametreleri ile yapılan kontrolcünün performansında küçük bir artış gözlemlenmiştir. Bu artışın sebebi, yük ile beraber sistemin maksimum aşma yapmamasıdır.

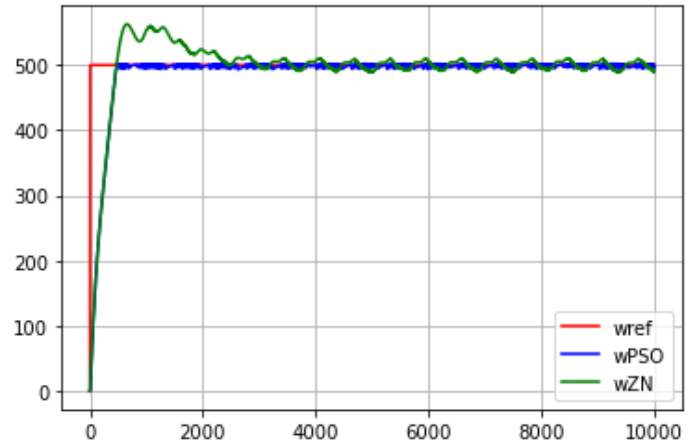
Şekil 6. Basamak Yük Uygulanan Motora Basamak Referans Verilmesi (Figure 6: Step Reference to a Step-Loaded Motor)



İki yaklaşım arasındaki performans farkının minimum olduğu bu durumda bile PSO yaklaşımı ZN yaklaşımına göre biraz daha üstündür. Hesaplanan performanslar; PSO için 7.464, ZN için 6.912'dir.

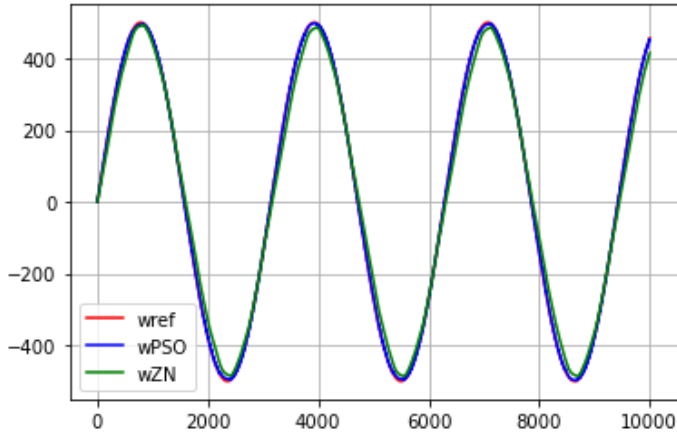
Üçüncü olarak sistem, basamak referans ve sinusoidal yük ile test edilmiş, sonuç aşağıdaki resimde görüldüğü gibi alınmıştır.

Şekil 7. Sinusoidal Yük Uygulanmış Motora Basamak Referans Verilmesi (Figure 7: Step Reference to a Sinusoidal Load Applied Motor)



Son olarak sistem, sinusoidal referans ve sinusoidal yük ile test edilmiş ve bu konfigürasyon ile PSO yaklaşımı ZN yaklaşımına göre performans farkını Şekil 7'de görüldüğü gibi oldukça artırmıştır. Hesaplanan performanslar; PSO için 8.379, ZN için 4.817'dir. İki katına yakın bir toplam hata farkı vardır.

Şekil 8. Sinüsoidal Yükte Dönen Motora Sinüsoidal Referans Verilmesi (Figure 8 : Sinusoidal Reference to a Rotating Motor on Sinusoidal Load)



Hesaplanan performanslar; PSO için 35.493, ZN için 4.193'tür. Şekil 8'de görüldüğü gibi ZN yaklaşımı referansı takip etmekte zorlanırken, PSO yaklaşımı ZN yaklaşımının yaklaşık onda biri hata ile referansı çok daha başarılı bir şekilde takip edebilmektedir.

Değişik yükler için PSO ve ZN metodlarının performansları tabloda sunulmuştur:

Tablo 2. Farklı yükler için PSO ve ZN performansları

Referans	Yük çeşidi	Büyükölç	PSO	ZN
Basamak	Yüksüz	-	9.496	6.316
Basamak	Basamak	0.01	8.883	5.877
Basamak	Basamak	0.03	7.725	4.992
Basamak	Basamak	0.05	7.464	6.912
Basamak	Sinüs	0.01	9.132	5.569
Basamak	Sinüs	0.03	8.529	4.662
Basamak	Sinüs	0.05	8.379	4.817
Sinüs	Sinüs	0.01	36.003	4.147
Sinüs	Sinüs	0.03	36.654	4.393
Sinüs	Sinüs	0.05	35.493	4.193

Şekil 8'de ve Tablo 2'de görüldüğü gibi, bütün referans çeşitleri ve bütün yük çeşit ve değerleri için PSO algoritması ZN metoduna kıyasla daha üstün bir performans sergilemiştir. Özellikle sinusoidal referans ve sinusoidal yükte bu performans farkı artmaktadır. Sinüsoidal referansta PSO algoritmasının yüksek başarı göstermesinin sebeplerinden birisi, referans değerinin daha yavaş değişip motorun referansı takip etmesindeki kolaylık olarak açıklanabilir. Öte yandan, yük çeşidi karmaşıklıkça, PSO algoritmasının daha iyi bozucu reddetme performansı gösterdiği söylenebilir. İleriki çalışmalarda, gerçek sistem ve pekiştirmeli öğrenme metodu kullanılarak performans karşılaştırılması yapılması hedeflenmektedir. Ayrıca; mobil robot, biped robot ve kuadrokopter gibi daha karmaşık sistemlerde de bu metodların

karşılaştırılması yapılarak literature kazandırılması hedeflenmektedir.

Kaynakça

- Optimal Control of DC motor using Invasive Weed Optimization (IWO) Algorithm. (2011). Majlesi Conference on Electrical Engineering.
- A. A. M. Zahir, S. S. N. Alhady, W. A. F. W. Othman and M. F. Ahmad. (2018). Genetic Algorithm Optimization of PID Controller for Brushed DC Motor. Intelligent Manufacturing & Mechatronics. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Singapore, 427-437.
- B Gökçe; YB Koca; Y Aslan; CO Gökçe. (2021). PARTICLE SWARM OPTIMIZATION-BASED OPTIMAL PID CONTROL OF AN AGRICULTURAL MOBILE ROBOT. Comptes rendus de l' Academie bulgare des Sciences, 568-575.
- Baoye Song, Yihui Xiao, and Lin Xu. (2020). Design of fuzzy PI controller for brushless DC motor based on PSO-GSA algorithm. Systems Science & Control Engineering , 67-77.
- Gökbulut, P. D. (2019, Ocak). Kontrol Sistemlerinin Analiz ve Tasarımı. 10 25, 2021 tarihinde eem.tf.firat.edu.tr: http://eem.tf.firat.edu.tr/subdomain_files/eem.tf.firat.edu.tr/files/36/Kontrol%20sistemleri%20ders%20notu.pdf adresinden alındı
- H.E.A.Ibrahima, F.N.Hassan, Anas O.Shomer. (2014). Optimal PID control of a brushless DC motor using PSO and BF techniques. Ain Shams Engineering Journal, 2(5), 391-398.
- Harun Yazgan, Furkan Yener, Semih Soysal, Ahmet Gür. (2019). Comparison Performances of PSO and GA to Tuning PID Controller for the DC Motor. Sakarya University Journal of Science, 162-174. doi:10.16984/saufenbilder.376464
- Noorulden Basil Mohamadwasel, Oguz Bayat. (2019). Improve DC Motor System using Fuzzy Logic Control by Particle Swarm Optimization in Use Scale Factors. International Journal of Computer Science and Mobile Computing, 3(8), 152-160.
- PID Kontrol Parametrelerinin Ayarlanması. (2018, 03 9). https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/70147/mod_resource/content/0/GDM404_11.pdf adresinden alındı
- Siri Weerasooriya M. A. El-Sharkawi. (1991). IDENTIFICATION AND CONTROL OF A DC MOTOR USING BACK-PROPAGATION NEURAL NETWORKS. IEEE Transactions on Energy Conversion, 6(4), 663-669.
- Tri Kuntoro Priyambodo, Agfianto Eko Putra, Andi Dharmawan. (2015). Optimizing control based on ant colony logic for Quadrotor stabilization. 2015 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES) (s. 1-4). IEEE.
- Zhi Qi, Qian Shi, and Hui Zhang. (2019). Tuning of digital PID controllers using particle swarm optimization algorithm for a CAN-based DC motor subject to stochastic delays. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS. doi: DOI 10.1109/TIE.2019.2934030



Güvenlik İkliminin Güvenlik Performansına Olan Etkisi: Türkiye'deki Çalışanlar Arasında Bir Çalışma

Ahmet Ebrar Sakallı^{1*}, Sertaç Temur², Mehmet Ali Badem³, Ebru Karataş⁴

^{1*} İstanbul Aydın Üniversitesi, Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0445-0722), ahmetsakalli@aydin.edu.tr

² İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4845-1452), sertac.temur@yeniyuzuyil.edu.tr

³ İzmir Kavram Meslek Yüksekokulu, Meslek Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6205-925X), mehmet.badem@kavram.edu.tr

⁴ İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Psikoloji Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3933-0448), ebru.karatas@ogr.istanbul.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 14 Kasım 2021 ve Kabul Tarihi 03 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1023484)

ATIF/REFERENCE: Sakallı, A.E., Temur, S., Badem, M.A. & Karataş, E. (2022). Güvenlik İkliminin Güvenlik Performansına Olan Etkisi: Türkiye'deki Çalışanlar Arasında Bir Çalışma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 93-106.

Öz

Güvenlik iklimi, güvenlik kültürünün bir alt boyutu olarak işletmelerde güvenli davranışları ve güvenlik tutumlarını etkileyen bir olgudur. Güvenlik performansı ise güvenlik ikliminin sonucu olarak işletmenin güvenlik seviyesini nicel olarak gösteren bir kavramdır. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde güvenli olmayan davranış, kazaların meydana gelmesindeki belirleyici faktörlerden biridir. Bu bağlamda, Neal, Griffin ve Hart tarafından geliştirilen güvenlik iklimi ve güvenlik performansı ölçeklerinin çeviri çalışması ve faktör analizi yöntemi ulusal literatürde ilk defa kullanılmıştır. Bununla birlikte yapısal eşitlik modeli (YEM) ve yol analiz yöntemleri kullanılarak iki kavram arasındaki korelasyonun incelenmesi amaçlanmıştır. Eğitim, sağlık, hizmet, sanayi-üretim ve diğer olmak üzere toplam 6 sektörden 317 katılımcı katılım göstermiştir. Faktör analizi sonuçlarına bakıldığında faktör yüklerinin 0,40 ile 0,95 arasında olduğu görülmektedir. Güvenilirlik analizi sonuçları 0,91 ve 0,97 arasında görülmektedir. Orijinal ölçekten farklı olarak, yapılan analizler sonucunda ölçeğin toplam 36 soru ve 4 faktör olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak, güvenlik ikliminin güvenlik performansını etkilediği ve güvenlik bilgisinin hem doğrudan hem de dolaylı olarak, güvenlik motivasyonunun ise doğrudan güvenlik performansı üzerine etkisi olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte Türkiye'de İSG eğitimlerinin eğitim ve öğretimin her derecesinde yer verilmesi ve nitelik ve nicelik bakımından artırılması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güvenlik Kültürü, Güvenlik İklimi, Güvenlik Performansı

The Impact of Safety Performance of The Safety Climate: Between Employees in Turkey

Abstract

Safety climate, as a sub-dimension of safety culture, is a phenomenon that affects safe behaviors and safety attitudes in businesses. Safety performance, on the other hand, is a concept that quantitatively shows the safety level of the enterprise as a result of the safety climate. When the studies in the literature are examined, unsafe behavior is one of the determining factors in the occurrence of accidents. In this context, the translation study and factor analysis method of safety climate and safety performance scales developed by Neal, Griffin and Hart were used for the first time in the national literature. In addition, it is aimed to examine the correlation between the two concepts by using the structural equation model (SEM) and path analysis methods. 317 participants from 6 sectors including education, health, service, industry-production and other participated. Considering the results of factor analysis, it is seen that factor loads are between 0.40 and 0.95. Reliability analysis results are seen between 0.91 and 0.97. Unlike the original scale, as a result of the analysis, it was concluded that the scale consisted of 36 questions and 4 factors. As a result, it has been determined that the safety climate affects the safety performance, and that the safety knowledge both directly and indirectly, and the safety motivation directly affects the safety performance. However, it has emerged that OHS trainings in Turkey should be included in all levels of education and training and should be increased in terms of quality and quantity.

Keywords: Safety Culture, Safety Climate, Safety Performance

* Sorumlu Yazar: ahmetsakalli@aydin.edu.tr

1. Giriş

Çalışanlardaki güvenlik iklimi seviyesi, bir örgütteki güvenli davranışlarını ve güvenlik tutumlarını etkileyen bir olgudur. Yapılan çalışmalara bakıldığında güvenlik ikliminin güvenlik performansının bir öncüsü olduğuna dair artan işaretler görülmektedir. Güvenli olmayan davranış, kazaların meydana gelmesindeki belirleyici faktörlerden biridir. Güvenlik performansının belirleyicileri, uyum ve katılımdaki bireysel farklılıklardan doğrudan sorumlu olan faktörlerini temsil eder.

Türkiye'de güvenlik iklimi ve güvenlik performans düzeyi konusunda birçok çalışma yapılmaktadır. Bu nedenle çeviri çalışması ile ölçek geliştirmek için ilk kez faktör analizi ve iki kavram arasındaki ilişkiyi incelemek üzere yapısal eşitlik modeli (YEM) ve yol analiz yöntemleri kullanılarak ulusal literatüre kazandırılmak amaçlanmıştır. Katılımcı sayısı belirlenirken uluslararası literatürde kabul görmüş çalışmalar göz önünde bulundurularak (Gorsuch, 1983; Kline, 1979; Tabachnick ve Fidell, 2007; Cattell, 1978; Norusis, 1994) rastgele olmak üzere toplam 317 katılımcı bu çalışmaya katılmıştır. Analiz sonuçlarına bakıldığında güvenlik ikliminin güvenlik performansı üzerine pozitif yönde bir etkisi olmasına karşın bilgi ve motivasyon düzeylerinin çalışanlardaki güvenlik performansını önemli derecede etkilediği görülmüştür.

Çalışmanın Amacı, Türkçe diline uyarlanmış geçerlilik ve güvenilirlik çalışması yapılmış bir çalışmanın kazandırılmasıdır. Yapılan ölçek uyarlaması, güvenlik iklimi ve güvenlik performansının arasındaki ilişkinin incelenmesi ve yapılacak sonraki çalışmalara ışık tutmasının sağlanmasıdır.

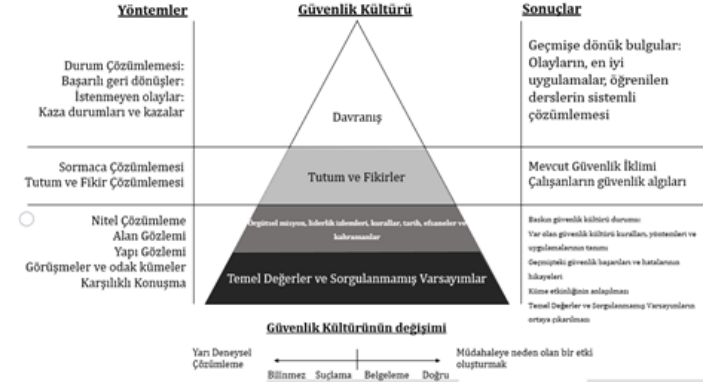
1.1. Kavramsal Çerçeve

1.1.1. Güvenlik İklimi

Güvenlik kültürü kavramı tarihte 1986 yılında Çernobil'de meydana gelen nükleer santral kazasından sonra ilk kez 1987 tarihli OECD Nükleer Ajansı Raporunda bahsedilmiştir. (Cooper, 2000: 113). Güvenlik kültürü kavramı hakkında çeşitli tanımlamalar mevcut olsa da genel anlamda çalışanların, çalışma ortamının güvenliği ile ilgili paylaştıkları ortak inanç, tutum, algı, değer ve davranış biçimleri olduğu noktasında fikir birliği bulunmaktadır (Cox&Cox, 1991; Gellert, 1994; Guldenmund, 2000; INSAG, 1991; Pidgeon, 1991;).

İlk kez Zohar (1980) tarafından kullanılan ve “çalışanların işyerlerindeki çalışma ortamları hakkında paylaştıkları temel algıların tanımlamak için kullanılan bir terim” olarak ifade edilen güvenlik iklimi, bazı araştırmacılar tarafından (Mearns & Flin, 1999; Cooper, 2000; Neal, Griffin & Hart, 2000) “güvenlik kültürü” yapısının bir alt bileşeni olarak kabul edilmektedir. Güvenlik kültürü iş kazalarını önlemek ve azaltmak için birçok meslek grubu ve disiplin tarafından ele alınmıştır (Ensari Özay, Yılmaz & Uçan, 2020). Patankar ve Sabin (2010), bir işyerindeki güvenlik kültürü yapısını dört basamaklı bir piramit üzerinde incelemek istemiştir (Şekil 1). Şekil 1'e göre 4 basamak içeren bu piramidin en alt basamağında “Temel Güvenlik Değerleri”, ikinci basamağında “Örgütsel Faktörler” (güvenlik liderliği stratejileri, normlar), üçüncü basamağında “Tutumlar ve Fikirler” (güvenlik iklimi) ve piramidin en üst basamağında ise, güvenli davranışlar (güvenlik performansı) yer almaktadır. Bu çalışma güvenlik kültürünün alt bileşeni olan ve

anket yöntemleriyle ölçülebileceğini dile getiren çalışanların güvenlik iklimini (algılarını) ve gözlemlenebilir güvenli davranışların bir çıktısı olan güvenlik performansı ilişkisini incelemektedir.



Şekil 1. Güvenlik Kültürü Piramidi (Patankar & Sabin, 2010).
(Figure 1. Pyramids of Safety Culture)

Güvenlik ikliminin boyutları olarak bir dizi faktör tanımlanmıştır. Bu faktörlere örnek vermek gerekirse yönetim değerleri (örn. Çalışan refahı için yönetim kaygısı), yönetim ve organizasyon uygulamaları (örn. Çalışanların eğitimin yeterliliği, güvenlik ekipmanlarının sağlanması, güvenlik yönetim sistemlerinin kalitesi), iletişim ve işyeri sağlığı ve güvenliğine çalışan katılımı. Bir dizi çalışma, bu faktörlerin iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili kazalar ve olaylar gibi sonuçları öngördüğünü göstermiştir (Neal, Griffin & Hart, 2000; Zohar, 1980; Hofmann & Stetzer, 1996). Ancak Tablo 1'de de görüldüğü gibi araştırmacılar arasında güvenlik ikliminin boyutları konusunda bir anlaşma yoktur.

Tablo 1. Güvenlik İklimi Boyutları Hakkında Yapılan Çalışmalara Örnekler (Table 1. Examples of the Studies About Safety Climate Dimensions)

Yazarlar	Güvenlik iklim boyutu
Cox & Cox, 1991	1. Kişisel şüphecilik, 2. Bireysel dokunulmazlık, 3. Bireysel sorumluluk, 4. Güvenlik planının etkinliği, 5. Çalışma ortamının güvenliği
Neal, Griffin Hart, 2000	1. İletişim; 2. Yönetim değerleri; 3. Eğitim; 4. Güvenlik sistemleri
Cooper & Phillips, 2004	1. İşyerindeki risk seviyesi; 2. Yönetimin güvenliğe yönelik tutumu; 3. Çalışma ritminin etkisi; 4. Güvenlik eğitiminin önemi; 5. Güvenliğin sosyal statü ve terfi üzerindeki etkisi; 6. Yükselişin etkisi; 7. Güvenlik görevlileri ve komitenin durumu
Barbaranelli, Petitta & Probst, 2015	1. Yönetim değerleri; 2. İletişim; 3. Eğitim; 4. Güvenlik sistemleri
Givehchi,	1. Yönetim güvenlik önceliği ve yeteneği; 2.

Hemmativa & Hoveidi, 2017) Yönetim güvenliğinin güçlendirilmesi; 3. Yönetim güvenliği adaleti; 4. Çalışanların güvenlik taahhüdü; 5. Çalışanların güvenlik önceliği ve riskin kabul edilmemesi; 6. Güvenlik iletişimi, öğrenme ve iş arkadaşlarının güvenlik yeterliliğine güven; 7. İşçilerin güvenlik sistemlerinin etkinliğine olan güveni

Güvenlik iklimi bir örgütteki çalışanlar tarafından algılanan güvenliğin önemini gösterir. Çalışandaki güvenlik iklimi seviyesi, bir örgütteki güvenli davranışlarını ve güvenlik tutumlarını etkilemektedir. Güvenlik algıları daha olumlu olduğunda, çalışanların tehlikeli eylemlerde bulunma olasılığı daha düşüktür ve bu da daha düşük kazalanma ve yaralanma ile sonuçlanır (Clarke, 2006). Son 35 yılda yapılan araştırmalar, güvenlik ikliminin, kazalar ve yaralanmalar gibi güvenlik davranışlarının ve güvenlik sonuçlarının önemli bir öngörücüsü olduğunu göstermektedir (Griffin & Curcuruto, 2016).

Uzun vadeli çalışmalar, güvenlik ikliminin güvenlik performansının bir öncüsü olduğuna dair artan bir işaret vardır (Clarke, 2010, 2006; Neal & Griffin, 2006; Wallace, Popp & Mondore, 2006). Ayrıca güvenlik iklimi bulgularının daha kesin olduğu ve kaza sayıları ile kaza ve olay araştırmalarından elde edilen reaktif (olayın ardından) verilerden ziyade güvenliği iyileştirmek için proaktif olduğu kabul edilir (Seo ve diğerleri, 2004).

1.1.2. Güvenlik Performansı

Güvenlik, her organizasyon için en temel sorundur ve doğrudan ve dolaylı maliyetler ve üretkenlik üzerinde önemli etkileri vardır (Clarke vd., 2015). Başarılı örgütlerin temel amaçlarından biri işyeri güvenliğinde sürekli iyileştirme. Bu nedenle, bir örgütün güvenlik performansını değerlendirmek, katkıda bulunan ve kontrol eden faktörleri belirlemekten çok önemlidir, çünkü her iyileştirme programında göstergelerin nicel ölçümleri kaçınılmazdır (Eskandari vd., 2020).

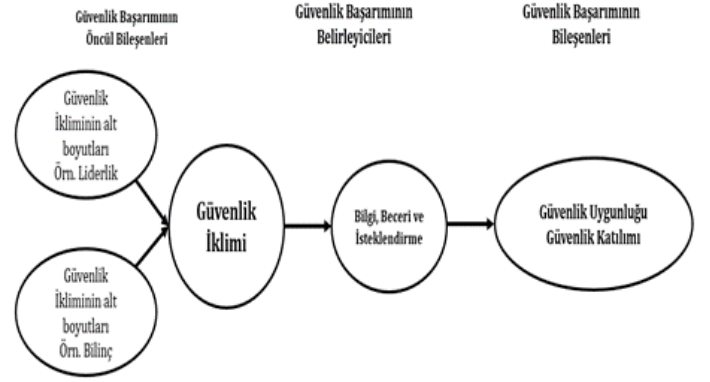
Güvenli olmayan davranış, kazanın meydana gelmesi için belirleyici bir faktördür (Reason, 1995; Sakallı, 2019). Çalışan tarafından algılanan güvenlik iklimi ile iş kazaları arasındaki ilişkiyi açıklamak için bir dizi psikolojik mekanizma önerilmiş olsa da bunların çoğunda örtük olan iklim → davranış → kaza modeli, bireylerin güvenlik iklimi algılarının performanslarını (davranışlarını) etkilemesidir (Neal & Griffin, 2006; Neal, Griffin & Hart, 2000; Clarke, 2010).

Griffin ve Neal, (2000) çalışma ortamında güvenli ve güvensiz davranışları ayırt etmek için aynı iki kategoriye uygulamıştır. Güvenlik performansının iki boyuttan oluşmaktadır: uyum ve katılım. Uyum, güvenlik prosedürlerine bağlı kalmayı ve işi güvenli bir şekilde yürütmeyi içerir. Katılım ise iş arkadaşlarına yardım etmeyi, işyerinde güvenlik programını teşvik etmeyi, inisiyatif göstermeyi ve işyerinde güvenliği iyileştirmek için çaba göstermeyi içerir. Güvenlik performansının belirleyicileri, uyum ve katılımdaki bireysel farklılıklardan doğrudan sorumlu olan faktörleri temsil eder.

Güvenlik performansı davranışının iki biçimi arasındaki önemli ayırt edici faktör, uyumun görev içi görevle ilgili davranış içerdiği, güvenlik katılımının ise gönüllü ve çalışanlar tarafından başlatılan ekstra rol davranışlarını içermesidir (Clarke

& Ward, 2006). Bazı araştırmalar her iki tür güvenlik performansı davranışının az sayıda işle ilgili kaza ve yaralanmalarla ilişkili olduğunu göstermektedir (Clarke, 2006).

Şekil 2’de görüldüğü gibi güvenlik iklimi algılarının bilgi ve motivasyon üzerindeki etkileriyle güvenlik performansını etkilediğini göstermektedir.



Şekil 2. Yapılar arasında varsayılmış ilişkiler (Neal, Griffin & Hart, 2000). (Figure 2. Assumed relationships between structures)

İş performansı kuramları çerçevesinde geliştirmiş oldukları güvenlik performansı modeli, güvenlik ikliminin güvenlik performansı ile ilişkisini gözler önüne sermektedir. Performans bileşenleri, bireylerin gerçekleştirdiği davranışları temsil eder. Performans belirleyicileri, doğrudan davranıştaki bireysel farklılıklardan sorumludur. Performansın öncülleri, bilgi, beceri ve motivasyon üzerindeki etkileri yoluyla davranışı etkileyen faktörleri temsil eder (Griffin & Neal, 2000). Yetenek, kişilik ve örgütsel iklim dahil olmak üzere iş davranışını etkilediği bilinen çok çeşitli bireysel ve çevresel faktörler vardır (Griffin & Neal, 2000).

Güvenlik motivasyonu, bir çalışanın güvenlik davranışlarını gerçekleştirmek için çaba gösterme istekliliği olarak ifade edilebilir (Neal & Griffin, 2006). Güvenlik motivasyonu, genellikle güvenlik iklimi gibi organizasyonel faktörlerin ortaya çıkardığı kişiyle ilgili bir faktör olarak kabul edilir (Griffin ve Curcuruto, 2016). Bu nedenle çalışanlar, çalışma ortamında olumlu bir güvenlik iklimi olduğunu algıladıklarında, genellikle ilgili davranışlarda bulunmaya motive olabilirler (Kim, Kim & Lee, 2021). Güvenlik motivasyonunun amacı, bilimsel ilkeleri ve prosedürleri kullanarak istenen güvenlik düzeyinde kazaları ve yaralanmaları önlemektir. Güvenlik motivasyonu, güvenlik prosedürlerine bağlılığı etkiler ve sadece bireylerin değil, aynı zamanda kuruluşların ve hatta toplumun güvenliğini sağladığı bulunmuştur (Ying, Zhijia & Lianbao, 2012).

1.1.3. Hipotezler

Yapılan analizlerde,

- Güvenlik ikliminin güvenlik performansı ile ilişkisinin doğrudan bir etkisinin olup olmadığı

- Güvenlik ikliminin motivasyon ve bilgi aracılığıyla güvenlik performansına etkisinin olup olmadığı,
- Güvenlik ikliminin bilginin tek başına güvenlik performansına etkisinin yeterli olup olmadığı,
- Güvenlik ikliminin bilginin tek başına güvenlik performansına etkisinin yeterli olup olmadığı,
- Güvenlik ikliminin güvenlik performansına olan etkisinin sektörler bazında bir farkın olup olmadığı,
- Güvenlik ikliminin güvenlik performansına olan etkisinin cinsiyet bazında bir farkının olup olmadığı,
- Güvenlik ikliminin güvenlik performansına olan etkisinin eğitim seviyeleri bazında bir farkının olup olmadığı

hipotezleri incelenmek istenmektedir.

1.1.4. Etik Kurul Onayı

Çalışmada kullanılan ölçekler, İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Etik Komisyonu'nun 1 Şubat 2021 tarihli 2021/1 toplantısının 30. kararı gereğince araştırmacılar tarafından kullanılması komisyon üyeleri tarafınca uygun görülmüştür.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çeviri Çalışması

Çeviri çalışmasına başlamadan önce "Güvenlik İklimi Ölçeği"ni geliştiren araştırmacılardan gerekli izinler için iletişime geçilip, ölçeği kullanmak adına onay alınmıştır. Ölçeğin İngilizce formu, İngilizce ve Türkçeyi iyi derecede bilen üç Psikoloji ve İş Sağlığı ve Güvenliği alan uzmanı tarafından Türkçeye çevirisi yapılmıştır. Daha sonra bu Türkçe çeviriler üzerinden de İngilizceye çeviri gerçekleştirilmiş ve ölçeğin orijinal formu ile karşılaştırılarak çeviri-tekrar çeviri süreci tamamlanmıştır.

Yapılan bu çalışmada kullanılan güvenlik iklimi, güvenlik performansı, güvenlik motivasyon ve güvenlik bilgisi ölçekleri Türkçeye çeviri çalışmasında Brislin ve arkadaşlarının (1973) öne sürdüğü beş aşamadan oluşan teknik kullanılmıştır. Bu aşamalar, ilk çeviri, ilk çeviriyi değerlendirme, geri çeviri, geri çeviriyi değerlendirme ve uzman görüşünü içermektedir. Yapılan bu ölçekler öncelikle iki İngiliz Dili ve Edebiyatı dil bilimcisi tarafından Türkçe'ye çevrilmiştir. Elde edilen Türkçe ölçek farklı üç Psikoloji ve İş Sağlığı ve Güvenliği alan uzmanı tarafından değerlendirilmiştir. Ölçek uyarlama süreciyle ilgili olarak en önem arz eden sorunlardan birisi ölçeğin ana dilden farklı bir dil ve kültürde geliştirilmiş olmasıdır (Öner, 1996). Bu nedenle yalnızca madde çevirisi yeterli görülmemektedir. Bu değerlendirmede soruların anlaşılabilirliği ve kültürel uygunluğu gözden geçirilmiş olup değerlendirme sonucunda elde edilen Türkçe ölçek, farklı iki İngiliz Dili ve Edebiyatı dil bilimcisi tarafından tekrar İngilizceye çevrilmiştir. Elde edilen İngilizce ölçek, özgün haliyle karşılaştırılmış ve son olarak üç Psikoloji ve İş Sağlığı ve Güvenliği alan uzmanı görüşüne sunulmuştur. Uzman değerlendirmeleri sonrasında ise uygulanan ölçeğin son hali ortaya çıkmış ve mevcut çalışmada kullanılması kararı alınmıştır.

2.2. Örneklem

Makalenin amacı dünyada ve ülkemizde güvenlik iklimini ve güvenlik performansını ölçmek için yaygın bir şekilde kullanılan, güvenlik iklimi kavramına yön verenler arasında bulunan Neal, Griffin ve Hart'ın 2000 yılında yapmış olduğu çalışmadaki ölçeklerinin geçerlilik ve güvenilirlik çalışmalarının yapılarak Türkçe diline uyarlanması ve güvenlik iklimi, güvenlik performansı düzeyleri ve aralarındaki ilişkiyi inceleyen bilgi ve motivasyon düzeylerini tespit etmektir.

Ülkemizde daha önceki çalışmalarda çeviri çalışması yapılarak kullanılan güvenlik iklimi ve güvenlik performansı ölçekleri için faktör analizi yapılmadığı görülmüştür. Bu nedenle güvenlik iklimi ve güvenlik performansı ölçekleri için ilk defa faktör analizi kullanılarak ölçekler analiz edilmiştir. Faktör analizi ile ilgili yapılan çalışmalarda gereken minimum örneklem büyüklüğü seçimi için sunulan önerilerin genel olarak iki kategoride toplandığı görülmektedir. Önerilerden biri mutlak örneklem büyüklüğünün önemli olduğunu ifade etmektedir (Doğan, Soysal & Karaman, 2017). Bu yaklaşıma göre minimum örneklem büyüklüğünün Gorsuch (1983) ve Kline (1979) en az 100; Tabachnick ve Fidell (2007) en az 150; Cattell (1978) en az 250 ve Norusis (1994) en az 300 olmasını gerektiğini belirtmişlerdir. Comrey ve Lee (2013) ise örneklem büyüklüğünü belirlerken 100= zayıf, 200= orta, 300= iyi, 500= çok iyi ve 1000= mükemmel olacak şekilde bir sınıflandırma yapmıştır. Bazı araştırmacılar ise mutlak örneklem büyüklüğü yerine birey/değişken sayısı oranının önemli olduğunu belirtmiştir (Doğan, Soysal & Karaman, 2017). Bu yaklaşıma göre birey/değişken oranı için Kline (2014), örneklem büyüklüğü 100'den az olmamak üzere birey/değişken oranının 10: 1 tutulmasını ancak bu oranın en az 2: 1 kadar düşürülebileceğini dile getirmiştir. Child (2006) tarafından yapılan bir çalışmada belirttiği üzere, faktör analizi tekniğinin kullanılabilmesi için gözlenen değişken sayısının veya çalışmada yer alan madde sayısının beş katı büyüklüğünde olması gerektiğini vurgulamıştır. Cattell (1978) bu oranın 3: 1 ile 6: 1 arasında olabileceği, Gorsuch (1983) ise 5: 1 oranının yeterli olabileceğini ifade etmiştir.

Bu çalışmada faktör analizinin yapılabilmesi için örneklem seçimi önerileri de baz alınarak Türkiye'nin çeşitli illerinden (İstanbul, İzmir, Antalya, Adana ve Ankara) hizmet, eğitim, sağlık, yapı işleri, sanayi ve serbest meslek çalışanlarından rastgele seçilen 317 gönüllü katılımcıdan oluşmaktadır. Toplanan verilerle ilgili olarak gönüllü kişilere Google Form üzerinden oluşturulan ilgili ölçek formları gönderilerek toplanmıştır.

2.3. Veri Toplama Araçları

2.3.1. Sosyo-Demografi

Cinsiyet, yaş, eğitim durumu, medeni hal, meslek, aylık gelir ve çocuk sahibi olma durumu göre demografik değişkenler değerlendirildi.

2.3.2. Güvenlik İklimi Ölçeği

Neal, Griffin ve Hart'ın 2000 yılında yapmış olduğu çalışmadaki güvenlik iklimi ölçeği kullanılmıştır. Bu ölçeğin Türkçe geçerlik ve güvenilirlik çalışmaları daha önce yapılmadığı için bu çalışmada 317 katılımcıdan toplanan verilerle açılımcı faktör analizi yapılmıştır. Ölçeğin orijinalinde bulunan alt boyutları; yönetim değerleri, iletişim, eğitim ve güvenlik sistemleri

Katılımcılar ölçek maddelerini beşli likert ölçeği yardımıyla değerlendirmişlerdir (1= Kesinlikle Katılmıyorum, 5= Kesinlikle Katılıyorum).

Eğitim alt boyutu; örgüt tarafından çalışanlara sağlanan güvenlik eğitimi ile ilgili çalışanların algılarını, yönetim değerleri alt boyutu; çalışan refahı için yönetim endişesini, iletişim alt boyutu; çalışan ve yönetim arasında güvenlikle ilgili iletişim hakkında çalışanların algılarını değerlendirmektedir. Güvenlik sistemleri alt boyutu ise 3 sorudan oluşmaktadır. Çalışma ortamı faktörü ölçeğin orijinalinde anlamsız çıkmasına karşın bu çalışmada da faktör analizinde ele alınmıştır (1= Kesinlikle Katılmıyorum, 5= Kesinlikle Katılıyorum).

2.3.3. Güvenlik performansının belirleyicileri

Güvenlik performansının belirleyicileri, Neal, Griffin ve Hart'ın 2000 yılında yapmış olduğu çalışmada ele aldığı güvenlik motivasyonu ve güvenlik bilgisi ölçekleridir. Güvenlik bilgisi ölçeği; güvenlik uygulamaları ve prosedürleri hakkındaki bilgilerini, güvenlik motivasyonu ölçeği; güvenlikle ilgili faaliyet prosedürlerini gerçekleştirmek için bireysel motivasyonu ölçmektedir (1= Kesinlikle Katılmıyorum, 5= Kesinlikle Katılıyorum).

2.3.4. Güvenlik performansının bileşenleri

Güvenlik performansı bileşenleri, Neal, Griffin ve Hart'ın 2000 yılında yapmış olduğu davranış ölçeğinden oluşur. Güvenli davranış ölçeği, güvenlik uyumu ve güvenlik katılımı olmak üzere iki alt boyuttan oluşmaktadır (1= Kesinlikle Katılmıyorum, 5= Kesinlikle Katılıyorum).

2.4. Veri Analizi

Yapılan bu çalışmada demografik özelliklerinin analizi, faktör analizi ve güvenilirlik analizi işlemleri için SPSS 25 analiz programı kullanılmıştır. Yapısal eşitlik modeli, yol analizi ve moderatör analizleri için IBM SPSS AMOS 26.0 analiz programı kullanılmıştır.

2.4.1 Yapısal Eşitlik Modeli

Yapısal eşitlik modellemesi (YEM), gözlenen ve gizil değişkenler arasındaki ilişkiler hakkındaki hipotezleri test etmek için kapsamlı bir istatistiksel yaklaşım sunmaktadır. YEM, diğer yaklaşımlardan (korelasyon, çoklu regresyon ve ANOVA gibi) daha esnek ve kapsamlıdır (Hoyle, 1995). Yapısal eşitlik modelinin yaygınlaşmasındaki bir diğer önemli etken ise ölçüm hatalarını en aza indirgeyebilmektir (Uca, 2016).

YEM'i kullanacak araştırmacı, kurumsal yapıyı veya modeli kurarken özgün olmalıdır. Ancak araştırmacı bu modeli ya da yapıyı oluştururken geçmişte yapılan araştırmalardan da faydalanabilmektedir. Yapısal eşitlik modeli ile yapılacak araştırmalarda öncelikle bu modelleme yapılmalıdır. Değişkenler arasındaki ilişki ve bu ilişkilerin yönleri kuramsal olarak belirlenir. Kuramsal yapıdaki ilişkilerin tamamı tanımlandıktan sonra toplanan verilerin bu ilişkileri destekleyip desteklemediği istatistiksel yöntem ve analizlerle test edilir (Kaynak, 2012).

Yapısal eşitlik modelleri, oluşturulan yapıdaki gizil boyutlar arasındaki açıklayıcı ilişkilere ait kuramsal iddiaların kabul edilebilir olup olmadığını test eder. Diğer bir ifade ile yapısal eşitlik modellerinde teoride var olan kavramsal model, veri yardımı ile test edilmeye çalışılır (Raykov & Marcoulide, 2006; Kline, 2005). Bu çalışmada, YEM analizi için IBM SPSS AMOS Sürüm 26.0 kullanılmıştır.

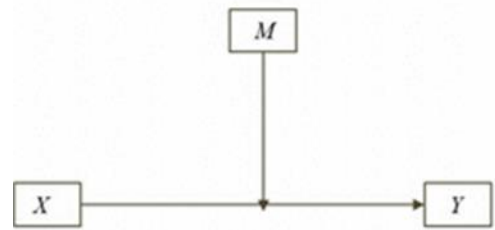
2.4.2. Yol Analizi

Gözlenen(ölçülen) değişkenler arasındaki ilişki ağlarını inceleyen analiz yöntemine "Yol Analizi" denilmektedir (Kline, 2015). Yol analizindeki amaç, değişkenler arasında olduğu varsayılan ilişkinin önemini ve büyüklüğünü tahmin ederek, çıkarımlarda bulunmaktır. Yol analizi çoklu regresyon modellerinin bir uzantısı olarak oluşmuştur. Yol analizinde sadece değişkenler arasındaki nedensellik değil, bununla birlikte nedensel modelleme (causal modelling) olarak adlandırılan yöntem kullanılarak değişkenler arasındaki ilişkiler araştırılıp tahmin edilebilmektedir (Schumacker & Lomax, 2010: 143).

Yol analizi, diğer analiz türlerine göre daha karmaşık modelleri analiz etmek için daha uygundur çünkü modeller üretmek için hem doğrudan hem de dolaylı etkiler incelenebilir ve aynı anda faktörler arasındaki çoklu ilişkiler analiz edilebilir (Kim, Sok & Won, 2021). Yol analizi ile regresyon analizi arasında benzerlik olsa da bazı özellikleri ile regresyon analizinden ayrılmaktadır. Bu özelliklerden biri regresyon analizinde bağımlı değişken sayısı her zaman bir tanedir. Buna karşın yol analizinde ise birden fazla bağımlı değişkenin eşzamanlı olarak tanımlanabilmektedir.

2.4.3. Düzenleyici (Moderatör) Regresyon Analizi

Düzenleyici (moderatör) değişken en basit anlamında değişkenler arasındaki (bağımlı ve bağımsız) ilişkinin gücünü veya yönünü belirleyen değişken olarak belirtilmektedir (Baron & Kenny, 1986). Bir başka deyişle düzenleyici değişken, değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü artırabilir, azaltabilir ya da bu ilişkinin yönünü pozitifse negatif, negatif ise pozitif yönde değiştirebilir. Düzenleyici değişkenler birçok kategoride olabilir. Örneğin bazı durumlarda cinsiyet, eğitim durumu, medeni hal vb. gibi sürekliliği olmayan kategoriler olabileceği gibi, beden kitle indeksi, kilo, boy, maaş, gibi sürekli olan-kesikli kategoriler de olabilir. Düzenleyici etki ise iki değişken arasındaki ilişkinin üçüncü bir değişkenin aldığı değerlere göre gösterdiği değişim olarak tanımlanabilir.



Şekil 3. Basit Moderatör Değişken (Sardeshmukh & Vandenberg, 2017). (Figure 3. Basic Moderator)

Şekil 3'te gösterildiği gibi üçüncü bir değişken olan M (moderatör değişkenler) X (yordayıcı değişkenler) ve Y (sonuç değişkenleri) arasındaki ilişkinin gücünü etkilediğinde moderasyon gerçekleşir. Başka bir deyişle, iki değişken (X ve Y) arasındaki ilişkinin gücü, üçüncü bir moderatör olan M değişkeninin doğrudan bir fonksiyonu olarak değişir.

Bu çalışmada sadece süreksiz-kategorik düzenleyici moderatör ile regresyon analizi yapılmıştır.

2.4.4. Uyum Kriter Testler

Ki-kare(χ^2) analizi, uygulanan modelin uyumunu test eden en temel ölçüm yöntemlerinden birisidir. Ki-kare, kavramsal olarak bu uyum ölçülen kovaryans matrisi ve model kovaryans matrisi arasındaki farkın ve örneklem hacminin bir fonksiyonudur. Ki-kare istatistiği örneklem büyüklüğüne göre değişiklik göstermektedir. Bu analiz, büyük örneklem ($N \geq 200$) değerlerinin olduğu ölçümlerde anlamlı sonuçlar vermektedir. Bu nedenle ki-kare serbestlik derecesi oranı χ^2/sd (CMIN/DF) * modelin uyumu olarak bir değerlendirme sağladığı ifade edilmektedir (Bayram, 2010).

Modelin uyumunu belirleyen birçok uyum indeksi bulunmaktadır. Bu çalışmada yer verilen uyum indeksleri;

Kalıntılara dayanan uyumluluk indekslerinden biri olan Goodness of fit index(GFI) model tarafından açıklanan varyans ve kovaryansın miktarının indeksidir. GFI değeri örneklem sayısı ile ilişkili olduğundan örneklem sayısı arttıkça GFI değeri de artış görülmektedir. GFI değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. GFI'nin $0,90 \leq GFI < 0,95$ arasındaki değerlerde olması "kabul edilir"; $0,95 \leq GFI \leq 1,00$ arasındaki değerlerde olması durumunda "iyi uyum" göstergesi olarak tanımlanmaktadır. Bu durum gözlenen değişkenler arasında kovaryansın hesaplandığı anlamına gelmektedir. (MacCallum & Sehee, 1997; Bayram, 2010).

GFI denklem Eş. (1);

$$GFI = 1 - \left(\frac{\chi_m^2}{\chi_b^2} \right) \quad (1)$$

m ; test edilen modeli, b ; bağımsız modeli göstermek üzere GFI uyum indeksi yukarıdaki gibi hesaplanır.

Comparative fit index (CFI) ise bağımsız modele dayanan uyum indeksleri içinde CFI en fazla kullanılan indeks değeridir. CFI değeri 1'den büyük çıkarsa 1 gibi değerlendirilir. CFI, 0-1 arası değişen değerler alır. $0,95 \leq CFI < 0,97$ arası değerler kabul edilir uyumu; $0,97 \leq CFI \leq 1$ iyi uyumu gösterir (Bayram, 2010).

CFI denklem Eş. (2);

$$CFI = 1 - \frac{\chi_m^2 - sd_m}{\chi_b^2 - sd_b} \quad (2)$$

m ; test edilen modeli, b ; bağımsız modeli, sd ; serbestlik derecesini göstermek üzere GFI uyum indeksi yukarıdaki gibi hesaplanır.

Korelasyon ölçümündeki kalıntıların karelerinin toplamının kare kökü, Standardized Root Mean Square Residual (SRMR) yani standardize edilmiş kalıntıların ortalama kare kökü olarak ifade edilmektedir (Bayram, 2010). Başka bir deyişle gözlenen ve tahmin edilen kovaryanslar arasındaki standardize edilmiş farkı ifade etmektedir. Yapılan ölçümün sonucunun sıfıra yakın olması kovaryanslar arasındaki mükemmel uyumu göstermektedir. $0,05$ 'in altındaki değerler de iyi bir uyumu gösterirken $0,05 \leq SRMR \leq 0,10$ kabul edilebilir uyumu ifade etmektedir (Bayram, 2010).

SRMR denklem Eş. (3);

$$SRMR = \sqrt{\frac{2}{p(p+1)} \sum_{i \leq j} \{ (s_{ij} - \sigma_{ij}(\theta)) \}^2 / s_{ii} s_{jj}} \quad (3)$$

Yukarıdaki formülde, $\sigma_{ij}(\theta)$; $\sum \theta$ nin (i, j) nin elemanıdır.

Yaklaşık hataların ortalama kare kökü (root mean square error of approximation) (RMSEA) $0,05$ 'ten küçük değerler "iyi" uyumu gösterirken, $0,05$ ile $0,10$ arasındaki değerler "kabul edilebilir" uyumu gösterir (Browne & Cudeck, 1992). Uyum ölçüleri arasında muhtemelen en popüler olanı RMSEA'dır (Jackson, Gillaspay & Purc-Stephenson, 2009).

RMSEA denklem Eş. (4);

$$RMSEA = \sqrt{(\chi^2 / sd - 1) / (N - 1)} \quad (4)$$

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Çalışmanın bulgular kısmında demografik bilgilere, çeviri çalışmasına, faktör ve geçerli güvenilirlik analizlerine, yapısal eşitlik modellemesine, yol analizine ve son olarak moderatör analizlerine yer verilmiştir.

3.1. Demografik Bilgiler

Tablo 2'de görüldüğü üzere 317 katılımcının %56,2'si (178) kadın ve %43,8'i (139) erkektir. 317 katılımcının %42,6'sı (135) 18-25 yaş aralığında, %36,9'u (117) 26-35 yaş aralığında, %12,6'sı (40) 36-45 yaş aralığında, %6,6'sı (24) 46-55 yaş aralığında, %1,3'ü (4) ise 55 yaş üzeri katılımcılardan oluşmaktadır. Aylık gelirlerine göre gruplandırıldığında 317 katılımcının %20,2'si (64) 2000₺ ve altı aylık gelire, %28,1'i (89) 2001₺-3000₺ arası aylık gelire, %18'i (57) 3001₺-4000₺ arası aylık gelire, %10,4'ü (33) 4001₺-5000₺ arası aylık gelire, %10,7'si (34) 5001₺-6000₺ arası aylık gelire ve %12,6'sı (40) ise 6000₺ üzerinde aylık gelire sahiptir. 317 katılımcının %3,8'i (12) ilkökul mezunu, %4,4'ü (14) ortaokul mezunu, %13,2'si (42) lise mezunu, %18'i (57) ön lisans mezunu, %40,7'si (129) lisans mezunu ve %19,9'u (63) ise lisansüstü eğitim programlarından mezun katılımcılardan oluşmaktadır. 317 katılımcının %30,9'u (98) evli ve %69,1'i (219) bekar kişilerden oluşmaktadır. Katılımcı profilinin genel sektörlere göre dağılımına baktığımızda ise %14,2'si eğitim sektöründen (45), %13,7'si sağlık sektöründen (43), %21,8'i hizmet sektöründen (69), %13,7'si yapı sektöründen (43), %16,4'ü sanayi ve üretim sektöründen (52), %20,8'i ise (66) diğer sektörlerdendir.

Tablo 2. Demografik Bilgiler Tablosu (Table 2. Demographic Information)

Değişken (N=317)	Frekans	%	
Cinsiyet	Erkek	139	43,8
	Kadın	178	56,2
Yaş	18-25	135	42,6
	26-35	117	36,9
	36-45	40	12,6
	46-55	24	6,6
Gelir	55+	4	1,3
	2000₺ Altı	64	20,2
	2001₺-3000₺	89	28,1
	3001₺-4000₺	57	18
	4001₺-5000₺	33	10,4

Aylık Gelir	5001₺-6000₺	34	10,7
	6000₺ Üzeri	40	12,6
Eğitim Durumu	İlkokul	12	3,8
	Ortaokul	14	4,4
	Lise	42	13,2
	Ön lisans	57	18
	Lisans	129	40,7
Medeni Durum	Evli	98	30,9
	Bekar	219	69,1
Çocuk Sahibi Olma	Evet	88	17,8
	Hayır	229	72,2
Sektör	Eğitim	45	14,2
	Sağlık	43	13,7
	Hizmet	69	21,8
	Yapı	43	13,7
	Sanayi-Üretim	52	16,4
	Diğer	66	20,8

3.2. Faktör Analizi ve Geçerli Güvenirlilik Analizi

Açımlayıcı faktör analizi (AFA): Ölçeğin Türkçe formu 317 yetişkin çalışan kişilere uygulanmıştır. SPSS veri girişi tamamlandıktan sonra açımlayıcı faktör analizi yapılmıştır. Araştırmanın faktör analizi orijinal 46 maddelik form üzerinden yapılmıştır. Yapılan faktör analizi sonucunda ölçeğin orijinal ölçekten farklı olarak altı faktörlü bir yapıda olduğu ve toplam varyansın %53'ünü açıkladığı görülmüştür (Tablo 3). Birden fazla faktöre yön veren ve hiçbir faktör yük vermeyen maddeler (5, 11, 12, 13, 17, 24, 25, 26, 27) ölçekten çıkarılmış ve yeniden faktör analizi yapılmıştır. Bir faktörün çok kararlı olabilmesi için en az 3 tane maddeye sahip olması gerekmektedir (Velicer ve Fava, 1998; Büyüköztürk, 2002; Hogarty vd., 2005). Bu nedenle dördüncü faktöre sadece iki madde yüklendiği için (14 ve 16) çıkarılmıştır. Ölçeğin faktör analizi soruları ve sonuçları Tablo 3 ve 4'te yer almaktadır:

Tablo 3. Ölçek Soruları (Table 3. Scale Questions)

Güvenlik İklimi

Yönetim Değerleri (Güvenlik İklimi Alt Boyut)

1. Yönetim, çalışanların iş güvenliğiyle ilgili ve alakalıdır.
2. Yönetimin işyerindeki İş Sağlığı ve Güvenliği üzerindeki etkisi güçlüdür
3. İş güvenliği, yönetim tarafından yüksek öncelik verilen bir konudur.
4. Yönetim, iş güvenliğini önemli sayar.
15. Çalışma ortamı güvenlidir.

18. İşyeri güvenliğindeki aksaklıkları önlemek için sistematik kurallar mevcuttur.

19. Bu organizasyondaki iş güvenliği kuralları ve uygulamaları yararlı ve etkilidir.

İletişim (Güvenlik İklimi Alt Boyut)

6. Çalışanlar, iş güvenliği konularıyla ilgili endişelerini yöneticiler ile tartışabilirler.

7. Toplantılarda iş güvenliği sorunlarını tartışmak ve çözümlmek için yeterli fırsatlar verilir.

8. Bu işyerinde iş güvenliği sorunları hakkında açık bir iletişim söz konusudur

9. Çalışanlarla işyerindeki sağlık ve güvenlik konuları hakkında düzenli olarak görüşmeler yapılır

10. Eğitim programlarında iş güvenliği konularına yüksek öncelik verilmektedir.

Güvenlik Motivasyonu

28. Etiketleme / kilitleme kurallarına bağlı kalmanın faydalı olduğunu düşünüyorum.

29. Genel iş sağlığı ve güvenliği kurallarını uygulamanın her zaman önemli olduğuna inanıyorum.

30. Uygun kişisel koruyucu donanımı sürekli kullanmanın önemli olduğuna inanıyorum.

31. Kişisel koruyucu donanımların belirtilen alanlarda kullanılmasının faydalı olduğuna inanıyorum.

32. Genel iş sağlığı ve güvenliği kurallarına bağlı kalmanın işimde önemli olduğuna inanıyorum.

33. Genel iş sağlığı ve güvenliği kurallarının geliştirilmesine dahil olmanın faydalı olduğuna inanıyorum.

34. İş sağlığı ve güvenliği programını desteklemenin önemli olduğuna inanıyorum.

35. Başkalarını güvenli çalışmaya teşvik etmenin önemli olduğuna inanıyorum.

36. İş sağlığı ve güvenliğinin devamlılığını sağlamak için fazladan çaba göstermenin faydalı olduğuna inanıyorum.

37. İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili görevler için gönüllü olmanın faydalı olduğuna inanıyorum.

38. Çalışma arkadaşlarıma güvensiz veya tehlikeli koşullarda yardım etmenin önemli olduğuna inanıyorum.

Güvenlik Bilgisi

20. İşimde nasıl güvenli bir şekilde çalışmam gerektiğini biliyorum

21. İş güvenliği ekipmanlarını nasıl kullanacağımı ve temel çalışma kurallarını biliyorum

22. İşyerinde sağlık ve güvenliği nasıl sağlayacağımı ya da geliştireceğimi biliyorum.

23. İşyerindeki kaza risklerini nasıl azaltacağımı biliyorum.

Güvenlik Performansı- Güvenlik Davranışı

Güvenlik Uyumu [Güvenlik Davranışı Alt Boyut]

39. İşimi güvenli bir şekilde yaparım.
40. İşimi yapmak için gerekli tüm güvenlik ekipmanlarımı kullanırım.
41. İşimi yaparken uygun iş güvenliği kurallarını uygulayırım.
42. İşimi yaparken iş güvenliğinin en üst seviyede olduğundan emin olurum
<u>Güvenlik Katılımı [Güvenlik Davranışı Alt Boyut]</u>
43. İşyerindeki iş güvenliği uygulamalarını desteklerim.
44. İşyerindeki güvenliği artırmak için fazla çaba sarf ederim.
45. Çalışma arkadaşlarıma riskli veya tehlikeli koşullarda çalışırken yardımcı olurum.
46. İşyerindeki güvenliği artırmaya yardımcı olan görevleri veya faaliyetleri gönüllü olarak yerine getiririm.

36.	0,90			
37.	0,91			
38.	0,73			
39.			0,77	
40.			0,86	
41.			0,84	
42.			0,94	
43.			0,80	
44.			0,91	
45.			0,86	
46.			0,88	

Tablo 4. Çalışmada Kullanılan Ölçeklerin Faktör Analizi Sonuçları (Table 4. Factor Analysis Results of the Scales Used in the Study)

No	Motivasyon	İletişim	Davranış	Bilgi	Yönetim Değerleri
1.					0,76
2.					0,77
3.					0,74
4.					0,83
6.		0,79			
7.		0,84			
8.		0,80			
9.		0,85			
10.		0,52			
15.					0,53
18.					0,44
19.					0,40
20.				0,81	
21.				0,86	
22.				0,85	
23.				0,83	
28.	0,78				
29.	0,87				
30.	0,95				
31.	0,90				
32.	0,81				
33.	0,90				
34.	0,90				
35.	0,94				

Kişinin iş sağlığı ve güvenliğine dair motivasyonunu ölçmeyi hedefleyen motivasyon alt boyutu “ İş sağlığı ve güvenliği programını desteklemenin önemli olduğuna inanıyorum.” Gibi 11 maddeden oluşmaktadır. Katılımcıların iş sağlığı ve güvenliği sürecindeki iletişim algısına dair “ Çalışanlar, iş güvenliği konularıyla ilgili endişelerini yöneticiler ile tartışabilirler. “ benzeri maddeleri içeren iletişim alt boyutu ise 5 maddeden oluşmaktadır. Kişilerin iş sağlığı ve güvenliği davranışlarını içeren davranış alt boyutu “ İşimi yaparken iş güvenliğinin en üst seviyede olduğundan emin olurum.” Gibi sekiz maddeden oluşmaktadır. Kendi içerisinde güvenlik uyumu (39, 40, 41 ve 42. Maddeler) ve güvenlik katılımı (43, 44, 45 ve 46. Maddeler) olmak üzere iki alt boyutu mevcuttur. Bilgi alt boyutu ise “ İşyerindeki kaza risklerini nasıl azaltacağımı biliyorum.” Gibi 4 maddeden oluşmaktadır. Son olarak “ İş güvenliği, yönetim tarafından yüksek öncelik verilen bir konudur.” Maddelerden oluşan yönetim değerleri alt boyutu ise 7 maddeden meydana gelmiştir. Ölçeğin orijinalinde 10. Madde eğitim sorusunda olmasına rağmen Türkçe uyarlamasında 10. Madde iletişim faktöründe bulunmuştur. Yine ölçeğin orijinalinde 15. Madde çalışma ortamında, 18. Ve 19. Madde iş güvenliği sisteminde olmasına rağmen yönetim faktöründe bulunmuştur. Değişen maddelere bakıldığında ilgili faktörü tanımlayabilecek yakın ilişkiler bulunan maddelerdir.

Güvenirlik çalışması: Uyarlama çalışması yapılan ‘Güvenlik İklimi Ölçeği’nin Cronbach Alfa katsayısı 0,97 olarak hesaplanmıştır. Motivasyon, İletişim, Davranış, Bilgi ve Yönetim Değerleri alt boyutlarına ilişkin güvenilirlik analizi sonuçları Tablo 5’te gösterilmektedir.

Tablo 5. Ölçeklerin Alt Boyutlarına İlişkin Güvenirlik Analizi Sonuçları (Table 5. Reliability Analysis Results Regarding the Sub-Dimensions of the Scales)

Ölçek Boyutları	Madde Sayısı	Cronbach Alfa Katsayısı
Motivasyon*	11 madde	0,97

İletişim**	5 madde	0,92
Davranış***	8 madde	0,97
Bilgi*	4 madde	0,94
Yönetim Değerleri**	7 madde	0,91

*Motivasyon ve Bilgi= Güvenlik performansının belirleyicileri (moderatör), ** İletişim ve Yönetim Değerleri= Güvenlik iklimi ölçeği, ***Davranış (Uyum ve Katılım)= Güvenlik performansı ölçeği

Not: Cronbach Alfa Katsayısı eğer, $0 < R_2 < 0.40$ ise güvenilir değil; $0.40 < R_2 < 0.60$ ise düşük güvenilirlikte; $0.60 < R_2 < 0.80$ ise oldukça güvenilir; $0.80 < R_2 < 1.00$ ise yüksek güvenilirlikte olduğunu göstermektedir (Uzunsakal & Yıldız, 2018).

Tablo 5'te görüldüğü gibi çalışmada kullanılan bütün ölçek boyutları $0.80 < R_2 < 1.00$ aralığında olduğundan dolayı yüksek güvenilirliktedir.

3.3. Korelasyon Analizi

Tablo 6. Değişkenler Arası İlişkiler (Table 6. Relationships Between Variables)

	GP	GK	GU	Gİ	E	C
Davranış (GP) (Güvenlik Performansı)		0,97**	0,97*	0,57*	0,15*	-0,15**
Güvenlik Katılımı (GK)			0,88*	0,53*	0,14*	-0,14*
Güvenlik Uyumu (GU)				0,59*	0,16*	

Güvenlik performansı ile güvenlik katılımı, güvenlik uyumu ve güvenlik iklimi arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır. Bunun yanında eğitim düzeyi arttıkça güvenlik performansı da anlamlı düzeyde artmaktadır. Kadınların güvenlik performansı erkeklere göre daha anlamlı düzeyde daha yüksektir.

Güvenlik katılımı ile güvenlik uyumu ve güvenlik iklimi arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır. Bunun yanında eğitim düzeyi arttıkça güvenlik katılımı da anlamlı düzeyde artmaktadır. Kadınların güvenlik katılımı erkeklere göre anlamlı düzeyde daha yüksektir.

Güvenlik uyumu ile güvenlik iklimi arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır. Eğitim düzeyi arttıkça güvenli uyumu da anlamlı düzeyde artmaktadır.

3.4. Yol Analizi

Tablo 7. Yol Analizinin Uyum Kriterleri ve İndeksleri Tablosu (Table 7. Table of Fit Criteria and Indexes of Path Analysis)

Model	CMI N	DF	P	CMIN/DF	GFI	CFI
Varsayılan model	0,00	0	*		1,000	1,000

* p değerinin 0,01'den küçük olduğunu ifade eder.

Ki kare dağılımlarında, değişkenin minimum değeri 0 (sıfır)'dır. Diğer bir deyişle CMIN = 0 olası en iyi uyumdur. Ki kare değişkeninin beklentisi, serbestlik derecesine eşittir. Diğer bir deyişle, doğru bir model için CMIN'in DF'ye yakın olmasını beklersiniz. Pek çok uyum ölçüsü, doğru bir model için 1'e yakın olması gereken CMIN / DF oranına veya 0'a yakın olması gereken CMIN-DF farkına bağlıdır (IBM Support, 2018).

Tablo 7'de görüldüğü gibi, yapılan çalışmada CMIN değeri 0,000 değerine; DF değeri 0'a eşit olduğu görülmektedir. Bu nedenle ki-kare serbestlik derecesinin (CMIN/DF) uyumlu olduğu görülmektedir.

GFI ve CFI değerlerinin 1,000'a eşit olduğu görülmektedir. Buradan sonuçla uyum indekslerinin iyi bir uyum sergiledikleri görülmektedir.

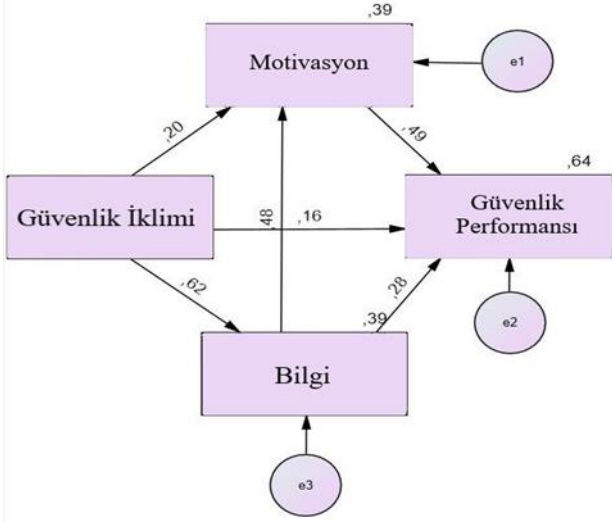
Modelin serbestlik derecesi sıfır olması, modelin tam tanımlanmış bir model olduğu anlamına gelmektedir. Modelde, veri ve yapısal parametreler arasında bire bir uyum olduğunu göstermektedir. Kısacası, gözlenen değişkenlerin varyans ve kovaryans sayısı, tahmin edilen parametrelerin sayısına eşittir (Bayram, 2010).

Tablo 8. Standartlaştırılmış Regresyon Ağırlıkları (Table 8. Standardized Regression Weights)

			Tahmin	P
Bilgi	<---	Güvenlik İklimi	0,622	***
Motivasyon	<---	Güvenlik İklimi	0,202	***
Motivasyon	<---	Bilgi	0,479	***
Güvenlik Performansı	<---	Güvenlik İklimi	0,157	***
Güvenlik Performansı	<---	Motivasyon	0,492	***
Güvenlik Performansı	<---	Bilgi	0,279	***

*** p değerinin 0.01'den küçük olduğunu ifade eder.

Tablo 8’de görüldüğü gibi YEM modelinin standardize regresyon ağırlıklarında her regresyonun anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ ’ten küçük olduğu dolayısıyla anlamlı olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4. Uygulanan Modelin Yol Analizi (Figure 4. Path Analysis of the Applied Model)

Şekil 4’te bulunan standardize edilmiş regresyon katsayılarına bakıldığında Güvenlik İklimi ile Motivasyon arasındaki standardize edilmiş regresyon katsayısının 0,20 olduğu; Güvenlik İklimi ile bilgi arasındaki standardize edilmiş regresyon katsayısının 0,62 olduğu; Güvenlik İklimi ile Güvenlik Performansı arasındaki direkt olarak standardize edilmiş regresyon katsayısının 0,16 olduğu görülmektedir. Bilgi ile Motivasyon arasındaki standardize edilmiş regresyon katsayısının 0,48 olarak; Bilgi ile Güvenlik Performansı arasındaki standardize edilmiş regresyon katsayısının 0,28 olduğu görülmektedir. Motivasyon ile Güvenlik Performansı arasındaki standardize edilmiş regresyon katsayısının 0,49 olarak bulunmuştur.

Şekil 4’te diyagramdan görüldüğü üzere Güvenlik Performansının %64’lük kısmının Güvenlik İklimi, Motivasyon ve Bilgi tarafından; Motivasyonun %39’luk kısmı Bilgi ve Güvenlik İklimi tarafından; Bilgi’nin ise %62’lik kısmının Güvenlik İklimi ile açıklanabilir olduğu ortaya çıkmıştır. Güvenlik iklimi güvenlik performansını doğrudan etkilediği gibi bilgi ve motivasyon aracılığıyla da güvenlik performansını etkilemektedir. Ayrıca bilgi hem motivasyon aracılığıyla hem de doğrudan güvenlik performansını etkilemektedir.

3.5.Yapısal Eşitlik Modeli Analizi

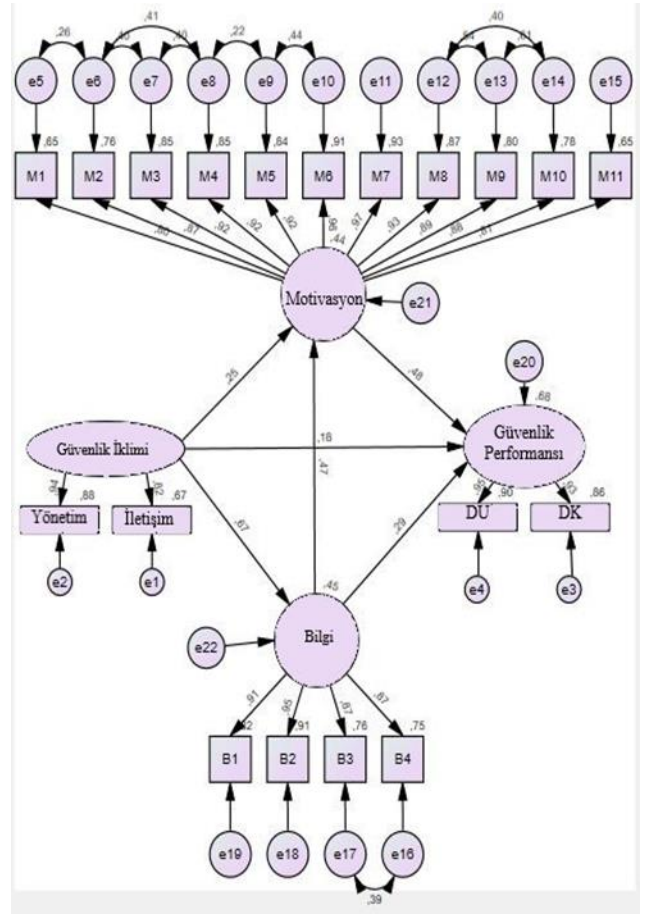
Tablo 9. YEM Uyum Kriterleri ve İndeksleri Tablosu (Table 9. SEM Compliance Criteria and Indexes Table)

Model	CMIN/DF	CFI	RMSEA	SRMR	P
Varsayıla	3,796	0,955	0,094	0,028	*

n model

* p değerinin 0,01’den küçük olduğunu ifade eder.

Tablo 9’a bakıldığında, ki-kare serbestlik derecesinin anlamlı olabilmesi için $0 \leq x^2/sd \leq 3$ olması gerekmektedir (Bayram, 2010). Modelin değeri ise 3,796 olduğu bulunmuştur. YEM’de birden fazla uyum kriterine bakıldığından uyum kriterlerinin çoğu uyum gösterdiği sürece model kabul edilmektedir (Bayram, 2010). Modelin CFI değeri 0,95 \leq CFI olması modelin uyum gösterdiği kabul edilir (Hu & Bentler, 1999). Tablo 9’a bakıldığında modelin RMSEA değerine kabul edilebilir uyumu gösterir (RMSE \leq 0,10) (Browne & Cudeck, 1992). Tablo 9’da SRMR \leq 0,05 olduğu için model iyi uyumu ifade etmektedir (Bayram, 2010). Tablo 9’da görüldüğü gibi modelin YEM ile analizinde parametrelerin çoğu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).



Şekil 5. Modelin YEM Analizde Gösterimi (Figure 5. Representation of the Model in SEM Analysis)

Şekil 5’e bakıldığında, Güvenlik Performansı gizil değişkeni için faktör yükleri 0,93-0,95 arasında değişmektedir, Güvenlik İklimi gizil değişkeni için faktör yükleri 0,82-0,94 arasında, motivasyon gizil değişkeni için faktör yükleri 0,80-0,97 arasında değişmekte ve bilgi gizil değişkeni için faktör yükleri 0,87-0,95 arasında değişmektedir. Güvenlik performansını gizil değişkeni için açıklanan varyansın %68’i güvenlik iklimi, bilgi ve motivasyon gizil değişkenlerinin direkt etkisiyle eşzamanlı olarak hesaplanmış ve aynı zamanda bilgi ve motivasyon değişkenlerinin dolaylı etkisi ile güvenlik ikliminin güvenlik

performansına bir etkisi gözlemlenmiştir. Bulunan bir diğer önemli bulgu ise güvenlik performansını açıklamada motivasyon gizil değişkeninin bilgi gizil değişkeninden daha fazla etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

3.6. Düzenleyici (Moderatör) Regresyon Analizi

3.6.1. Güvenlik ikliminin güvenlik performansı üzerindeki etkisi cinsiyet üzerinden değerlendirilmesi

Yapılan kategorik değişken ile moderatör (düzenleyici) regresyon analizinde P anlamlılık düzeyi değeri $p < 0,05$ olarak gözlemlenerek anlamlı olduğu saptanmıştır. Tablo 10'da a moderatörü kadını, b moderatörü erkeği temsil etmektedir. Parametreler için kritik oranlara bakıldığında a'dan b'ye olan etki, mutlak değerce 1,96'dan küçük olduğu için (Weston & Gore, 2006) anlamsız bulunmuştur. Yani güvenlik ikliminin güvenlik performansı üzerindeki etkisi cinsiyete göre değişmemektedir.

Tablo 10. Değişkenler Arasındaki Farklar için Kritik Oranlar (Varsayılan model)(Table 10. Critical Ratios for Differences Between Variables (Default model))

	a	b
a	0,000	
b	0,846	0,000

3.6.2. Güvenlik ikliminin güvenlik performansı üzerindeki etkisi eğitim durumu üzerinden değerlendirilmesi

Tablo 11. Değişkenler Arasındaki Farklar için Kritik Oranlar (Varsayılan model) (Table 11. Critical Ratios for Differences Between Variables (Default model))

	a	b	c	d	e	f
a	0,000					
b	-0,791	0,000				
c	0,701	1,691	0,000			
d	-0,078	0,923	-1,177	0,000		
e	-1,514	-0,512	-3,414	-2,306	0,000	
f	-2,529	-1,572	-4,740	-3,766	-1,713	0,000

Yapılan kategorik değişken ile moderatör (düzenleyici) regresyon analizinde P anlamlılık düzeyi değeri $p < 0,05$ olarak gözlemlenmiştir. Tablo 11 incelendiğinde, moderatörler a= ilkökul, b= ortaokul, c= lise, d= ön lisans, e= lisans, f= lisansüstü mezuniyeti temsil etmektedir. İlgili tabloya göre güvenlik ikliminin güvenlik performansı üzerindeki etkisi eğitim durumuna göre değişmektedir. Bu tabloya göre;

- Güvenlik ikliminin güvenlik performansı üzerindeki etkisi, ilkökul mezunu bireylerin lisansüstüne mezunu bireylere göre daha fazladır.

- Güvenlik ikliminin güvenlik performansı üzerindeki etkisi, lise mezunu bireylerin lisans mezunu bireylere göre daha fazladır.

- Güvenlik ikliminin güvenlik performansı üzerindeki etkisi, lise mezunu bireylerin lisansüstü mezunu bireylere göre daha fazladır.

- Güvenlik ikliminin güvenlik performansı üzerindeki etkisi, ön lisans mezunu bireylerin lisans mezunu bireylere göre daha fazladır.

- Güvenlik ikliminin güvenlik performansı üzerindeki etkisi, ön lisans mezunu bireylerin lisansüstü mezunu bireylere göre daha fazladır.

3.6.3. Motivasyonun güvenlik performansı üzerindeki etkisinin meslek grubu üzerinden değerlendirilmesi

Tablo 12. Değişkenler Arasındaki Farklar için Kritik Oranlar (Varsayılan model) (Table 12. Critical Ratios for Differences Between Variables (Default model))

	a	b	c	d	e	f
a	0,000					
b	0,330	0,000				
c	1,197	0,823	0,000			
d	-0,821	-1,122	-2,004	0,000		
e	1,893	1,495	0,714	2,680	0,000	
f	1,853	1,447	0,645	2,656	-0,089	0,000

Yapılan kategorik değişken ile moderatör(düzenleyici) regresyon analizinde P anlamlılık düzeyi değeri $p < 0,05$ olarak gözlemlenmiştir. Tablo 12'de moderatörler incelendiğinde a= eğitim, b= sağlık, c= hizmet, d= yapı işleri, e= sanayi ve üretim, f= serbest meslek sektöründe çalışanları temsil etmektedir. Tablo incelendiğinde motivasyonun güvenlik iklimi üzerindeki etkisi çalışılan sektöre göre değişmektedir. Tablo 12'e göre;

- Motivasyonun güvenlik performansı üzerindeki etkisi, hizmet sektöründe çalışan bireylerin yapı işleri sektöründe çalışan bireylere göre daha fazladır.

- Motivasyonun güvenlik performansı üzerindeki etkisi, yapı işleri sektöründe çalışan bireylerin sanayi ve üretim sektöründe çalışan bireylere göre daha fazladır.

- Motivasyonun güvenlik performansı üzerindeki etkisi, yapı işleri sektöründe çalışan bireylerin serbest meslek sektöründe çalışan bireylere göre daha fazladır.

Yapılan bu çalışmada, güvenlik bilgisinin hem doğrudan hem de dolaylı olarak, motivasyonun ise doğrudan güvenlik performansı üzerine etkisi olduğu saptanmıştır. Benzer bir şekilde Griffin ve Neal (2000) tarafından yapılan bir çalışmada

da güvenlik bilgisi ve motivasyon, güvenlik performansı ile ilgili sonuçları etkilediği ve ayrıca güvenlik iklimi ile güvenlik performansı arasındaki bağlantıya aracılık ettiği dile getirilmiştir.

Fang, Chen ve Wong'un (2006), yapmış olduğu çalışmada eğitim seviyesi güvenlik iklimi için önemli bir etki faktörüdür. Eğitim düzeyi düşük olan çalışanlar, güvenlik iklimi hakkında diğerlerine göre çok daha az olumlu algılara sahip olduklarını ifade etmişlerdir. Bu çalışmada da güvenlik ikliminin güvenlik performansı üzerindeki etkisi eğitim düzeyi açısından incelenmiştir ve bu etki eğitim seviyelerine göre farklılık göstermektedir. Güvenlik ikliminin güvenlik performansına olan etkisinin eğitim seviyesi düşük olan çalışanlarda daha fazla olduğu görülmüştür. Bu çalışmaların bulguları göz önünde bulundurulduğunda özellikle eğitim seviyesi düşük olan örgütlerin, güvenlik performansını artırmak için güvenlik iklimine verilen önemi artırmaları gerektiği düşünülebilir.

Bu çalışmada güvenlik ikliminin, güvenlik performansını direkt olarak pozitif yönlü etkilediği gibi, motivasyon ve bilgi aracılığıyla da pozitif yönlü etkilediği sonucuna varılmıştır. Güvenlik performansı ile ilgili yürütülen diğer çalışmalar incelendiğinde, Hon, Chan ve Yam (2014), tarafından yapılan çalışmada güvenlik ikliminin, güvenlik katılımı ve güvenlik uyumu (güvenlik performansı) ile pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğunu saptamışlardır. Benzer bir şekilde birçok araştırmada güvenlik iklimi ile güvenlik performansı arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur (Alruqi, Hallowell & Techera, 2018; Chen, Jin, & Soboyejo, 2013; He vd., 2020; Lingard, Cooke, & Blismas, 2011; Lu & Yang, 2011). Yapılan bu çalışmalarda ortak bir güvenlik iklimi anketi kullanılmamıştır. Ancak yapılan çalışmaların sonuçlarına bakıldığında güvenlik ikliminin güvenlik performansı üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmektedir.

Yapılan bu çalışmada güvenlik performansına doğrudan etki eden unsurlar arasında motivasyon en yüksek orana sahip olan etkidir. Bununla birlikte sırasıyla bilgi ve güvenlik iklimi de güvenlik performansı üzerinde doğrudan olumlu bir etkiye sahiptir. Benzer bir çalışmada Christian vd., (2009), güvenlik bilgisi ve güvenlik motivasyonu güçlü bir biçimde güvenlik performansı davranışları ile olumlu yönde ilişkisi olduğunu ifade etmişlerdir. Yapılan bir başka araştırmada da güvenlik motivasyonu iş kazası oranı(davranış) ile önemli ölçüde korelasyon gösterdiği saptanmış ve güvenlik motivasyonunun iş kazası oranının önemli bir belirleyicisi olduğu ifade edilmiştir. Bu nedenle, yüksek riskli işlerde güvenlik motivasyonunu artırmak ve iş baskısını azaltmak, kuruluşların iş kazası oranlarını düşürebilecek etkili yollardır (Pordanjani & Ebrahimi, 2015). Yapılan bu çalışmada motivasyonun güvenlik performansı üzerindeki etkisinin meslek gruplarına göre değişiklik gösterdiği saptanmıştır. – örneğin hizmet sektöründe motivasyonun güvenlik performansına olan etkisi diğer sektörlerle oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir.- Bu yüzden güvenlik motivasyonunu artırmaya yönelik çalışmalar sektörel koşullar göz önünde bulundurularak hazırlanmalıdır.

4. Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada güvenlik performansını doğrudan etkileyen en önemli unsurun motivasyon olduğu belirlenmiştir. Fakat güvenlik iklimi ve bilginin motivasyon üzerinde etkisi bulunduğu için güvenlik performansına dolaylı olarak etki ettiği görülmektedir. Aynı zamanda güvenlik ikliminin bilgi üzerinde

de güçlü bir etkisi bulunmaktadır. Bu yüzden güvenlik iklimi hem doğrudan hem motivasyon hem de bilgi aracılığıyla güvenlik performansına etki etmektedir. Bu sonuçlardan hareketle güvenlik performansının artmasını sağlamak için bilgi ve motivasyon artırıcı çalışmalar yapılmalıdır. Ayrıca motivasyon bilgi ve güvenlik iklimi birbirinden ayrılmadan bütüncül bir şekilde ele alınmalıdır. İSG bilgi seviyesini artırmak için öğrenim hayatı boyunca müfredat içerisinde İSG eğitimlerine yer verilmelidir. Ek olarak işyerlerindeki İSG eğitimlerinin nitelik ve nicelik bakımından artırılmalıdır. Motivasyon seviyesini artırmak için işyerlerinde İSG yönetim sistemlerini de içeren sosyal uygunluk standartlarının uygulanması ile güvenlik performansı sağlanabilir.

Bununla birlikte yapılan ölçek uyarlamasının kısıtları bulunmaktadır. Ölçekler, işyerleri için geçerli olduğundan dolayı tam zamanlı çalışanlar ve 18 yaşından büyük yetişkin bireyler için uygundur.

Güvenlik kültürü üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında Türkiye'de güvenlik kültürü düzeyinin zayıflığına dikkat çekilmiştir (Temur & Mertoğlu, 2019; Olcay, Temur & Sakallı, 2021). Ulusal literatürde güvenlik iklimi, güvenlik performansı belirleyicileri ve bileşenleri konusunda çalışmalarda tam anlamı ile ölçek uyarlaması yapılmamıştır. Bu çalışma ile, yapılan ölçek uyarlaması güvenlik iklimi ve güvenlik performansı ile ilgili yapılacak sonraki çalışmalara ışık tutabilecek niteliktedir.

5. Teşekkür

Yapılan bu çalışma, geçtiğimiz yıl mayıs ayında COVID-19 salgını sebebiyle hayatımı kaybeden Serhat TEMUR'a ithaf edilmiştir.

Kaynakça

- Alruqi, W. M., Hallowell, M. R., & Techera, U. (2018). Safety Climate Dimensions And Their Relationship To Construction Safety Performance: A Meta-Analytic Review. *Safety Science*, 109, 165-173.
- Barbaranelli, C., Petitta, L., & Probst, T. M. (2015). Does Safety Climate Predict Safety Performance In Italy And The USA? Cross-Cultural Validation Of A Theoretical Model Of Safety Climate. *Accident Analysis & Prevention*, 77, 35-44.
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The Moderator-Mediator Variable Distinction In Social Psychological Research: Conceptual, Strategic, And Statistical Considerations. *Journal Of Personality And Social Psychology*, 51(6), 1173.
- Bayram, N. (2010). Yapısal Eşitlik Modellemesine Giriş AMOS Uygulamaları. Ezgi Kitabevi.
- Beus, J. M., Payne, S. C., Bergman, M. E., & Arthur Jr, W. (2010). Safety Climate And Injuries: An Examination Of Theoretical And Empirical Relationships. *Journal Of Applied Psychology*, 95(4), 713.
- Brislin, Richard W.- LonnerWalter J.- Thorndike Robert M, (1973), *Cross Cultural Research Methods*, New York, John Wiley- SonsPub.
- Browne, M. W., & Cudeck, R. (1992). Alternative Ways Of Assessing Model Fit. *Sociological Methods & Research*, 21(2), 230-258.
- Bouargane, L., & Cherkaoui, A. (2015, October). Towards an explicative model of human cognitive process in a hidden hazardous situation and a cognitive ergonomics intervention in railway environment. In 2015 International Conference

- on Industrial Engineering and Systems Management (IESM) (pp. 968-976). IEEE.
- Büyüköztürk, Ş. (2002). Faktör Analizi: Temel Kavramlar ve Ölçek Geliştirmede Kullanımı. Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi, 32(32), 470-483.
- Campbell, J.P., Gasser, M.B. & Oswald, F.L. 1996, 'The Substantive Nature Of Performancevariability', In Individual Differences And Behavior In Organizations, Ed. K.R. Murphy, Jossey-Bass, San Francisco.
- Cattell, R. B. (1978). The Scientific Use Of Factor Analysis. New York: Plenum.
- Chen, Q., Jin, R., & Soboyejo, A. (2013). Understanding A Contractor's Regional Variations in Safety Performance. Journal Of Construction Engineering And Management, 139(6), 641-653.
- Child, D. (2006). The Essentials of Factor Analysis. A&C Black.
- Christian, M. S., Bradley, J. C., Wallace, J. C., & Burke, M. J. (2009). Workplace Safety: A Meta-Analysis Of The Roles Of Person And Situation Factors. Journal Of Applied Psychology, 94(5), 1103.
- Clarke, S. (2006). The Relationship Between Safety Climate And Safety Performance: A Meta-Analytic Review. Journal Of Occupational Health Psychology, 11(4), 315.
- Clarke, S. (2010). An Integrative Model Of Safety Climate: Linking Psychological Climate And Work Attitudes To Individual Safety Outcomes Using Meta-Analysis. Journal Of Occupational And Organizational Psychology, 83(3), 553-578.
- Clarke, S., & Ward, K. (2006). The Role Of Leader Influence Tactics And Safety Climate In Engaging Employees' Safety Participation. Risk analysis, 26(5), 1175-1185.
- Clarke, S., Probst, T. M., Guldenmund, F. W., & Passmore, J. (2015). The Wiley Blackwell Handbook Of The Psychology Of Occupational Safety And Workplace Health. John Wiley & Sons.
- Comrey, A. L., & Lee, H. B. (2013). A First Course In Factor Analysis. Psychology press.
- Cooper, M. D. (2000). Towards A Model Of Safety Culture. Safety Science, 36(2), 111-136.
- Cooper, M. D., & Phillips, R. A. (2004). Exploratory Analysis Of The Safety Climate And Safety Behavior Relationship. Journal Of Safety Research, 35(5), 497-512.
- Cox, S., & Cox, T. (1991). The Structure Of Employee Attitudes To Safety: A European Example. Work & Stress, 5(2), 93-106.
- Doğan, N., Soysal, S., & Karaman, H. (2017). Aynı Örnekleme Açımlayıcı ve Doğrulayıcı Faktör Analizi Uygulanabilir Mi? Pegem Atıf İndeksi, 373-400.
- Ensari Özyay, M , Yılmaz, A , Uçan, R . (2020). Occupational Safety Culture Of Accommodation Sector Employees In Balıkesir Province: NOSACQ-50 Survey . International Journal of Pure and Applied Sciences , 6 (2) , 186-193 .
- Eskandari, D., Gharabagh, M. J., Barkhordari, A., Gharari, N., Panahi, D., Gholami, A., & Teimori-Boghsani, G. (2020). Development of a Scale for Assessing the Organization's Safety Performance Based Fuzzy ANP. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 104342.
- Fang, D., Chen, Y., & Wong, L. (2006). Safety Climate In Construction Industry: A Case Study In Hong Kong. Journal Of Construction Engineering And Management, 132(6), 573-584.
- Geller, E. Scott (1994), "Ten Principles for Achieving a Total Safety Culture", Professional Safety, 39 (9), American Society of Safety Engineers, pp. 18-25.
- Givehchi, S., Hemmativaghef, E., & Hoveidi, H. (2017). Association Between Safety Leading Indicators and Safety Climate Levels. Journal Of Safety Research, 62, 23-32.
- Gorsuch, R. L. (1983). Factor Analysis. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Griffin, M. A., & Curcuruto, M. (2016). Safety Climate in Organizations. Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior, 3, 191-212.
- Griffin, M. A., & Neal, A. (2000). Perceptions Of Safety At Work: A Framework for Linking Safety Climate To Safety Performance, Knowledge, and Motivation. Journal of Occupational Health Psychology, 5(3), 347-358. <https://doi.org/10.1037/1076-8998.5.3.347>
- Guldenmund, Frank W. (2000), "The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research", Safety Science, Vol. 34, pp. 215-257.
- He, C., McCabe, B., Jia, G., & Sun, J. (2020). Effects Of Safety Climate And Safety Behavior On Safety Outcomes Between Supervisors and Construction Workers. Journal Of Construction Engineering And Management, 146(1), 04019092.
- Hofmann, D. A., & Stetzer, A. (1996). A Cross-Level Investigation Of Factors Influencing Unsafe Behaviors And Accidents. Personnel Psychology, 49(2), 307-339.
- Hogarty, K. Y., Hines, C. V., Kromrey, J. D., Ferron, J. M., & Mumford, K. R. (2005). The Quality Of Factor Solutions in Exploratory Factor Analysis: The Influence of Sample Size, Communalities, and Overdetermination. Educational and Psychological Measurement, 65(2), 202-226.
- Hon, C. K., Chan, A. P., & Yam, M. C. (2014). Relationships Between Safety Climate And Safety Performance Of Building Repair, Maintenance, Minor Alteration, and Addition (RMAA) Works. Safety science, 65, 10-19.
- Hoyle, R. H. (1995). Structural Equation Modeling: Concepts, Issues, and Applications. Sage.
- Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff Criteria For Fit Indexes In Covariance Structure Analysis: Conventional Criteria Versus New Alternatives. Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal, 6(1), 1-55.
- International Business Machine (IBM), IBM Support, <https://www.ibm.com/support/pages/when-amos-will-not-provide-fit-measures> [Last Access: 31.01.2021]
- Insag- 15 Report (2002), Key Practical Issues in Strengthening Safety Culture, A Report by the International Nuclear Safety Advisory Group (Uluslararası Nükleer Güvenlik Danışma Grubu), International Atomic Energy Agency, Vienna.
- Jackson, D. L., Gillaspay Jr, J. A., & Purc-Stephenson, R. (2009). Reporting Practices in Confirmatory Factor Analysis: An Overview And Some Recommendations. Psychological methods, 14(1), 6.
- Kaynak, Z. N. (2012). Yapısal Eşitlik Modelleri, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 27-28.
- Khandan, M., Maghsoudipour, M., Vosoughi, S., & Kavousi, A. (2013). Safety climate and prediction of ergonomic behavior. International journal of occupational safety and ergonomics, 19(4), 523-530.
- Kim, E., Sok, S. R., & Won, C. W. (2021). Factors Affecting Frailty Among Community-Dwelling Older Adults: A Multi-Group Path Analysis According To Nutritional Status. International Journal of Nursing Studies, 115, 103850.

- Kim, S., Kim, P. B., & Lee, G. (2021). Predicting Hospitality Employees' Safety Performance Behaviors in The COVID-19 Pandemic. *International Journal of Hospitality Management*, 93, 102797.
- Kline, P. (1979). *Psychometrics and Psychology*. London: Acaderric Press.
- Kline, P. (2014). *An Easy Guide to Factor Analysis*. Routledge.
- Kline, R. B. (2015). *Principles And Practice Of Structural Equation Modeling*. Guilford Publications.
- Lingard, H., Cooke, T., & Blismas, N. (2011). Coworkers' Response to Occupational Health and Safety. *Engineering, Construction And Architectural Management*.
- Lu, C. S., & Yang, C. S. (2011). Safety Climate And Safety Behavior İn The Passenger Ferry Context. *Accident Analysis & Prevention*, 43(1), 329-341.
- MacCallum, R. C., & Hong, S. (1997). Power Analysis in Covariance Structure Modeling Using GFI and AGFI. *Multivariate Behavioral Research*, 32(2), 193-210.
- McSween TE. *Values based safety processes*. 2nd ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley; 2003
- Mearns, K. J., & Flin, R. (1999). Assessing the state of organizational safety—culture or climate?. *Current psychology*, 18(1), 5-17.
- Neal, A., & Griffin, M. A. (2002). Safety Climate And Safety Behaviour. *Australian Journal Of Management*, 27(1_suppl), 67-75.
- Neal, A., & Griffin, M. A. (2006). A Study Of The Lagged Relationships Among Safety Climate, Safety Motivation, Safety Behavior, and Accidents at the Individual and Group Levels. *Journal Of Applied Psychology*, 91(4), 946.
- Neal, A., Griffin, M. A., & Hart, P. M. (2000). The Impact Of Organizational Climate On Safety Climate And Individual Behavior. *Safety Science*, 34(1-3), 99-109.
- Norusis, M. J. (1994). *SPSS Advanced Statistics 6.1*. Chicago, IL: SPSS Inc
- Olçay, Z. F., Temur, S., & Sakalli, A. E. (2021). A Research on the Knowledge Level and Safety Culture of Students Taking Occupational Health And Safety Course. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 16(1), 187-200.
- Öner, N. (1996). Türkiye'de Kullanılan Psikolojik Testler: Bir Başvuru Kaynağı, İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, 56-63.
- Patankar, M. S., & Sabin, E. J. (2010). The Safety Culture Perspective. In *Human Factors in Aviation* (pp. 95–122). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374518-7.00004-3>
- Pidgeon, N. 1991. Safety Culture and Risk Management in Organizations. *Cross-Cultural Psychology* 22: 129–140.
- Pordanjani, T. R., & Ebrahimi, A. M. (2015). Safety Motivation and Work Pressure As Predictors Of Occupational Accidents in the Petrochemical Industry. *Health Scope*, 4(4).
- Reason, J. (1995). A Systems Approach to Organizational Error. *Ergonomics*, 38(8), 1708-1721.
- Sakalli, A. E. (2019). A Tipi ve B Tipi Kişilik Özelliğine Sahip Bireylerde İş Doyumu Ve Kazalanma Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *OHS Academy*, 2 (1) , 11-31 .
- Sardeshmukh, S. R., & Vandenberg, R. J. (2017). Integrating Moderation and Mediation: A Structural Equation Modeling Approach. *Organizational Research Methods*, 20(4), 721-745.
- Schumacker, R.E.- R.G. Lomax, (2010), *A Beginners's Guide to Structural Equation Modeling*, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey.
- Uca, N., & Sümen, H. (2016). Ülkelerin Yolsuzluk Algısının, Lojistik Performansının, Dış Ticaret Hacminin ve Küresel Rekabet İlişkisinin Yapısal Eşitlik Modeli İle İncelenmesi: Kavramsal Model Önerisi (Master's thesis, Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Seo, D. C., Torabi, M. R., Blair, E. H., & Ellis, N. T. (2004). A Cross-Validation Of Safety Climate Scale Using Confirmatory Factor Analytic Approach. *Journal Of Safety Research*, 35(4), 427-445.
- Sue Cox & Tom Cox (1991) The Structure Of Employee Attitudes To Safety: A European Example, *Work & Stress*, 5:2, 93-106,
- Tabachnick, B. G. ve Fidell, L. S. (2007). *Using Multivariate Statistics*. Boston: Allyn and Bacon.
- Temur, S., Mertoğlu, B. () Türkiye ve Çekya Arasındaki Güvenlik Kültürüne Bakış Açısı Üzerine İrdeleme. *Ohs Academy*, 2.2: 67-76.
- Uzunsakal, E., & Yıldız, D. (2018). Alan Araştırmalarında Güvenilirlik Testlerinin Karşılaştırılması ve Tarımsal Veriler Üzerine Bir Uygulama. *Uygulamalı Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(1), 14-28.
- Velicer, W. F., & Fava, J. L. (1998). Affects Of Variable and Subject Sampling On Factor Pattern Recovery. *Psychological Methods*, 3(2), 231.
- Wallace, J. C., Popp, E., & Mondore, S. (2006). Safety Climate As A Mediator Between Foundation Climates and Occupational Accidents: A Group-Level Investigation. *Journal Of Applied Psychology*, 91(3), 681.
- Weston, R., & Gore, P. A. (2006). A Brief Guide to Structural Equation Modeling. *The Counseling Psychologist*, 34(5), 719–751.
- Ying, L., Zhijia, H., & Lianbao, L. (2012). Motivation Mechanism Of Accident Prevention in Coal Mine. *Procedia Engineering*, 43, 174-179.
- Zohar, D. (1980). Safety Climate in İndustrial Organizations: Theoretical And Applied Implications. *Journal Of Applied Psychology*, 65(1), 96.
- Zohar, D. (1980). Safety Climate in İndustrial Organizations: Theoretical And Applied Implications. *Journal Of Applied Psychology*, 65(1), 96.
- Türkmenoğlu, C. (2015). *Türkçe Metinlerde Duygu Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ye, X. Li, S. Yang, X. Qin, C. (2016). Use of Social Media For The Detection and Analysis of Ainfectious Diseases in China. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 5, 156.
- Widener, M.J. Li, W. (2014). Using Geolocated Twitter Data To Monitor The Prevalence of Healthy and Unhealthy Food References Across The US. *Appl. Geogr.*, 54, 189–197.
- Wilson, T., Wiebe, J. Hoffmann, Pmesa. (2005). Recognizing Contextual Polarity in Phrase-Level Sentiment Analysis. In *Proceedings of The Conference on Human Language Technology and Empirical Methods in Natural Language Processing*, pp. 347-354. Association for Computational Linguistics.



Fındık Kurdu (*Curculio nucum* L. Col.: Curculionidae)'nun Düzce ve Sakarya'daki Mevcut Durumunun Belirlenmesi

Ercan Çöpoğlu^{1,2*}, Salih Karabörklü³

¹ Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Düzce, Türkiye

² Koruma Klor Alkali San. ve Tic. A.Ş., Kocaeli, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6461-6195), ercan.copoglu@hotmail.com

³ Düzce Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Düzce, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4737-853X), salihkaraborklu@duzce.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 18 Kasım 2021 ve Kabul Tarihi 03 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1025526)

ATIF/REFERENCE: Çöpoğlu, E. & Karabörklü, S. (2022). Fındık Kurdu (*Curculio nucum* L. Col.: Curculionidae)'nun Düzce ve Sakarya'daki Mevcut Durumunun Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 107-111.

Öz

Fındık kurdu (*Curculio nucum*) fındığın en önemli zararlılarından birisidir. Bu çalışma *C. nucum* zararlısının Düzce ve Sakarya illerindeki yaygınlığının, popülasyon yoğunluğunun ve meyvedeki zarar düzeyinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışma 29 adet fındık bahçesinde yürütülmüştür. Zararlının Düzce ve Sakarya illerindeki yayılış oranları 2020 yılı için sırasıyla %40 ve %28.58 iken bu oranlar 2021 yılı için %46.67 ve %50'ye yükselmiştir. Düzce ve Sakarya illerinde 10 fındık ocağı başına düşen ortalama ergin sayısı 2020 yılı için 0.57 ve 0.25 adet iken bu oranlar 2021 yılında 0.63 ve 0.64 adet olarak hesaplanmıştır. Düzce'de ilçeler bazında elde edilen en yüksek ortalama değer 1 adet, Sakarya'da ise 2 adet olarak kaydedilmiştir. Bahçeler düzeyinde ise Düzce'de 10 fındık ocağı başına düşen ergin sayısı 0-4 adet, Sakarya'da ise 0-2 adet arasında değişim göstermiştir. Fındık kurdu nedeniyle önemli oranda delikli meyve oluşmuştur. Hasat sırasında kaydedilen delikli meyve oranları 2020 yılında Düzce ve Sakarya için %2.93 ve %3.07 iken bu oranlar 2021 yılında %5.63 ve %4.36 olmuştur. Genel olarak zararlı yoğunluğunun ekonomik zarar eşiğinin altında olduğu ancak bahçe düzeyinde eşiği aşan lokasyonlar olduğu görülmüştür. Sonuç olarak ilerleyen yıllarda problem yaşanmaması için zararlı popülasyonunun yakından takip edilmesi faydalı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Curculio nucum*, Fındık kurdu, Meyve zararı, Popülasyon yoğunluğu, Yaygınlık.

Current Status of Hazelnut Weevil, *Curculio nucum* L. (Col.: Curculionidae) in Duzce and Sakarya Provinces of Turkey

Abstract

Hazelnut weevil, *Curculio nucum* is one of the most important pest insects causing damage on hazelnut. The current study was aimed to determine the prevalence rate, population density and level of damaged nut of *C. nucum* in Duzce and Sakarya provinces. This study was carried out in 29 hazelnut orchards. While the prevalence rates of pest were 40 and 28.58% for Duzce and Sakarya at 2020, these rates were increased to 46.67 and 50% for 2021. The numbers of the adults per ten hazelnut trees community were 0.57 and 0.25 for Duzce and Sakarya provinces at the 2020, but these rates were calculated as 0.63 and 0.64 for 2021. The highest average value obtained on the basis of districts was 1 adult for Duzce, it was recorded as 2 adults for Sakarya. At the orchard level, the number of the adults per ten hazelnut trees community varied between 0-4 and 0-2 adults for Duzce and Sakarya. It has been determined that the rate of perforated fruit due to hazelnut weevil larvae was substantial. The perforated fruit rates recording harvest were 2.93% and 3.07% for Duzce and Sakarya in 2020, but these rates were 5.63% and 4.36% in 2021. In general, it is seen that the pest population density is below the economic damage threshold, but some orchards determined that exceed the threshold. As a result, it will be useful to closely monitor the pest population in order to avoid problems in the coming years.

Keywords: Hazelnut weevil, *Curculio nucum*, Prevalence, Population density, Nut damage.

* Sorumlu Yazar: ercan.copoglu@hotmail.com

1. Giriş

Fındık, Avrupa, Kafkaslar, Batı Asya, Kuzey Afrika ve Amerika'da birçok enlem ve yükseklikte yaygın olan yetiştirilen en eski tarım ürünlerinden birisidir (AliNiaze, 1998). Pek çok türü olmasına karşın en yaygın olarak yetiştirilen fındık türü *Corylus avellana* L. (Fagales: Betulaceae)'dir. Fındık insan sağlığı ve beslenmesinde çok önemli bir yere sahip olan oldukça değerli bir tarım ürünüdür (Şen ve Karabörklü, 2020). Fındık yüksek oranda yağ (%64) ve önemli miktarda protein (%16,5), karbonhidrat (%14), mineral ve vitamin içermektedir (Anıl vd. 2018). Fındık en yaygın yetiştiriciliğe sahip sert kabuklu meyvelerden birisi olup dünyadaki üretim alanı 2019 yılı için 1 milyon ha olarak hesaplanmıştır (FAOSTAT, 2021). Her ne kadar birçok ülkede yetiştiriliyor olsa da Türkiye dünyada en önemli üretici pozisyonundadır. Türkiye 2019 verilerine göre 734.409 ha ile yetiştiricilik alanında %73.4'lük bir paya sahiptir. Üretim miktarları dikkate alındığında ise ülkemiz 2019 yılında dünya fındık üretiminin %69'unu (776.046 ton) tek başına karşılamıştır (FAOSTAT, 2021). 2020 yılında ise Türkiye'deki üretim 665.000 ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2021).

Her yıl yaklaşık 100'den fazla ülkeye ihraç edilen fındık ülkemiz ekonomisine önemli döviz girdisi sağlamaktadır (Aktaş vd. 2011). Türkiye üretim alanı ve üretim miktarı açısından ilk sırada yer almasına rağmen fındık veriminde istenilen seviyeye ulaşamamış ve diğer önemli fındık üreticisi ülkelerin gerisinde kalmıştır (Aydın vd. 2018). Dünya fındık veriminde 2019 yılında ilk sırayı 225 kg/da ile Fransa almıştır. Bu ülkeyi ise 212 kg/da ile Çin ve Yunanistan takip etmiştir. Ülkemizdeki verim ise aynı yıl için 105.67 kg/da olarak hesaplanmıştır (FAOSTAT, 2021).

Fındıkta verim ve kalite kaybına sebebiyet veren en önemli etmenler arasında zararlı böcek ve akarlar gösterilmektedir. Fındıkta verim ve kalite kaybına neden olan birçok böcek türü bulunmaktadır. Ülkelere, bölgelere ve yıllara bağlı olarak değişimle birlikte bazı türlerin fındıkta önemli düzeyde ekonomik zarar oluşturduğu bilinmektedir (Işık ve vd. 1987; Tuncer, 2009; Guidone vd. 2007; Miller vd. 2019). Yapılan birçok çalışma sonucunda, fındık kurdu, *Curculio nucum* L. (Col.: Curculionidae) türünün Türkiye'de fındığın en önemli zararlılarından biri olduğu rapor edilmiştir (Tuncer ve Ecevit, 1997; Saruhan ve Tuncer, 2001; Akça ve Tuncer, 2005). Ayrıca, bu zararlının fındık yetiştiriciliği yapılan birçok ülkede var olduğu ve fındığın ana zararlılarından biri olduğu da saptanmıştır (Pucci, 1992; Ioachim ve Bobarnac, 1997; AliNiaze, 1998; Milenkovic ve Mitrovic, 2001, Guidone vd. 2007; Cheng vd. 2016). *Curculio nucum* türünün erginleri karanfillerde, fındık meyve kabuğunda ve meyvede, larvaları ise meyvede zarar oluşturmak ve de fungal hastalıkların meyveye girişi ve depoya taşınmasına sebebiyet vermek suretiyle fındıkta önemli oranda verim ve kalite kaybına neden olmaktadır (Akça, 2003; Karabörklü ve Altın, 2018). Fındık kurdu zararının görüldüğü meyvelerinde depoya geçmesi nedeniyle fındık kurdunun önemli randıman kayıplarına sebebiyet verdiği de rapor edilmiştir (Karabörklü ve Altın, 2018). Fındık kurdu, tüm fındık yetiştirilen bölgelerimizde, özellikle orta ve yüksek kesimlerde zarar yapmaktadır.

Sakarya ve Düzce illeri ülkemiz fındık üretiminde önemli bir yere sahiptir. Ülkemiz fındık üretiminde Sakarya 2020 yılı verilerine göre 91.000 ton ile 3. sırada, Düzce ise 57.000 ton ile 5. sırada yer almaktadır. Ülkemiz fındık üretiminde Sakarya %13.68'lik bir paya sahip iken Düzce ise %8.57'lik bir paya sahiptir. Her iki il toplamda ise %22.25'lik bir paya sahiptir (TÜİK, 2021).

Bu çalışma ülkemizde fındık üretim alanlarında önemli ürün ve kalite kaybına neden olan fındık kurdu (*Curculio nucum*) zararlısının Düzce ve Sakarya illerindeki yaygınlığının, popülasyon yoğunluğunun ve meyvedeki zarar düzeyinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Yapılan Bahçeler

Curculio nucum türünün Düzce ve Sakarya illerindeki yaygınlık, popülasyon yoğunluğu ve meyvedeki zarar oranı takibinin yapılacağı bahçeler fındık ekiliş alanları göz önüne alınarak belirlenmiştir. Çalışmalar 2020 ve 2021 yılları üretim sezonlarında 2 yıl süre ile aynı bahçelerde yürütülmüştür. Düzce ilinin farklı lokasyonlarından 15, Sakarya ilinin farklı lokasyonlarında ise 14 adet olmak üzere toplam 29 bahçede gözlem ve sayım yapılmıştır (Çizelge 1). Fındık bahçelerinin seçiminde yükselti faktörü de dikkate alınmıştır.

2.2. Yaygınlık Durumu

Fındık bahçeleri zararlının bulunma durumuna göre kategorize edilmiştir. Zararlıya ait ergin bulunan bahçeler bulaşık olarak kabul edilmiştir. Bulaşık bahçelerden yola çıkılarak Düzce ve Sakarya illerindeki % yaygınlık oranları hesaplanmıştır. Yaygınlık tespiti için Nisan ve Mayıs aylarında olmak üzere yılda iki kez gözlem yapılmıştır.

2.3. Zararlı Yoğunluğunun Tespiti

Zararlı yoğunluğunun tespiti için sayım yapılacak ocak sayıları bahçe büyüklükleri dikkate alınarak belirlenmiştir. 1-10 da büyüklükteki bahçeler için 10 ocak, 11-30 da büyüklükteki bahçeler için 20 ocak ve 30 dekinden büyük bahçeler için de 30 ocak da sayım yapılmıştır. Ergin sayımı Nisan ve Mayıs ayında olmak üzere yılda iki kez yapılmıştır. Zararlı yoğunluğunun tespitinde iki sayım sonucunun ortalaması alınarak 10 ocak başına düşen zararlı yoğunluğu hesaplanmıştır. Ergin sayımları sabah erken saatlerde, akşamüstü veya havanın kapalı olduğu günlerde yapılmıştır. Beyaz çarşaf üzerine (3 m x 3.5 m ebatlarında) silkeleme yöntemi kullanılarak ergin sayımı yapılmıştır. (Akça ve Tuncer, 2005). Sayımlar ergin çıkışına müteakip başlatılmış ve hâkim çeşitlerin yarından fazlası mercimek büyüklüğüne ulaştığında sonlandırılmıştır.

2.4. Meyvedeki Zarar Oranının Belirlenmesi

Çalışma yapılan bahçelerden hasat sırasında harmandan tesadüfi olarak 100'er adet fındık örneği alınmıştır. Tipik olarak *C. nucum* larvalarının meyveyi terk etmesi sırasında oluşturduğu delikten yola çıkılarak fındık kurdu zararı görülen (Akça ve Tuncer, 2005) meyve sayıları belirlenmiş ve % zarar oranları her bir lokasyon ve il için hesaplanmıştır.

Çizelge 1. *C. nucum* türünün popülasyon takibinin yapıldığı bahçeler ve lokasyonları (Table 1. The orchards and their locations using in population monitoring of *C. nucum*)

Sayı	Lokasyon	Rakım (m)	Alan (da)	İncelenen Ocak Sayısı
1	Beyören/Akçakoca/Düzce	83	8.5	10
2	Caferiye/Akçakoca/Düzce	294	16	20
3	Melenağzı/Akçakoca/Düzce	555	6.5	10
4	Hamascık/Cumayeri/Düzce	165	18.5	20
5	Ordulukaradere/Cumayeri/Düzce	295	6	10
6	Ordulukaradere/Cumayeri/Düzce	350	7.5	10
7	Ordulukaradere/Cumayeri/Düzce	500	5.5	10
8	Taşlık/Cumayeri/Düzce	538	13	20
9	Kuyudüzü/Gölyaka/Düzce	152	9.5	10
10	Ardıçdibi/Gümüşova/Düzce	290	12	20
11	Dededüzü/Gümüşova/Düzce	472	7	10
12	Dededüzü/Gümüşova/Düzce	151	8.5	10
13	Elmacık/Gümüşova/Düzce	583	6	10
14	Merkez/Gümüşova/Düzce	150	6.5	10
15	Aydınınar/Düzce	300	7.5	10
16	Ballıkaya/Akyazı/Sakarya	719	15	20
17	Ballıkaya/Akyazı/Sakarya	800	18.5	20
18	İkizce/Ferizli/Sakarya	218	16	20
19	Akova/Hendek/Sakarya	275	6.5	10
20	Akova/Hendek/Sakarya	485	9.5	10
21	İkramiye/Hendek/Sakarya	600	5.5	10
22	Kahraman/Hendek/Sakarya	150	7.5	10
23	Kırktepe/Hendek/Sakarya	210	5.5	10
24	Necatipaşa/Hendek/Sakarya	352	28	20
25	Yarıca/Hendek/Sakarya	533	7	10
26	Küplük/Kocaali/Sakarya	716	25.5	20
27	Süngüt/Kocaali/Sakarya	260	20	20
28	Çubuklu/Serdivan/Sakarya	460	9.5	10
29	Çubuklu/Serdivan/Sakarya	720	8.5	10

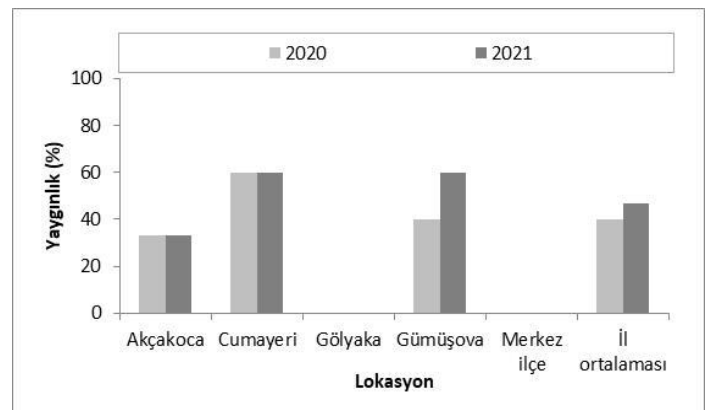
2.5. İstatistiksel Değerlendirme

Popülasyon yoğunluklarının ve meyvedeki zarar oranlarının karşılaştırılmasında SPSS 17.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA) istatistik programı kullanılmıştır. Ortalama değerler varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Ortalama değerlerin karşılaştırılmasında %95'lik güven aralığında Tukey-Kramer HSD post-testi uygulanmıştır.

3. Bulgular

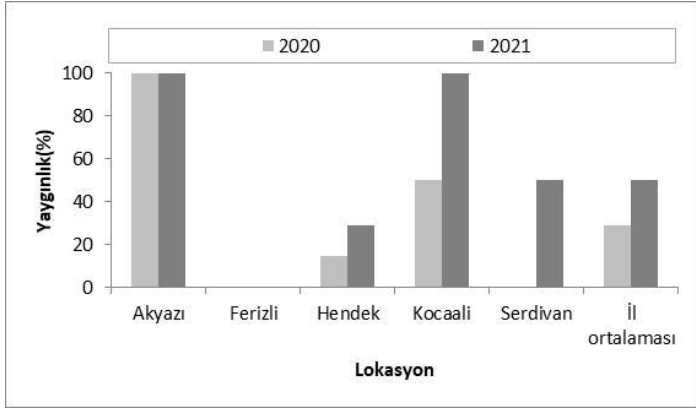
3.1. Yaygınlık Oranı

Yapılan çalışmalar sonucu fındık kurdunun 2020 ve 2021 yıllarında Düzce ilindeki yaygınlık durumu belirlenerek Şekil 1'de sunulmuştur. Fındık kurdunun Düzce ilindeki ortalama yaygınlık oranı 2020 yılında %40 iken, bu oran 2021 yılında %46.67'ye yükselmiştir. Yaygınlık oranları ilçeler bazında ise %0 ile %60 arasında değişim göstermiştir. En yüksek yaygınlık oranı 2021 yılında %60 ile Cumayeri ve Gümüşova ilçelerinde tespit edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Fındık kurdunun Düzce ilindeki yaygınlık durumu (Figure 1. Prevalence of hazelnut weevil in Duzce province)

Sakarya ilindeki ortalama yaygınlık durumu ise 2020 ve 2021 yılları için sırasıyla %28.58 ve %50 olarak tespit edilmiştir (Şekil 2). İlçeler bazındaki yaygınlık oranları ise %0 ile %100 arasında değişim göstermiştir. En yüksek yaygınlık oranları 2021 yılı için %100 ile Akyazı ve Kocaali ilçelerinde tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Fındık kurdunun Sakarya ilindeki yaygınlık durumu (Figure 2. Prevalence of hazelnut weevil in Sakarya province)

3.2. Popülasyon Yoğunluğu

Düzce ve Sakarya illerindeki popülasyon yoğunlukları 2020 ve 2021 yılları için hesaplanarak aşağıdaki çizelgede (Çizelge 2) sunulmuştur. 10 ocak başına düşen ergin sayısı 2020 yılında Düzce için 0.57 adet iken bu oran 2021 yılında 0.63'e yükselmiştir. Benzer şekilde Sakarya ilinde bu oran 2020 yılı için 0.25 iken 2021 yılında 0.64'e yükselmiştir. Düzce ilinde ilçeler bazında en yüksek değerler 2020 ve 2021 yılları için sırasıyla 0.90 ve 1.00 adet ile Cumayeri ilçesinde tespit edilmiştir. Sakarya ilinde ise en yüksek değerler 2020 yılı için 0.50, 2021 için ise 1.25 ve 2.00 adet olarak Akyazı ve Kocaali ilçelerinde tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. *Curculio nucum* türünün Düzce ve Sakarya İllerindeki popülasyon yoğunluğu (Table 2. Population density of *Curculio nucum* in Duzce and Sakarya Provinces)

Adet/10 Ocak (Ortalama ± SH)		
Lokasyon	2020	2021
Akçakoca	0.50 ± 0.34a*	0.67 ± 0.42a
Cumayeri	0.90 ± 0.46a	1.00 ± 0.52a
Gölyaka	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a
Gümüşova	0.50 ± 0.22a	0.50 ± 0.17a
Merkez ilçe	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a
Düzce ortalaması	0.57 ± 0.18	0.63 ± 0.20

Adet/10 Ocak (Ortalama ± SH)		
Lokasyon	2020	2021
Akyazı	0.50 ± 0.29a	1.25 ± 0.25bc
Ferizli	0.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00a
Hendek	0.21 ± 0.15a	0.29 ± 0.16ab
Kocaali	0.50 ± 0.29a	2.00 ± 0.00c
Serdivan	0.00 ± 0.00a	0.25 ± 0.25ab
Sakarya ortalaması	0.25 ± 0.10	0.64 ± 0.16

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur ($P \geq 0.05$). SH: Standart hata

Düzce ili için 10 ocak başına düşen ergin sayısı her iki yıl için bahçeler düzeyinde 0-4 adet arasında değişim göstermiştir. Sakarya ili için ise 10 ocak başına düşen ergin sayısı her iki yıl için 0-2 adet arasında değişim göstermiştir.

3.3. Hasat Sonrası Meyvedeki Zarar Oranı

Fındık kurdu zararı nedeniyle oluşan delikli meyve oranları hesaplanarak çizelgede (Çizelge 3) sunulmuştur. Düzce ilinde hasat sırasında tespit edilen fındık kurdu zararına uğramış meyve oranları 2020 ve 2021 yılları için sırasıyla %2.93 ve %5.60 olarak hesaplanmıştır. İlçeler bazında en yüksek zarar oranları Akçakoca ve Cumayeri ilçelerinde 2020 yılı için sırasıyla %4.00 ve %3.80, 2021 yılı için ise %7.00 ve %7.20 olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde Sakarya ilinde ise en yüksek değerler aynı yıllar için %5.00 ve %6.50 ile Kocaali ilçesinde tespit edilmiştir (Çizelge 3). Zarar oranları Düzce için %1-15 arasında, Sakarya için ise %1-8 arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 3. Hasat sırasında meyvelerde tespit edilen fındık kurdu zarar oranı (Table 3. Damage rate of hazelnut weevil detected in fruits during harvest)

Düzce ili % zarar oranı (Ortalama ± SH)		
Lokasyon	2020	2021
Akçakoca	4.00 ± 1.53a	7.00 ± 2.52a
Cumayeri	3.80 ± 1.59a	7.20 ± 2.01a
Gölyaka	2.00 ± 0.00a	4.00 ± 0.00a
Gümüşova	2.00 ± 0.55a	3.80 ± 0.49a
Merkez ilçe	1.00 ± 0.00a	4.00 ± 0.00a
İl ortalaması	2.93 ± 0.64	5.60 ± 0.88
Sakarya ili % zarar oranı (Ortalama ± SH)		
Lokasyon	2020	2021
Akyazı	2.00 ± 0.00a	4.00 ± 1.00a
Ferizli	1.00 ± 0.00a	2.00 ± 0.00a
Hendek	3.00 ± 0.93a	4.14 ± 0.63a
Kocaali	5.00 ± 0.00a	6.50 ± 0.50a
Serdivan	3.50 ± 0.50a	4.50 ± 0.50a
İl ortalaması	3.07 ± 0.53	4.36 ± 0.44

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur ($P \geq 0.05$). SH: Standart hata

4. Tartışma ve Sonuç

Fındık kurdu, *C. nucum* ülkemizde ve dünyada fındıkta zarar oluşturan en önemli böcekler arasında yer almaktadır. Ergin ve larva döneminde yaptığı zararlar nedeniyle önemli ekonomik kayıplara sebebiyet vermektedir. Yapılan bu çalışma sonucu *C. nucum* türünün Düzce ve Sakarya illerinde önemli oranlarda yayılış gösterdiği belirlenmiştir. Zararının Düzce ve Sakarya illerindeki yayılış oranları 2020 yılı için sırasıyla %40 ve %28.58 iken bu oranların 2021 yılında artış gösterdiği ve sırasıyla 46.67 ve %50'ye yükseldiği belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucu bu zararının ülkemizde fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda yaygın olarak bulunduğu belirlenmiştir (Tuncer ve Ecevit 1997; Akça ve Tuncer, 2005). Ayrıca, birçok ülkede de bu zararının yaygın olarak bulunduğu rapor edilmiştir (Ioachim ve Bobarnac, 1997; Akça ve Tuncer, 2005; Milenkovic ve Mitrovic, 2001, Cheng vd. 2016).

Benzer şekilde Düzce ve Sakarya illerindeki popülasyon yoğunluklarında da önceki yıla göre nispi bir artış görülmüştür. Düzce ve Sakarya illerinde 10 ocak başına düşen ortalama ergin sayısı 2020 yılı için 0.57 ve 0.25 adet iken bu oranlar 2021 yılında 0.63 ve 0.64 adete yükselmiştir. Düzce'de ilçeler bazında elde edilen en yüksek ortalama değer 1 adet iken Sakarya'da ise

2 adet olarak 2021 yılında tespit edilmiştir. Bahçeler ölçeğinde ise Düzce’de 10 ocak başına düşen ergin sayısı 0-4 adet, Sakarya’da ise 0-2 adet arasında değişim göstermiştir. Ateş ve Kaçar (2020) tarafından Sakarya ilinde 2017 yılında yürütülen bir çalışmada ise 10 ocak başına düşen ergin sayısının 1-4 adet arasında değiştiği rapor edilmiştir. Aker ve Tuncer (2005) tarafından Samsun, Ordu ve Giresun illerinde 2000-2001 yıllarında yapılan çalışmada ise 10 ocak başına düşen ergin sayıları sırasıyla 1-7 adet ve 1-10 adet arasında değişim göstermiştir. Zararının popülasyon yoğunluğunda yıllara ve bölgelere bağlı olarak bir dalgalanmanın olduğu görülmektedir. Eski yıllara nazaran popülasyon yoğunluğunun azaldığı görülmektedir. Benzer durum Saruhan ve Şen (2012) tarafından da rapor edilmiştir. Fındık kurdu *C. nucum* larvaları meyvede beslenerek olgunlaşmakta, fındık içerisini boşaltmakta ve delik açarak bulunduğu terk etmektedir. Bulgular değerlendirildiğinde zararlı yoğunluğuna bağlı olarak meyvedeki zarar oranlarının da arttığı görülmektedir. Nitekim hasat sırasında harmandan alınan örneklerdeki delikli meyve oranları 2020 yılında Düzce ve Sakarya için %2.93 ve %3.07 iken bu oranlar 2021 yılında sırasıyla %5.63 ve %4.36’ya yükselmiştir. Düzce ili fındık depolarında yapılan bir çalışmada *C. nucum* kaynaklı delikli meyve oranının %0.67 ile %4.67 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Karabörklü ve Altın, 2018). Bununla birlikte Sakarya’da hasat sırasında yapılan bir çalışmada ise *C. nucum* kaynaklı delikli fındık oranının %0 ile %1.8 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Ateş ve Kaçar, 2020). Samsun’da yapılan başka bir çalışmada ise fındık kurdu zararı sonucu oluşan larvalı ve delikli meyve oranının %0.4 ile %12.6 arasında değiştiği belirlenmiştir (Akça, 2003).

Yapılan çalışmalar ile zararının Düzce ve Sakarya illerinde fındık bahçelerinde önemli oranda yayılış gösterdiği belirlenmiştir. Genel durum değerlendirildiğinde zararının popülasyon yoğunluğunun ekonomik zarar eşiğinin altında kaldığı görülmektedir. Bununla birlikte ekonomik zarar eşiğine yaklaşan ve hatta üzerine çıkan bahçe ve lokasyonların da olduğu tespit edilmiştir. Fındık kurdu nedeniyle oluşan delikli meyve oranlarının da önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir. İlerleyen yıllarda problem oluşturmaması adına bu bahçe ve lokasyonlardaki popülasyonun takip edilmesi önem arz etmektedir. Gerekli önlem ve tedbirlerin alınması olası verim ve ekonomik kayıpların önüne geçecektir.

Kaynakça

Akça, İ. (2003). Orta Karadeniz Bölgesinde fındık kurdu, *Curculio nucum* L. (Coleoptera: Curculionidae) popülasyonlarının biyolojisi ve zararı üzerine araştırmalar. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Samsun.

Akça, İ. & Tuncer, C. (2005). Biological control and morphological studies on nutweevil (*Curculio nucum* L. Col., Curculionidae). *Acta Horticulturae*, 686, 413-420.

Aktaş, A., Öztürk, E. & Hatırlı, S.A. (2011). Türkiye fındık tarımında kar etkinsizliğinin analizi. *Journal of Agricultural Sciences*, 17(3), 230-240.

AliNiasee, M.T. (1998). Ecology and management of hazelnut pests. *Annual Review of Entomology*, 43, 395-419.

Anıl, Ş., Kurt, H., Akar, A. & Bulam Köse, Ç. (2018). Hazelnut culture in Turkey. XXX. *International Horticultural Congressi*, 12-16 August, İstanbul.

Ateş, S. & Kaçar, G. (2020). Sakarya ili fındık bahçelerinde fındık kurdu (*Curculio nucum* L.) (Coleoptera:

Curculionidae) ve fındık yeşil kokarcası (*Palomena prasina* L.) (Hemiptera: Pentatomidae)’nın zarar oranlarının belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(2), 246-251.

Aydınlı, H.Y., Karabörklü, S. & Aydın, V. (2018). Düzce ili fındık bahçelerindeki mayıs böceği (*Melolontha melolontha* L. Coleoptera, Scarabaeidae) popülasyon yoğunluğu ve yayılışının araştırılması. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32(3), 333-338.

Cheng, Y., Liu T., Zhao, Y., Geng, W., Chen, L. & Liu, J. (2016). Evaluation of pathogenicity of the fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in hazelnut weevil (*Curculio nucum* L., Coleoptera, Curculionidae) larvae. *Indian Journal of Microbiology*, 56(4), 405-410.

FAOSTAT. (2021). Birleşmiş milletler gıda ve tarım örgütü kurumsal istatistik veri tabanı (food and agriculture organization corporate statistical database). *Erişim: 10 Kasım 2021*, <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>.

Guidone, L., Valentini, N., Rolle, L., Me, G. & Tavella, L. (2007). Early nut development as a resistance factor to the attacks of *Curculio nucum* (Coleoptera: Curculionidae). *Annals of Applied Biology*, 150(3), 323-329.

Ioachim E. & Bobarnac B. (1997). Research on the hazelnut pests in Romania. *Acta Horticulturae*, 445, 527-534.

Işık, M., Ecevit, O., Kurt, M.A. & Yüce, T. (1987). Doğu Karadeniz Bölgesi fındık bahçelerinde entegre savaş olanakları üzerinde araştırmalar. *Samsun, Türkiye: OMU. Yayınları*, 20, 95.

Karabörklü, S. & Altın, N. (2018). Düzce ili fındık depolarında görülen zararlı böcekler ve patojen fungusların tanımlanması. *Düzce Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(2), 860-870.

Messing, R.H. & AliNiasee, M.T. (1989). Introduction and establishment of *Trioxyis pallidus* [Hym.: Aphidiidae] in Oregon, U.S.A. for control of filbertaphid *Myzocallis coryli* [Hom.: Aphididae]. *Entomophaga*, 34, 153-163.

Milenkovic, S. & Mitrovic, M. (2001). Hazelnutpests in Serbia. *Acta Horticulturae*, 556, 403-409.

Miller, B., Dalton, D.T., Xue, L., Stacconi, M.R. & Walton, V.M. (2019). Use of filbertworm (*Cydia latiferreana*) mating disruption with in a hazelnut IPM program. *Crop Protection*, 122, 118-124.

Pucci, C. (1992). Studies on population dynamics of *Balaninus nucum* L. (Col.:Curculionidae) noxious to the hazel (*Corylus avellana* L.) in Northern Latium (Central Italy). *Journal of Applied Entomology*, 114(1), 5-16.

Saruhan, İ. & Tuncer, C. (2001). Population densities and seasonal fluctuations of hazelnutpests in Samsun, Turkey. *Acta Horticulturae*, 556, 495-502.

Saruhan, İ. & Şen, M. (2012). Farklı fındık çeşitlerinde fındık kurdunun (*Curculio nucum* Col.: Curculionidae) zarar oranı. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 27, 70-75.

Şen, A., & Karabörklü, S. (2020). Fındık yaprak bitlerinin Düzce’deki mevcut durumunun belirlenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, (370), 54-69.

Tuncer, C. & Ecevit O. (1997.) Current status of hazelnut pests in Turkey. *Acta Horticulture*, 445, 545-552.

Tuncer, C. (2009). Arthropod pest management in organic hazelnut growing. *Acta Horticulturae*, 845, 571-578.

TÜİK. (2021). Bitkisel Üretim İstatistikleri, *Erişim: 10 Kasım 2021*, <<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>>.



Profile of fatty acids, vitamins, phytosterols and phenolic acids in *Trachystemon orientalis* plant and evaluation of its antioxidant activity

Ersin Demir^{1*}

^{1*}Duzce University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, Duzce, Turkey, (ORCID: 0000-0002-7676-5953), ersnancan.dmr@gmail.com

(First received 22 November 2021 and in final form 5 January 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1027061)

ATIF/REFERENCE: Demir, E. (2022). Profile of fatty acids, vitamins, phytosterols and phenolic acids in *Trachystemon orientalis* plant and evaluation of its antioxidant activity. *European Journal of Science and Technology*, (33), 112-118.

Abstract

The present study focuses on the phytochemical content and antiradical properties of *Trachystemon orientalis* L., which grown spontaneously and consumed as food in rural areas of Düzce (from Turkey) province. DPPH, ABTS and OH radical scavenging tests were carried for identifying the antiradical properties of the extracts of this plant. In addition, the metal chelating potential of this plant was also evaluated. The antioxidant activity was considered and interpreted based on the level of the % inhibition value. The average ABTS radical cleaning activities of *T. orientalis* extracts of methanol, ethanol and pure water were found to be 93.35%, 91.32%, 94.70%, respectively. The average DPPH radical cleaning activities of this plant extracts of methanol, ethanol and pure water were determined as 37.26%, 7.95%, 52.26%, respectively. *T. orientalis* the OH radical cleaning test results of the extracts of plant prepared from methanol, ethanol and pure water were determined as 60.85%, 61.33%, 24.12%, respectively. In addition, the metal chelation test results of methanol, ethanol and pure water extracts of this plant were found to be 63.57%, 42.04%, 82.64%. It was determined that the highest content of protein (20.93 mg BSA/g), proanthocyanidin (13.76 mg CE/g) and phenolic (3621.03 µg GAE/g) was found in pure water extract of *T. orientalis*. It has been determined that gallic acid (187.67 µg/g), vanillic acid (3.78 µg/g), rosmarinic acid (10.55 µg/g) and hydrocyanic acid (0.78 µg/g) are found in different proportions in *T. orientalis* plant. It has been observed that *T. orientalis* is an important source of palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, γ-linolenic acid, alpha-linolenic acid, gadoleic acid and docosahexaenoic acid. It has been established that this plant has a low content of fat-soluble vitamins and phytosterols.

Keywords: Edible plants, antioxidant, fatty acid composition, vitamins, phenolic acids, phytosterols

Trachystemon orientalis bitkisinin yağ asidi, vitamin, fitosterol ve fenolik asit profili ve antioksidan aktivitesinin değerlendirilmesi

Öz

Bu çalışmada Düzce ilinin kırsal yerlerinde kendiliğinden yetişen ve gıda olarak tüketilen *Trachystemon orientalis* L.'nin fitokimyasal içeriği ile antiradikal özellikleri araştırılmıştır. Bu bitkinin özütlerinin antiradikal özellikleri DPPH, ABTS ve OH radikal temizleme testleri kullanılarak belirlendi. Ayrıca bu bitkinin metal şelatlama potansiyeli de değerlendirildi. Antioksidan aktivite, % inhibisyon değerinin seviyesi esas alınarak değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. *T. orientalis*'in metanol, etanol ve saf su özütlerinin ortalama ABTS radikal temizleme aktiviteleri sırasıyla %93.35, %91.32, %94.70 olarak tespit edilmiştir. Bu bitkinin farklı konsantrasyonlarda metanol, etanol ve saf su özütlerinin ortalama DPPH radikal temizleme aktiviteleri sırasıyla %37.26, %7.95, %52.26 olarak belirlenmiştir. *T. orientalis* bitkisinin metanol, etanol ve saf suda hazırlanan özütlerinin OH radikal temizleme test sonuçları sırasıyla %60.85, %61.33, %24.12 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca bu bitkinin metanol, etanol ve saf suda hazırlanan özütlerinin metal şelatlama test sonuçları % 63.57, %42.04, %82.64 olarak saptanmıştır. En yüksek protein (20.93 mg BSA/g), proantosiyanidin (13.76 mg CE/g) ve fenolik (3621.03 µg GAE/g) içeriği *T. orientalis* bitkisinin saf su özütünde belirlenmiştir. *T. orientalis* bitkisinde gallik asit (187.67 µg/g), vanillik asit (3.78 µg/g), rosmarinik asit (10.55 µg/g) ve hidrosinamik asidin (0.78 µg/g) farklı oranlarda bulunduğu belirlenmiştir. *T.orientalis* bitkisinin palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, γ-linolenic acid, alpha-linolenic acid, gadoleic acid ve docosahexaenoic acid bakımından önemli bir kaynak olduğu görülmüştür. Bu bitkinin yağda çözünebilir vitamin ve fitosterol içeriğinin düşük olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yenilebilir bitkiler, antioksidan, yağ asidi bileşimi, vitaminler, fenolik asitler, fitosteroller

* Corresponding Author: ersnancan.dmr@gmail.com

1. Introduction

Fruit and vegetable-based diets are widely recommended due to their health-promoting properties. Fruits and vegetables have always found a place in dietary guidelines since ancient times due to the high content of vitamins (A, E and C) that they have. Today, it has been revealed that fruits and vegetables have many phytochemicals that have significant potential on human health. One of the most remarkable properties of these phytochemicals is their high antioxidant potential (Slavin and Lloyd, 2012).

Edible plants or compounds of plant origin can be utilized medicinally as preventive and/or therapeutic measures against various ailments. A number of studies attribute the beneficial effects of dietary herbs on health to the presence of biologically active components showing strong antioxidant activity. It has been shown by extensive studies that plant extracts or their components have the ability to remove free radicals and prevent lipid peroxidation (Woo et al., 2017). Imbalance between the generation and buildup of reactive oxygen species (ROS) in cells and tissues, and the biological system's ability to detoxify these reactive products, causes an oxidative stress. Oxidative stress caused by ROS leads to disturbances in redox homeostasis (Pizzino et al., 2017). ROS is also produced during metabolic processes as intracellular endogenous as well as environmental stress conditions which UV radiation, pollutants, heavy metals and xenobiotics, such as can be produced by exogenous stimuli (Woo et al., 2017). Oxidative stress might negatively impact on the, cell membranes, lipids, proteins, lipoproteins, and deoxyribonucleic acid (DNA) cellular architecture. Oxidative stress also affects a large number of cellular processes, including the core signaling pathways associated with the development of systematic and/or chronic disorders (Bhattacharyya et al., 2014; Hussain et al., 2016;).

As a result, removing cellular oxidants and restoring the redox balance is critical. Cells use endogenous and exogenous antioxidant defense systems to protect themselves from cellular damage caused by ROS (Sharifi-Rad et al., 2020). Herbaceous plants that grow spontaneously in nature and they have an important place in human nutrition. Especially after it was understood that edible wild plants can have positive effects on human health; great attention was given to the study of the nutritional content and pharmacological properties of these plants. The researchers drew attention to the fact that these plants are important sources in terms of fatty acids, phytosterols, protein, vitamins, minerals, antioxidants, secondary metabolites and phenolic compounds (Özbakır Özer and Aksoy, 2019). It seems the plants growing spontaneously are preferred by the public both during the seasons when vegetable varieties are in decline, and because of their medicinal and economic properties. These plants are collected by people living in rural areas and consumed both as food and earn income by selling them in bazaars. Many wild plants are consumed intensively as food in Turkey (Özbakır Özer and Aksoy, 2019).

The Black Sea region of Turkey is attracts attention with its natural beauty and amazing biological diversity. It seems that there is a lot of self-growing and edible plant diversity in this region. One of these plants is *Trachystemon orientalis* (Boraginaceae), which is called "galdirik or kaldirik" by the local people. It seems that this plant is intensively consumed by the people of the region in the spring.

The objective of the present study was to identify the fatty acid composition, phytosterol, fat-soluble vitamins (A, D, E, K) and phenolic acid content of the *T. orientalis* plant, which is consumed in abundance in Düzce, located in the Western Black Sea region of Turkey. In addition, the antioxidant potential is also investigated for this plant.

2. Material and Method

2.1. Extraction procedures

T. orientalis was purchased from bazaar in Düzce in the spring. After the plants were washed with water, they were dried in a cool place. Then it was ground into powder in a mechanical grinder. Then, 1 g of powder sample was extracted in 10 ml of solvent (methanol, ethanol and pure water). The extraction process of all samples took two hours. Then the samples were centrifuged at 5,000 rpm at +4°C. Thus, the supernatant was obtained to be used in the studies (such as ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)), hydroxyl, DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl), metal ion chelation and phenolic acids) (Keser et al., 2014).

The powdered samples of the *T. orientalis* plant were homogenized in a mixture of 3/2 (v/v) hexane isopropyl alcohol for analysis of fatty acid, fat-soluble vitamins and phytosterols (Hara and Radin, 1978). Then the samples were centrifuged at 5,000 rpm at +4°C. The supernatant portion was used in the analyses.

2.2. Determination of antiradical activities

The radical scavenging activities (RSAs) of ABTS⁺, hydroxyl, DPPH, and metal ions were measured using the methods of Re et al. (1999); Halliwell et al. (1987); Brand-Williams et al. (1995); and Decker et al. (1990), respectively. All tests were repeated thrice and the average values were computed. The radical scavenging activity percentages (RSA %) for each sample was calculated by the following equation:

$$\text{RSA \%} = [(A_0 - A_1)/A_0] \times 100$$

A₀: control absorbance; A₁: sample absorbance.

2.3. Phytochemical compounds

2.3.1. Total phenolic contents (TPC)

TPC was determined using the method outlined by Slinkard and Singleton (1977). The gallic acid (GAE) was used as a standard.

2.3.2. Total proanthocyanidin content (TP)

PC was calculated according to the approach published by Amaeze et al., (2011). The catechin (CE) was used as a standard.

2.3.3. Total protein content (TPR)

The determination of the TPC was carried out based on the method put forth by Lowry et al., (1951). The bovine serum albumin (BSA) was used as a standard.

2.3.4. Analyses of phenolic acids

The phenolic acids were determined using HPLC (High performance liquid chromatography) in the *T. orientalis* according to the method given by Zu et al., (2006). HPLC was

used to measure gallic acid, vanillic acid, rosmarinic acid, and hydrocinnamic acid in the *T. orientalis* extract.

2.3.5. Analysis of fatty acids

Fatty acids in the *T. orientalis* extract were analyzed by GC (Gas chromatography) according to the described method by Christie (1990 and 1992). The fatty acids analysis results were expressed as a percent of samples.

2.3.6. Analyses of lipophylic vitamins and phytosterols

HPLC was used to extract lipophilic vitamins and phytosterols from *T. orientalis*, following the methods of Sanchez-Machado et al. (2002) and López-Cervantes et al. (2006). The analyses' results were represented as $\mu\text{g/g}$.

2.4. Statistical analyses

For statistical analysis, SPSS Statistics 18.0 was employed. The analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test (DMRT) were used to examine the antiradical outcomes.

Table 1. ABTS^{•+} and DPPH[•] radicals scavenging activities of *Trachystemon orientalis* extracts

Concentration 25 mg/ml	DPPH [•] scavenging (%)	ABTS ^{•+} scavenging (%)
<i>T. orientalis</i> (Methanol)	14.07±2.88 ^b	88.52±5.35 ^b
<i>T. orientalis</i> (Ethanol)	10.96±0.18 ^b	72.38±0.48 ^c
<i>T. orientalis</i> (Pure water)	37.64±4.36 ^a	97.51±0.16 ^a
Concentration 50 mg/ml		
<i>T. orientalis</i> (Methanol)	11.89±0.47 ^b	98.65±0.18 ^c
<i>T. orientalis</i> (Ethanol)	2.29±1.53 ^c	99.43±0.09 ^b
<i>T. orientalis</i> (Pure water)	47.87±1.93 ^a	99.74±0.09 ^a
Concentration 100 mg/ml		
<i>T. orientalis</i> (Methanol)	19.89±2.44 ^b	99.74±0.09 ^a
<i>T. orientalis</i> (Ethanol)	1.51±0.74 ^c	99.63±0.18 ^a
<i>T. orientalis</i> (Pure water)	62.83±4.68 ^a	97.09±0.70 ^b
Concentration 150 mg/ml		
<i>T. orientalis</i> (Methanol)	37.38±3.06 ^b	91.43±0.82
<i>T. orientalis</i> (Ethanol)	2.49±1.09 ^c	89.98±2.88
<i>T. orientalis</i> (Pure water)	62.41±4.86 ^a	92.01±0.86
Concentration 200 mg/ml		
<i>T. orientalis</i> (Methanol)	67.13±0.86 ^a	92.01±0.92
<i>T. orientalis</i> (Ethanol)	14.17±2.97 ^b	92.89±0.95
<i>T. orientalis</i> (Pure water)	61.32±4.32 ^a	93.09±0.36
Concentration 250 mg/ml		
<i>T. orientalis</i> (Methanol)	73.21±0.87 ^a	89.77±0.86 ^b
<i>T. orientalis</i> (Ethanol)	16.30±3.27 ^c	93.61±0.41 ^a
<i>T. orientalis</i> (Pure water)	43.67±4.43 ^b	88.78±0.16 ^b
Average %		
<i>T. orientalis</i> (Methanol)	37.26	93.35
<i>T. orientalis</i> (Ethanol)	7.95	91.32
<i>T. orientalis</i> (Pure water)	52.62	94.70

Different superscript letters within a column are statistically different ($P < 0.05$)

150, 200 and 250 mg/ml), were determined as 52.62, 37.26 and 7.95%, respectively.

3. Results and Discussion

3.1. Antiradical properties

The results regarding the antiradical potential of *T. orientalis* extracts are summarized in Table 1. The higher the calculated % inhibition value, the higher the antioxidant activity was accepted and the results were evaluated. The average DPPH scavenging activities of the pure water, methanol and ethanol extracts of *T. orientalis*, calculating from various concentrations (25, 50, 100,

According to the ABST radical scavenging activity test of pure water, methanol and ethanol extract of *T. orientalis*, it has been found that the plant has a high radical scavenging property. The average radical scavenging potential of different concentrations (25, 50, 100, 150, 200 and 250 mg/ml) of this plant was determined as 94.70, 93.35 and 91.32%, for pure water, methanol and ethanol extracts, respectively (Table 1).

Methanol and ethanol extracts of *T. orientalis* showed high OH[•] radical scavenging potential (60.85 and 61.33%, respectively) according to the hydroxyl scavenging activity test. However, the hydroxyl scavenging activity of pure water extract was low (24.12%) (Table 2).

Table 2. OH[•] radicals scavenging activities of *Trachystemon orientalis* extracts

Concentration 250 mg/ml	OH [•] scavenging (%)
<i>T. orientalis</i> (Methanol)	60.85±2.20 ^a
<i>T. orientalis</i> (Ethanol)	61.33±4.09 ^a
<i>T. orientalis</i> (Pure water)	24.12±2.42 ^b

Different superscript letters within a column are statistically different (P < 0.05)

It was found that the metal chelating activity of low concentrations of methanol and ethanol extracts of *T. orientalis* L. was low (33.65, 30.10%, respectively), but the chelating activity of pure water extract was quite high (72.81%). It was found that the metal chelating capacity of these extracts increased with increasing concentration (for methanol 63.57, ethanol 42.04 and pure water 82.64%) (Table 3).

Table 3. Metal chelation activity of *Trachystemon orientalis* extracts

Concentration 75 mg/ml	Metal chelation activity (%)
<i>T. orientalis</i> (Methanol)	33.65±1.81 ^b
<i>T. orientalis</i> (Ethanol)	30.10±3.99 ^b
<i>T. orientalis</i> (Pure water)	72.81±2.30 ^a
Concentration 100 mg/ml	
<i>T. orientalis</i> (Methanol)	63.57±16.29 ^a
<i>T. orientalis</i> (Ethanol)	42.04±3.41 ^b
<i>T. orientalis</i> (Pure water)	82.64±2.33 ^a

Different superscript letters within a column are statistically different (P < 0.05)

In determination of the antioxidant potential of plant extracts, the using more than one method to obtain more accurate results allows us to achieve better results. Because antioxidant molecules can exert their positive effects through mechanisms such as hydrogen atom transfer, electron transfer, and metal chelation, it is critical to study the antioxidant potential of herbal extracts using various methodologies, according to the literature (Ayvaz, 2015). It seems that DPPH, due to its stable radical property, is often used in the study of radical scavenging activities of herbal extracts (Ayvaz, 2015). According to our results, although there are fluctuations in some concentrations, it can be stated that the radical scavenging activity of DPPH increased due to the increasing concentration of *T. orientalis* extracts. It is seen that there is similar potential in previous studies (Ayhan et al., 2019; Sacan, 2018). It is observed that there are significant changes in the DPPH radical

scavenging activity of *T. orientalis* extract depending on the solvent. Especially at a low concentration of *T. orientalis*, it has been reported that aqueous (25 mg/ml) extract has a very high DPPH radical scavenging potential. It was determined that with increasing concentration, the radical scavenging property of DPPH begins to decrease (Ayvaz, 2015). In our study, it was found that DPPH radical scavenging activity increased with increasing concentration of methyl alcohol extract. In previous studies, it was illustrated that the DPPH radical scavenging potential of the aqueous extract of *T. orientalis*, depending on the concentration, is higher than that of ethyl alcohol (Ayvaz, 2015). This is supported by our findings. The ABTS radical scavenging test is an antiradical activity test different from the DPPH method; it is widely used in assessing the antioxidant activity of both polar and non-polar samples, as well as food and biological samples (Ayvaz, 2015). In the present study, it was determined that the extracts of *T. orientalis* plant prepared using different solvents showed high ABST radical cleaning properties. According to literature reviews, it seems that the information on the ABST radical scavenging activity of this plant is quite insufficient. In a previous study, it was reported that water and ethyl alcohol extracts of the *T. orientalis* plant have the potential to scavenge ABST radical. In this study, the ABTS^{•+} scavenging potential of water and ethanol extracts were identified as 1725 and 240 mmol trolox/kg dry weight, respectively (Ayvaz, 2015).

The hydroxyl radical is one of the most dangerous free radicals found in all reactive oxygen species, and it is primarily responsible for cell and tissue destruction. OH is highly reactive, reacts with biological molecules such as DNA, proteins and lipids and cause chemical modifications on these molecules. Moreover, hydroxyl radical has been reported to be highly associated with physiological conditions such as oxidative damage, mutagenesis, carcinogenesis and aging (Nimse and Pal, 2015). Therefore, it is important to study plants that have a very high degree of OH[•] cleaning activity.

In our study, it was found that methanol and ethanol extracts of the *T. orientalis* plant have an activity of cleaning hydroxyl radicals of more than 50%. It has been found that the capacity of pure aqueous extract to remove hydroxyl radical is approximately at the level of 25%. Similarly, in a previous study, it was reported that the ethanol extract of the *T. orientalis* plant has a high hydroxyl radical scavenging property, but the radical scavenging potential of the water extract was low (Ayvaz, 2015). It has been reported that the extracts or compounds showing chelating activity have the property of preventing lipid peroxidation by stabilizing metals such as iron and copper (Sun et al., 2011). In our study, it is seen that *T. orientalis* extracts have metal chelating activity. In particular, it has been found that pure aqueous extract has a high metal chelating property. In previous studies, it was reported that the metal chelating activity of *T. orientalis* ethanol extract was low (Ayvaz, 2015; Özen, 2010). The difference in the solvent in which the extract is prepared and the geographical region in which the plant grows may affect the results.

3.2. Phytochemical composition

Table 4 shows the amount of total phenolic compounds (TPC), total proanthocyanidin (TP) and total protein (TPR) in *T. orientalis* extracts. TPC amounts of *T. orientalis* methanol, ethanol and pure water extracts of were 749.62, 181.70 and 3621.03 µg GAE/g extract, respectively; TP amounts were 4.41,

1.75 and 13.76 mg CE/g, extract respectively; TPR amount was 20.93 mg BSA/g extract.

Demir et al. (2020) reported that the total protein amount was 46.13 mg/g according to Bradford method for *T. orientalis* samples in Samsun region. In addition, they found that the anthocyanin content was at the level of 15.05 mg/100g. Roe et al. (2013) reported that the protein amounts of some cultivated plants (green beans, spinach, lettuce, white cabbage and arugula) were 21, 26, 12, 12 and 36 mg/g, respectively. According to these data, we can say that the plant *T. orientalis* (20.93 mg/g) has high protein content. It has been reported that the protein content of *T. orientalis* samples collected from different localities varies between 15.71% and 19.96% (Kibar and Kibar, 2017). It has been determined that the protein content of *T. orientalis* genotypes varies between 14.1-20.3% (Özbakır Özer and Aksoy, 2019). In a previous study, the total phenolic content of methanolic leaf and stem extracts of *T. orientalis* were determined as 67.01 mg GAE/g and 54.04 mg GAE/g, respectively (Ayhan et al., 2019). The phenolic content of the aqueous extract of *T. orientalis* was reported to be 90 mg GAE/g in another investigation (Ayvaz, 2015). In a previous study, it was found that the total phenolic content equivalent to 36 µg of pyrocatechol was found in the aqueous infusion extract of the *T. orientalis*. In addition, in this study, it was determined that the anthocyanin level of the *T. orientalis* was equal to 0.35 µmol/g extract (Sacan, 2018).

The phenolic acids contents of *T. orientalis* are summarized in Table 5. The phenolic acids; gallic acid, vanillic acid, rosmarinic acid and hydrocinnamic acid were determined as 187.67, 3.78 10.55 and 0.78, µg/g in *T. orientalis*, respectively. I have not come across any studies in the literature on the content of phenolic acid in *T. orientalis*. Dimcheva et al. (2019) identified only rutin (56.46 µg/ml) and myricetin (630.23 µg/ml) flavonoids in *T. orientalis*. In addition, gallic acid and vanillic acid were not detected in this study. In the current study, both phenolic acids were detected in the methanol extract of the *T. orientalis* plant (Table 5). It seems that there is no literature on the phenolic acid composition of this plant. Some studies have been conducted on the total amount of phenolic compounds (Ayvaz, 2015; Sacan, 2018; Ayhan et al., 2019). Therefore, important information about the phenolic acid content of this plant was obtained for the first time in this study. In this study, it was reported for the first time that this plant contains phenolic acids such as gallic acid, vanillic acid, rosmarinic acid and hydrocinnamic acid.

Table 4. Total protein, total phenolic, and total proanthocyanidin contents of *Trachystemon orientalis* extracts

	Total protein (mg BSA/g)	Total phenolic (µg GAE/g)	Total proanthocyanidin (mg CE/g)
<i>T. orientalis</i>	-	749.62±321.74	4.41±1.77

(Methanol)			
<i>T. orientalis</i>	-	181.70±11.39	1.75±0.19
(Ethanol)			
<i>T. orientalis</i>	20.93±1.70	3621.03±290.84	13.76±0.56
(Pure water)			

Total proanthocyanidin contents were expressed as mg catechin equivalent/g extract, and total phenolic content were expressed as µg gallic acid equivalent/g extract. Total protein expressed as mg BSA/g extract.

Table 5. Vitamins, phytosterols, fatty acids and phenolic acids content, and composition in *Trachystemon orientalis*

Vitamin and phytosterols	(µg/g)
δ-Tocopherol	0.02±0.04
Vitamin D2	0.01±0.01
α-Tocopherol	0.13±0.14
Ergosterol	0.19±0.08
Vitamin K1	0.01±0.01
Sitosterol	0.62±0.42
β-sitosterol	1.14±0.80
Vitamin K2	Not detected
Retinol	Not detected
Vitamin D1	Not detected
Fatty acids (FA)	(%)
Myristic acid (C14:0)	0.53±0.05
Myristoleic acid (C14:1)	Not detected
Palmitic acid (C16:0)	26.73±1.65
Palmitoleic acid (C16:1n7)	1.73±0.32
Margaric acid (C17:0)	0.31±0.03
Stearic acid (C18:0)	7.76±0.52
Oleic acid (C18:1)	18.17±5.71
Linoleic acid (C18:2)	23.03±2.24

γ -linolenic acid (C18:3, n-6)	4.65±1.74	Trichosanoic acid (C23:0)	Not detected
Alpha-linolenic acid (C18:3, n-3)	5.62±1.52	Nervonic acid (C24:1)	Not detected
Gadoleic acid (C20:1)	6.06±2.08	Phenolic acids	($\mu\text{g/g}$)
Eicosapentaenoic (EPA) acid (C20:5 n-3)	Not detected	Gallic acid	187.67±78.46
Docosapentaenoic acid (C22:5 n-6)	Not detected	Vanillic acid	3.78±0.19
Heptadecanoic acid (C17:1)	0.43±0.45	Caffeic acid	Not detected
Lignoceric acid (C24:0)	Not detected	Ferulic acid	Not detected
Docosahexaenoic acid (C22:6)	5.49±1.18	Rosmarinic acid	10.55±4.02
Behenic acid (C22:0)	Not detected	Hydrocinnamic acid	0.78±0.19

The phytosterols, lipophylic vitamins, and fatty acids content of *T. orientalis* are presented in Table 5. The lipophylic vitamins of *T. orientalis* were α -tocopherol (0.13 $\mu\text{g/g}$), δ -tocopherol (0.02 $\mu\text{g/g}$), vitamin K1 (0.01 $\mu\text{g/g}$), and vitamin D2 (0.01 $\mu\text{g/g}$); the phytosterols of *T. orientalis* were ergosterol (0.19 $\mu\text{g/g}$), sitosterol (0.62 $\mu\text{g/g}$) and β -sitosterol (1.14 $\mu\text{g/g}$). The fatty acids and their amounts in *T. orientalis* were 26.73% palmitic acid (16:0), 1.73% palmitoleic acid (C16:1n7), 7.76% stearic acid (18:0), 18.17% oleic acid (18:1), 23.03% linoleic acid (18:2), 4.65% γ -linolenic acid (C18:3, n-6), 5.62% alpha-linolenic acid (C18:3, n-3), 6.06% gadoleic acid, 5.49% docosahexaenoic acid (C22:6).

I have not found any study about the fatty acids, vitamins and phytosterols of *T. orientalis* in the literature. It has been determined that there is no information in the literature regarding the fatty acid composition of *T. orientalis*. In the present study, it is seen that *T. orientalis* is rich in palmitic acid (C16:0), stearic acid (C18:0), oleic acid (C18:1), linoleic acid (C18:2), γ -linolenic acid (C18:3, n-6), alpha-linolenic acid (C18:3, n-3), gadoleic acid (C20:1) and docosahexaenic acid (C22:6). In a previous study, it was reported that the fatty acid composition was studied only in the seeds of this plant (Özcan, 2008). It is observed that the fatty acid composition of this plant has a general similarity with the composition of the seeds to the fatty acid, but there are some differences in quantity.

In this study, important information about the fat-soluble vitamins (A, D, E, K) and phytocysterol content of the *T. orientalis* plant was also obtained for the first time. According to our findings, it was determined that there are different levels of vitamin and phytosterol composition.

4. Conclusions and Recommendations

In this study, the first information about the content of phenolic acid, fatty acid, phytosterol and fat-soluble vitamins of the *T. orientalis* plant was reported in this study.

The antioxidant activity of *T. orientalis* plant extracts obtained from various solvents (methanol, ethanol, pure water) was studied using several techniques in this work. According to the results, it was found that the methanol and pure water extracts of *T. orientalis* plant showed higher antioxidant activity than ethanol extract against the DPPH radical. It has been found that the extracts of this plant have high antioxidant properties against the ABTS radical. It has been determined that the metal chelating potential of this plant depends on the concentration and that there is a high metal chelating potential, especially of methanol and pure water extracts. In addition, it was determined that ethanol and methanol extracts of the *T. orientalis* have a high hydroxyl radical cleaning property compared to pure water extract.

It has been determined that the *T. orientalis* plant is an important source of protein, phenolic compounds and proanthocyanidins. Moreover, it is seen that this plant has an important potential in terms of some fatty acids that are important from a nutritional point of view and is a valuable resource. In addition, it has been determined that this plant is a valuable source of some phenolic acids that are important for health. It has been also determined that the potential of this plant is low in terms of the content of fat-soluble vitamins and phytosterols. According to the data, it can be clearly stated that the *T. orientalis* plant has a significant potential in terms of food and health.

5. Acknowledge

I wish to thank Prof. Dr. Ökkeş Yılmaz for their contributions.

References

- Amaze OU, Ayoola GA, Sofidiya MO, Adepoju-Bello AA, Adegoke AO, Coker HA. Evaluation of antioxidant activity of *Tetracarpidium conophorum* (Müll. Arg) Hutch & Dalziel leaves. *Oxid Med Cell Longev*. 2011; 2011:976701. doi: 10.1155/2011/976701.
- Ayhan BS, Yalçın E, Çavuşoğlu K, Acar A. Antidiabetic potential and multi-biological activities of *Trachystemon*

- orientalis* extracts. J. Food Meas. Charact 2019; 13:2887–2893.
- Ayvaz Col M. Antioxidant activity of *Trachystemon orientalis* (L.) G. Don (Borage) grown and eaten as food in Ordu, Turkey. Herba Pol. 2015; 61(4): 40-51.
- Bhattacharyya A, Chattopadhyay R, Mitra S, Crowe SE. Oxidative stress: an essential factor in the pathogenesis of gastrointestinal mucosal diseases. Physiol Rev. 2014; 94(2):329-54. doi: 10.1152/physrev.00040.2012.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT 1995; 28: 25–30. doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5
- Christie WW. (1990). Gas chromatography and lipids. (1th ed.). Scotland: The Oily Pres.
- Christie WW. Preparation of fatty acid methyl esters. Inform 1992; 3: 1031–1034.
- Decker EA, Welch B. Role of ferritin as a lipid oxidation catalyst in muscle food. J. Agric. Food Chem. 1990; 38: 674-677.
- Demir E, Turfan N, Özer H, Üstün NŞ, Pekşen A. Nutrient and bioactive substance contents of edible plants grown naturally in Salıpazarı (Samsun). Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus 2020, 19(1), 151–160. doi: 10.24326/asphc.2020.1.14.
- Dimcheva V, Kaloyanov N, Karsheva M (2019). The polyphenol composition of *Cistus incanus* L., *Trachystemon orientalis* L. and *Melissa officinalis* L. infusions by HPLC-DAD method. Open J Anal Bioanal Chem 3(1): 031-038. DOI: http://dx.doi.org/10.17352/ojabc.000008.
- Halliwell B, Gutteridge JM, Aruoma OI. The deoxyribose method: a simple "test-tube" assay for determination of rate constants for reactions of hydroxyl radicals. Anal Biochem. 1987; 165(1):215-9. doi: 10.1016/0003-2697(87)90222-3.
- Hara A, Radin NS. Lipid extraction of tissues with a low-toxicity solvent. Anal Biochem. 1978; 90(1):420-6. doi: 10.1016/0003-2697(78)90046-5.
- Hussain T, Tan B, Yin Y, Blachier F, Tossou MC, Rahu N. Oxidative stress and inflammation: What polyphenols can do for us? Oxid Med Cell Longev. 2016; 2016:7432797. doi: 10.1155/2016/7432797.
- Keser S, Demir E, Yilmaz Ö. Phytochemicals and antioxidant activity of the almond kernel (*Prunus dulcis* Mill.) from Turkey. J. Chem. Soc. Pak 2014; 36: 534-541.
- Kibar B, Kibar H. Determination of the nutritional and seed properties of some wild edible plants consumed as vegetable in the Middle Black Sea Region of Turkey. S. Afr. J. Bot. 2017; 108:117–125.
- López-Cervantes J, Sánchez-Machado DI, Ríos-Vázquez NJ. High-performance liquid chromatography method for the simultaneous quantification of retinol, alpha-tocopherol, and cholesterol in shrimp waste hydrolysate. J Chromatogr A. 2006; 1105(1-2):135-9. doi: 10.1016/j.chroma.2005.08.010.
- Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J Biol Chem. 1951; 193(1):265-75.
- Nimse SB, Pal D. Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. RSC Adv., 2015, 5, 27986-28006. doi: 10.1039/c4ra13315c.
- Özbakır Özer M, Aksoy M. Mineral composition and nutritional properties of *Trachystemon orientalis* (L.) G. Don populations in the central black sea region of Turkey. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus, 2019; 18(4):157–167. doi: 10.24326/asphc.2019.4.15.
- Özcan T. Analysis of the total oil and fatty acid composition of seeds of some Boraginaceae taxa from Turkey. Plant Syst Evol 2008 274:143–153. doi 10.1007/s00606-008-0039-6
- Özen T. Antioxidant activity of wild edible plants in the Black Sea Region of Turkey. Grasas Aceites 2010; 61(1): 86-94.
- Özer, M.Ö., Aksoy, M. Mineral composition and nutritional properties of *Trachystemon orientalis* (L.) G. Don populations in the Central Black Sea Region of Turkey. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus (2019; 18(4): 157–167. doi: 10.24326/asphc.2019.4.15.
- Pizzino G, Irrera N, Cucinotta M, Pallio G, Mannino F, Arcoraci V, Squadrito F, Altavilla D, Bitto A. Oxidative Stress: Harms and benefits for human health. Oxid Med Cell Longev. 2017; 2017:8416763. doi: 10.1155/2017/8416763.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med. 1999; 26(9-10):1231-7. doi: 10.1016/s0891-5849(98)00315-3.
- Roe M, Church S, Pinchen H, Finglas P. Nutrient analysis of fruit and vegetables. Analytical Report. Institute of Food Research, Norwich Research Park, Colney, Norwich. 2013.
- Sacan O. Antioxidant Activity, Total phenol and total flavonoid contents of *Trachystemon orientalis* (L.) G. Don. Eur J Biol 2018; 77(2): 70-75.
- Sánchez-Machado DI, López-Hernández J, Paseiro-Losada P. High-performance liquid chromatographic determination of alpha-tocopherol in macroalgae. J Chromatogr A. 2002; 976(1-2):277-84. doi: 10.1016/s0021-9673(02)00934-2.
- Slavin JL, Lloyd B. Health benefits of fruits and vegetables. Adv Nutr. 2012;3(4):506-16. doi: 10.3945/an.112.002154.
- Slinkard K, Singleton VL. Total phenol analysis-automation and comparison with manual methods. Am. J. Enol. Vitic. 1977; 28: 49–55.
- Sun L, Zhang J, Lu X, Zhang L, Zhang Y. Evaluation to the antioxidant activity of total flavonoids extract from persimmon (*Diospyros kaki* L.) leaves. Food Chem Toxicol. 2011; 49(10):2689-96. doi: 10.1016/j.fct.2011.07.042.
- Woo Y, Lee H, Jeong YS, Shin GY, Oh JG, Kim JS, Oh J. Antioxidant potential of selected Korean edible plant extracts. Biomed Res Int. 2017; 2017: 7695605. doi: 10.1155/2017/7695605.
- Zu Y, Li C, Fu Y, Zhao C. Simultaneous determination of catechin, rutin, quercetin kaempferol and isorhamnetin in the extract of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaves by RP-HPLC with DAD. J Pharm Biomed Anal. 2006; 41(3):714-9. doi: 10.1016/j.jpba.2005.04.052.



Karar Kuramı ve Karar Verme

Sena Güngör^{1*}, Uğur Özcan²

^{1*} Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Doktora Programı, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-1124-2385), sena.gngr.52@gmail.com

² Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0002-4478), uozcan@fsm.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 12 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 25 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1035682)

ATIF/REFERENCE: Güngör, S. & Özcan, U. (2022). Karar Kuramı ve Karar Verme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 119-125.

Öz

Yaşamın hemen her aşamasında, yapılmakta olan veya yapılması planlanan çeşitli eylem ve olaylar ile ilgili çok sayıda alternatif arasından seçim yapmayı gerektiren durum veya problemlerle karşı karşıya kalınabilmektedir. Bu durum ve problemler, insanları çözüm bulmaya yönlendirmekte; başka bir ifadeyle, seçim yapmaya zorlamaktadır. Birden fazla alternatifin oluşması durumuyla başlayan seçim süreci, belirli ölçütler çerçevesinde hedefe ulaştıran alternatiflerden bir veya birkaçının seçilmesiyle sonlanmaktadır. Bu seçim işlemi, “karar verme” eylemini en basit şekilde tanımlamaktadır. Karar verme, insan yaşamıyla oldukça iç içe geçmiş bir eylemdir. İnsanlar, zaman zaman farkında olmaksızın, istemsiz olarak karar vermektedir. Ancak, verilmesi gereken kararlar, her zaman basit, rutin, belirlilik içeren, üzerinde fazla düşünmeyi gerektirmeyen ve çözümlenmesi kolay olan türden olmayabilir. Bazı kararlar ise, çok daha karmaşık, belirsizlik içeren ve yüksek risk taşıyan yapıdadır. Bu noktada, yönetim bilimlerinin en önemli unsurlarından biri olan “karar verme”nin yönetsel süreçler için vazgeçilmez bir hale gelmesiyle birlikte karar verme yaklaşımları ortaya çıkmıştır. Bu çalışma, yaşamın tüm alanlarını derinden etkileyen “karar verme” kavramının önemini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karar kuramı, Karar verme eylemi, Karar verme süreci.

Decision Theory and Decision-Making

Abstract

In almost every stage of life, individuals may be faced with situations or problems that require choosing among many alternatives. These situations and problems lead individuals to find solutions; in other words, it forces them to choose. The selection process, which starts with the formation of more than one alternative, ends with the selection of one of the alternatives that reach the target within the framework of certain criteria. This selection process most simply describes the “decision-making”. Decision making is an action that is highly intertwined with individual’s life. Individuals often make decisions unconsciously and involuntarily. However, some decisions are not always simple, routine, specific or easy to resolve. On the other hand, some decisions are much more complex, uncertain or carry high-risk. At this point, with the “decision-making” which is one of the most important elements of the management science, becoming indispensable for managerial processes, decision-making approaches have emerged. This study was carried out in order to reveal the importance of the concept of “decision making”, which deeply affects all areas of life.

Keywords: Decision-making theory, Decision-making, Decision-making process.

* Sorumlu Yazar: sena.gngr.52@gmail.com

1. Giriş

İnsanlık tarihi ile birlikte başlayan yönetsel faaliyetler, örgütsel yapının belirli amaçlar doğrultusunda belirli işleri gerçekleştirme çabalarının olduğu tüm alanlarda söz konusu olmuştur. En eski yönetsel faaliyetler, toplumların yönetiminde uygulanmış ve bununla ilintili olarak savunma örgütlerinde meydana gelmiş, ekonomi alanında yönetsel faaliyetler ise sonraki dönemlerde gelişmiştir. 1950'li yılların sonuna kadar yönetim kavramı, dar anlamda, günlük işlerin basit bir şekilde yürütülmesi olarak kabul edilmiştir. 18.yy'ın ikinci yarısından sonra, endüstri devrimi sonrasında içerisinde bulunulan çevrede meydana değişim ve gelişimlere uyum sağlama zorunluluğuna bağlı olarak, yönetim alanında yapılan çalışmalar artış göstermiştir. Böylece, yönetim, ayrı bir bilim olmaktan çıkarak, ekonomi, siyaset, hukuk, sosyoloji, psikoloji, tarih, matematik gibi çeşitli alanla etkileşim içerisinde olan bir bilim haline gelmiştir. Buna göre, yönetimin, en eski bilimlerden biri olduğunu söylemek mümkündür. 20.yy'ın ilk çeyreğinde, "bilimsel yönetim yaklaşımı", ikinci çeyreğinde ise, "insan ilişkileri yaklaşımı" hâkim olmuştur. 1930'lu yıllara kadar egemen olan bilimsel yönetim yaklaşımında; örgüt bir makine, örgütteki insanlar ise, bu makinenin dişlileri olarak ele alınmıştır. Bilimsel yönetim yaklaşımındaki makineleşme yerine insan unsurunu ön plana çıkaran ve insanı sosyal bir varlık olarak ele alan "insan ilişkileri yaklaşımı" ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşım, örgütsel yapı içerisindeki iletişim ve ilişkilerin verimliliği doğrudan etkilediğini savunmaktadır. Bu iki yaklaşımı ile birlikte zenginleşen yönetim biliminde yeni kuramlar geliştirilmiştir. Bunlar; Karar (Verme) Kuramı, Sistem Kuramı ve Durumsallık Kuramı'dır.

Karar Kuramı, kendi içerisinde Klasik Rasyonel ve Sınırlı Rasyonel Karar Kuramı olarak iki gruba ayrılmaktadır. Klasik Rasyonel Karar Kuramı, karar vericinin olabilecek tüm alternatifleri ve sonuçlarını bilerek hareket ettiğini ve optimal kararlar verdiğini kabul etmektedir. Bu yaklaşıma göre, karar verici, çıkarlarını ön planda tutarak rasyonel seçimler yapmaktadır.

Klasik Rasyonel Karar Kuramı'nın idealize edilmiş koşullarını eleştiren Herbert Alexander Simon, Sınırlı Rasyonel Karar Kuramı'nı ortaya koymuştur. Simon (1965), "karar verme" ile "yönetme" eylemlerinin eş anlamlı olduğunu ifade etmektedir. Simon'un yaklaşıma göre, insanın belirli bir hedefe ulaşabilmek için bilinçli olarak bir yolu seçmesi olarak tanımlanan karar verme, örgütlemenin temel süreci; karar ise yönetimin amacı olarak ele alınmaktadır. Simon'un yaklaşımının temeli karar verme, karar vermenin dayanağı da doyum olgusudur. Simon'a göre, karar vericiler örgütsel, çevresel ya da içsel sınırlılıklar sebebiyle rasyonel olamazlar. Klasik Rasyonel Karar Kuramı'ndaki rasyonel karar vericinin yerini, koşulların getirdiği tüm gerçeklik ve sınırlılıkları benimseyen yönetsel bir karar verici almaktadır. Örgüt içerisinde, insanın davranışlarını sınırlandıran birtakım etmenler bulunmasına karşın, karar verici, amaç gözetici veya doyum arayıcı şekilde davranışlar göstermektedir. Belirli bir hedefe yönelen karar verici, bu hedefi gerçekleştirecek belirli yolları takip etmekte ve birden fazla yolla karşılaştığında ise, en uygun olanı ya da en çok doyum vereni benimsemektedir. Karar verici, doyum sağlayan kararlar vererek en tatmin edici sonuçları ortaya koymaktadır.

2. Karar Verme

İnsanlar, günlük yaşam içerisinde, pek çok konuda çeşitli kararlar vermektedir. Verilen kararlar, içerik ve önem açısından birbirinden farklılıklar gösterebilir de ortak bir paydada buluşmaktadır. Söz konusu ortak payda, karar vericinin, her durumda karar alternatiflerini belirlemesi ve hangi alternatifin hedefe ulaşmada en uygun yol olduğuna karar vermesidir. Karar, karşı karşıya kalınan çok sayıda alternatif içerisinden yapılan seçimlerin genel bir ifadesidir. Karşılaşılan durumda, birden fazla ölçüt ve alternatif olduğunda, bir karar probleminin varlığı söz konusudur.

Karar kelimesi, "aralarında bir seçme yapma zorunluluğu olan olanaklardan birini seçme edimi ve bu edimin sonucu"; karar verme ise, "karar birimlerinin belirlenmiş bir ya da daha fazla amaca ulaşmak için var olan çeşitli seçenekler arasında seçim yapmalarına yönelik davranış biçimi" olarak tanımlanmaktadır. (TDK Büyük Türkçe Sözlük, 2005) Karar verme kavramı, en basit şekilde, çok sayıda alternatifin değerlendirildiği ve aralarından optimal seçimin yapıldığı süreç olarak tanımlanabilir. Kısaca, karar kavramı, bir neticeyi; karar verme kavramı ise, bu neticeye ulaşmayı sağlayan süreci ifade etmektedir.

Yaşamın her anında karşılaşılan karar verme olgusunu, Evren ve Ülengin (1992), "mevcut tüm alternatifler arasından araç veya amaçlara en uygun, mümkün bir veya birkaçını seçme süreci" olarak tanımlamaktadır.

Kuruözüm (2000), karar verme kavramını, "sorunlar sistemini çözüme kavuşturmada, edinilen bilgilerin uygun karar modellerinde kullanılmasıyla üretilen alternatif davranış biçimlerinden birinin seçilmesi ve uygulanması" şeklinde ifade etmektedir.

Koçoğlu (2010) ise, "karşılaşılan durum ile ilgili olarak arzu edilen sonuçlara ulaşabilmek için yol gösterici bilgilerin toplanması, bu bilgiler ışığında sistematik, bilimsel ve mantıklı bir akıl yürütme ile seçenekler oluşturup bunların içinden en uygun olanının seçilerek uygulamaya konulması" şeklinde tanımlamaktadır.

2.1. Karar Verme Eyleminin Özellikleri

Karar verme durumu, yaşamın hemen her alanında ve safhasında sıklıkla karşılaşılan bir olgudur. Yaşam koşullarının sürekli olarak değişim ve gelişim içerisinde olmasıyla birlikte, karar verme süreci, daha da karmaşık ve güç bir hal almaktadır. Zorlaşan ve ağırlaşan günümüz koşullarında, karar vericinin, sadece tecrübe ve sezgilerine dayanarak hareket etmesi, sağlıklı ve doğru kararın verilebilmesi için yetersiz kalmaktadır. Bu noktada, karşılaşılan problemin çözümünde karar analizlerinin uygulanması, karar verici için önemli hale gelmektedir. "Karar analizi, karar verme sürecine sistematik ve analitik bir bakış açısı sunmaktadır. Bu bakış, problemdeki tüm ayrıntıları göz önüne almayı gerektirmektedir. Buna göre karar analizi, karmaşık bir karar probleminde mümkün olan tüm verinin toplanması, problemin ne olduğunun, hangi faktörlerden etkilendiğinin belirlenmesi ve olası tüm alternatiflerin ortaya konması ile mantık çerçevesi içinde probleme en iyi çözümü bulmayı amaçlayan nitel ve nicel yaklaşımların kullanılması olarak tanımlanmaktadır." (Lezki vd., 2016). Karar analizleri, doğru kararı vermekten ziyade iyi bir kararın verilmesini amaçlamaktadır. Bu noktada, iyi bir karar ile doğru bir kararın aynı kavramlar olmadığını belirtmek gerekmektedir. Bir

problemin çözümünde, en iyi sonucu sağlayan karar, doğru karar olarak nitelendirilmektedir. Ancak, bir kararın sonuçlarının ne şekilde olacağı net olarak bilinmeyeceği için, bu kararın doğru mu yoksa yanlış mı olduğu, kararın uygulanmasından bir süre sonra saptanabilir. İyi karar olarak benimsenen alternatifin, aynı zamanda problemi çözüme ulaştıran doğru kararın olması beklenmektedir. Ancak, verilen bir kararın, doğru karar olarak tanımlanabilmesi için karar analizleri yapılırken ortaya konulan ön kabullerin doğruluğu ile çevresel etmenlerin gelecek zamanda alacağı boyutlarına ilişkin doğru tahminler yapılmalıdır. Bu bağlamda, verilen bir kararı belirlenen hedefe ulaştıracak “iyi bir karar”, etkili, verimli, rasyonel, uygulanabilir ve zamanında alınmış olmalıdır. (Lezki vd., 2016).

2.2. Karar Verme Eyleminin Bileşenleri

Her bir karar verme eylemi, kendine özgü kavramlar, nitelikler ve bileşenler barındırmakla birlikte, genel bir değerlendirme yapıldığında karar verme eylemine dahil edilen temel bileşenler; karar verici, hedef ve ölçütler, alternatifler, karar matrisi, çevresel etmenler, olasılıklar, sonuçlar ve karar olarak sıralanmaktadır.

- Karar verici: Karar verme probleminin çözümlenebilmesi için belirlenen alternatifler arasından seçim yapan ve bu seçimin olumlu ya da olumsuz tüm sonuçlarının sorumluluğunu üstlenen kişi veya kişilerdir.
- Hedef: Karar, belirli bir hedefe yönelik olarak verilmektedir. Karşılaşılan problemin tanımlanması diğer bir deyişle, ulaşılmak istenilen hedefin belirlenmesi, karar verme probleminin çözümüne yönelik ilk adımdır. Karar verme sürecinin sağlıklı olarak yönetilebilmesi için hedefin net bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir. Belirlenen hedef ışığında, karar problemi şekillendirilerek, hedefe hizmet edecek ölçüt ve alternatifler belirlenmektedir. Bu nedenle, karar verme problemini şekillendiren en kritik bileşenlerinden biri hedeftir.
- Ölçütler: Hedef ortaya konulduktan sonra ölçütlerin belirlenmesi ve ölçüt setlerinin oluşturulması gerekmektedir. Karar verme problemine dâhil edilen ölçütler, hedefe ulaşma noktasında karar alternatiflerinin doğru bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır. Karar verme sürecinde etkin rol oynayan karar ölçütleri belirlenirken özenle hareket edilmelidir.
- Alternatifler: Bir karar verme probleminin oluşabilmesi için en az iki alternatifin olması gerekmektedir. Alternatif, karar vericinin herhangi bir karar verme probleminin çözümünde izleyeceği yolları, tutumu, nesnelere ifade etmektedir. Alternatifler, karar verici tarafından belirlenmektedir. Alternatiflerin karar verme problemini yansıtabilecek doğrulukta ve sayıda olmasına özen gösterilmesi gerekmektedir. Çünkü karar verme sürecine dâhil edilmeyen alternatif veya alternatifler süreç sonunda fazladan maliyetlere neden olabilmektedir.
- Karar matrisi: Karar verme problemindeki ölçütlerin ve alternatiflerin bir arada gösterildiği matris ifadesidir.
- Çevresel etmenler: Karar verici tarafından kontrol edilemeyen ve kararı önemli ölçüde etkileyen değişkenlerdir. Çevresel etmenler, gelecekte ortaya çıkması beklenen ancak ne şekilde ortaya çıkacağı net olarak bilinmeyen durumlardır. Biyolojik, psikolojik, sosyolojik, ekonomik ve örgütsel etmenler bunlardan bazılarıdır.
- Olasılıklar: Karar verme problemindeki en kritik nokta, kararların gelecekle ilişkili olması ve geleceğin belirsizlik

içermesidir. Bu belirsizlik durumuna ise, çevresel etmenler neden olmaktadır. Verilen kararı etkileyebilecek çevresel etmenlerin neler olacağı bilinebilir, ancak bunların gelecekte ne şekilde ortaya çıkacağı bilinemez. Bu nedenle, geçmişteki verilerden faydalanılarak gelecekte karşılaşılabilecek durumlara ilişkin tahminler yapılmaktadır. Bu tahminler, karar verme probleminde, çevresel etmenlerin ortaya çıkma olasılıkları olarak yansımaktadır.

- Sonuçlar: Belirli bir alternatifin seçimi ve karar verme probleminde dâhil edilen ölçütlerin etkisiyle ortaya çıkan değerlerdir. Her bir ölçüt ve alternatif ikilisi, matematiksel işlemlere tabi tutularak değerlendirilmekte ve sonuç değerleri sayısal değerlerle ifade edilmektedir. Sayısal değerlerle ifade edilemeyen karar verme problemlerinde ise, sonuç değerleri, fayda birimleri şeklinde göstermek mümkündür.
- Karar: Sonuçlar doğrultusunda genel bir değerlendirmenin yapılmasıyla elde edilen karar verme sürecinin çıktısıdır.

2.3. Karar Verme Türleri

Karar verme problemlerini; kararın verildiği ortam, yönetim kademesi, yapısı, bağlantılı olma durumu ve göz önünde bulundurulacak ölçüt bakımından sınıflandırılmak mümkündür.

2.3.1. Verildiği Ortama Göre Kararlar

Kararın verildiği ortam, karar verme probleminin çözümü için kullanılacak yaklaşımın belirlenmesinde etkilidir.

Karar verme ortamı, karar vericinin problem hakkında sahip olduğu bilgi seviyesiyle ilişkilidir. Özellikle, kararı etkileyen çevresel etmenler hakkında sahip olduğu bilgi düzeyi, kararın verildiği ortamın nasıl olduğu sorusu için büyük önem taşımaktadır. Verildiği ortama göre kararlar; belirlilik, belirsizlik ve risk ortamında verilen kararlar olarak sınıflandırılmaktadır.

- Belirlilik ortamında verilen karar: Herhangi bir karar verme sürecine ilişkin ölçüt, alternatif veya çevresel etmenlerin doğuracağı sonuçların önceden biliniyorsa, kararın belirlilik ortamında verildiği anlamına gelmektedir. Karar verme ortamında belirlilik durumu söz konusu olduğundan karar verme eylemi nispeten daha kolay olmaktadır. Bu tür karar verme problemlerinde, her bir ölçüt, alternatif ve değişkenin değerleri ve aralarındaki ilişkiler kesin olarak bilinmektedir.
- Belirsizlik ortamında verilen karar: Karar verme problemindeki ölçütler, alternatifler ve çevresel etmenler bilinmekle birlikte, hangi ölçütün veya alternatifin sonuca nasıl etki edeceği, hangi çevresel etmenin ne şekilde ve hangi olasılıkla ortaya çıkabileceği bilinmemektedir. Bu nedenle, belirsizlik ortamında verilen bir kararın taşıdığı riskin hesaplanması mümkün olmayacağından, karar matrisinde ifade edilen değerlere dayanılarak karar verilmektedir.
- Risk ortamında verilen karar: Bir karar verme probleminde yer alan ölçütlerin alabileceği değerler veya gerçekleşme olasılıkları biliniyorsa, benimsenen stratejiye bağlı olarak verilen kararın doğuracağı risklerin ölçülebildiği anlamına gelmektedir. Bu türden kararlar, risk ortamında verilen karar olarak tanımlanmaktadır. Söz konusu değerlerin veya olasılıkların bilinmesinin önemli avantajı, karar verici tarafından benimsenen alternatiflere göre elde edilmesi beklenen sonuç için ne ölçüde bir riskin alındığının hesaplanabilmesidir.

2.3.2. Yönetim Kademesine Göre Kararlar

Yönetim kademesine göre kararlar; stratejik, taktiksel ve operasyonel kararlar olarak sınıflandırılmaktadır.

- Stratejik karar: “Üst yönetim tarafından verilen kararlardır. Bu tür kararların özellikleri, kararın çok karmaşık bir yapıda olması, karar sonucunun etkilerinin uzun vadede ortaya çıkması, genellikle belirsizlik ortamında verilmesi, işletmenin varlığı ve devamlılığı açısından önemli etkilerinin olmasıdır. Bu tür kararlara yeni bir pazara girme, üretim teknolojilerinin seçimi, finansman politikalarının belirlenmesi örnek olarak verilebilir.” (Lezki vd., 2016).
- Taktiksel karar: “Bu tür kararlar orta düzey yönetim tarafından verilen kararlardır. Stratejik kararların uygulanabilmesi amacıyla orta vadede yapılması gereken faaliyetlere ilişkin olup genel olarak risk ortamında verilen kararlardır. Yıllık bütçe planı, mevcut tedarikçilerle olan anlaşmaların yenilenmesi, yeni reklam kampanyasının nasıl olacağı bu tür karar örnekleridir.” (Lezki vd., 2016).
- Operasyonel karar: “Bu tür kararlar, alt yönetim kararları olup sonuçları kısa vadede ortaya çıkar. Günlük, haftalık ve aylık faaliyetlerin yerine getirilebilmesi için verilmesi gereken kararlardır ve belirlilik ortamında verilir. Günlük iş emirlerinin hazırlanması, haftalık üretim planının oluşturulması, aylık stok miktarının belirlenmesi operasyonel karar örnekleridir.” (Lezki vd., 2016).

2.3.3. Yapılarına Göre Kararlar

Yapılarına göre kararlar; yapılandırılmış (programlanabilir), yapılandırılmamış (programlanamayan) ve yarı yapılandırılmış (yarı programlanabilen) kararlar olarak sınıflandırılmaktadır.

- Yapılandırılmış (Programlanabilir) karar: “Bu tür kararlar, rutin olarak sık sık tekrarlanan kararlardır. Bu nedenle karar probleminin çözümüne ilişkin izlenecek yol, kullanılacak yöntemler önceden belirlenmiştir ve her defasında aynı yol ve yöntemleri kullanmak çözüm için yeterli olacaktır.” (Lezki vd., 2016).
- Yapılandırılmamış (Programlanamayan) karar: “Bu tür kararlar, alışılmamış, daha önceden karşılaşılmamış ve tekrarlanmayan özgün nitelikteki kararlardır. Belirsizlik ortamı söz konusu olup karmaşıklık derecesi büyüktür. Bu tür kararlarda, ilk kez karşılaşıldığından çözüm için önceden belirlenmiş standart bir prosedür olmayıp nasıl bir yol ve yöntem izlenmesi gerektiği karar sürecinin başında bilinmemektedir. Bu nedenle çözüm için ayrıntılı karar analizine ihtiyaç duyulan kararlardır.” (Lezki vd., 2016).
- Yarı yapılandırılmış (Yarı programlanabilen) karar: “Bu kararlar, yapılandırılmış ve yapılandırılmamış karar türlerinin birleşimidir. Karar probleminin bir kısmı için önceden belirlenen standart prosedürler uygulanabilirken, problemin tamamen çözümü için yeterli olmamaktadır. Taktiksel karar grubunda yer almaktadır.” (Lezki vd., 2016).

2.3.4. Bağlantılı Olma Durumuna Göre Kararlar

Bağlantılı olma durumuna göre kararlar; tek aşamalı ve çok aşamalı kararlar olarak sınıflandırılmaktadır.

- Tek aşamalı karar: “Karar problemlerinin bir kısmı, tek bir kararın verilmesini gerektiren ve söz konusu kararın sonucuna bağlı olarak belirli bir katkının elde edildiği yapıdadır. Bu tip kararlarda verilen kararın sonucu başka

kararları etkilemez ve dolayısıyla başka bir karar ile herhangi bir bağlantısı yoktur.” (Lezki vd., 2016).

- Çok aşamalı karar: “Pek çok karar probleminde ise verilen bir kararın sonucu verilen ilk kararla aynı zamanda ya da daha sonraki bir zamanda verilecek başka kararları da etkilemektedir. Birbirine bağlantılı bir dizi kararın alınmasını gerektiren böylesi karar problemleri de çok aşamalı karar problemi olarak adlandırılır.” (Lezki vd., 2016).

2.3.5. Göz Önünde Bulundurulacak Ölçüt Açısından Kararlar

Göz önünde bulundurulacak ölçüt açısından kararlar; tek ölçütlü ve çok ölçütlü kararlar olarak sınıflandırılmaktadır.

- Tek ölçütlü karar: “Karar probleminde ulaşılmak istenen tek bir amaç ve bu amaca ulaşabilmek için kullanılacak tek bir değerlendirme ölçütü olduğunda karar problemi tek ölçütlü karar problemidir.” (Lezki vd., 2016)
- Çok ölçütlü karar: “Günümüzde bireysel kararlarda da işletme kararlarında da tek bir ölçütün göz önüne alındığı karar problemlerinin sayısı oldukça azdır. Birden fazla niteliğin aynı anda en iyi değerleri alabilmesi çabası çok ölçütlü karar verme tekniklerinin geliştirilmesine neden olmuştur. Bunlardan en bilinenleri olan AHP, ANP, TOPSIS ve ELECTRE teknikleridir.” (Lezki vd., 2016).

2.4. Karar Verme Yaklaşımları

Karar verme eyleminde kullanılan yaklaşımlar arasındaki farklılıkların temelinde, karar verme probleminin yapısı ile karar vericinin tutum ve tercihleri yer almaktadır. Karar vericinin karar verme problemi hakkında sahip olduğu bilgi düzeyi, problem karşısındaki tutum ve davranışları, içerisinde bulunduğu psikolojik durum, karar verdiği ortamın niteliği, hedeflerini gerçekleştirme isteği/zorunluluğu gibi etmenler kullanacak yaklaşımın belirlemede önemli ölçüde etkili olmaktadır. Ele alınan karar verme probleminin niteliği, yapısı, önemi, problemdeki karar değişkenleri ve çevresel etmenler göz önünde bulundurularak belirlenen yaklaşım ile optimum seçim yapılmaktadır. Tüm bu ölçütler doğrultusunda karar verme yaklaşımları; sezgisel, deneysel ve bilimsel karar verme yaklaşımı olarak sınıflandırılmaktadır.

- Sezgisel karar verme yaklaşımı: Sezgisel karar verme yaklaşımında, karar verme problemiyle ilgili herhangi bir araştırma, veri toplama ve analiz yapma yöntemler kullanılmamaktadır. Analizler, karar vericinin sezgileri ve duygularına dayanılarak yapılmaktadır. Her bir karar verme probleminde yer alan ölçütlerin etki dereceleri farklı olduğuna göre, her karar verme probleminin de belli derecelerde riskleri bulunmaktadır. Bu sebeple, sezgisel karar verme yaklaşımında, karar vericinin risk karşısındaki tutumu oldukça önem hale gelmektedir.
- Deneysel karar verme yaklaşımı: Deneysel karar verme yaklaşımında, karar vericinin deneyimlerinden elde ettiği bilgilerden yararlanılmaktadır. Karar verme problemi, geçmişteki benzer durumların çözümünde izlenen yöntemle çözümlenmeye çalışılmaktadır. Karar verici, mevcut problem için bilimsel analizler yerine geçmiş durumlardan elde ettiği verilere dayanarak bir çözüme ulaşmaya çalışılmaktadır.
- Bilimsel karar verme yaklaşımı: Deneyim, sezgi ve duygular, kararın verilmesinde oldukça önemli olmakla

birlikte, her zaman yeterli olamayabilirler. Bilimsel karar verme yaklaşımında, karar verme problemleri analitik bakış açısıyla ele alınarak, uygun yöntemler aracılığıyla çözüme ulaşılmaktadır. Bu yaklaşımda, problemle ilgili bilgiler sistematik bir şekilde toplanmaktadır. Problemde yer alan kontrol edilen ve edilmeyen değişkenler ile problemdeki tüm etmenler arasındaki ilişkiler belirlenmektedir.

3. Karar Verme Problemi ve Süreci

Karar verme probleminin oluşabilmesi için, ortadan kaldırılması gereken bir durumun veya sorunun, belirli bir hedefe sahip olması ve bu hedefe ulaşılabilmesi için farklı sonuçlar veren karar verme alternatiflerinin bulunması gerekmektedir. Tek bir karar verme alternatifinin bulunduğu durumlarda, herhangi bir karar verme probleminin varlığından söz edilemez. Çünkü bu türden problemlerde, çözüm tektir ve mutlaka uygulanması gerekecektir. Karar verme eylemi, herhangi bir karar verme probleminin çözümünde birden fazla karar verme alternatifi içerisinden en iyi olanın seçilmesi şeklinde olabileceği gibi, ardışık karar verme alternatiflerinin çeşitli kombinasyonlarının içerisinden en iyisinin seçilmesiyle de yapılabilmektedir.

3.1. Karar Verme Probleminin Özellikleri

Her karar probleminin sahip olduğu risk, karmaşıklık, önem derecesi ve belirsizlik vb. faktörler birbirinden farklılık göstermekle birlikte, karar verme eyleminde genel olarak karşılaşılan temel özellikleri şu şekilde sıralamak olanaklıdır:

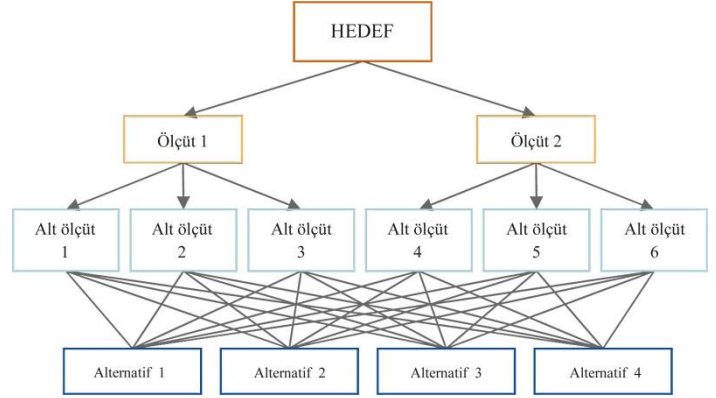
- Karar verme, gelecekle ilişkilidir.
- Karar verme, maddi ve manevi zorluklara sahiptir.
- Karar verme, zaman ve maliyet gerektirir.
- Karar verme, sorumluluk yükler.
- Karar verme, fazladan maliyetlere neden olabilir.
- Karar verme, rasyonellik ilkesine dayanır.

3.2. Karar Verme Probleminin Modellenmesi

Bilimsel karar verme yaklaşımı, karar verici tarafından rasyonel, objektif ve bilinçli seçimlerin yapılabilmesi için sıklıkla başvurulan bir yöntemdir. Bu yaklaşımı tercih eden karar verici, karar verme probleminin tanımlanması ve çözümlenmesi için birtakım modellerden yararlanmaktadır. Model aracılığıyla, karmaşık yapıya sahip bir karar verme probleminin daha anlaşılır hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Karar verme problemlerinde kullanılan modeller; uyuşum (fiziksel), benzeşim (analog) ve sembolik (simgesel) olarak sınıflandırılmaktadır.

- Uyuşum modeli (Fiziksel model): “Temsil ettiği gerçek sistemle fiziksel ve niteliksel açıdan tam bir uyum hâlinde bulunan ve gerçek sistemin fiziksel olarak belirli ölçekte küçültülmüş ya da büyütülmüş olan örnekleridir.” (Lezki vd., 2016).
- Benzeşim modeli (Analog model): “Gerçek sistemde var olan bir özelliğin modelde kolay anlaşılabilen başka bir özellik ile temsil edildiği model türüdür.” (Lezki vd., 2016).
- Sembolik model (Simgesel model): “İncelenen sistemin ya da durumun, harf, rakam ya da diğer semboller ve kavramlar yardımıyla temsil edilmesidir.” (Lezki vd., 2016).

Karar verme modeli ise, karar verme probleminin bir temsili olarak tanımlanabilir. Ulaşılacak istenilen hedef göz önünde bulundurularak, söz konusu karar verme problemindeki kontrol edilen ve edilmeyen değişkenler ile bu değişkenler arasındaki ilişkileri bir arada ortaya koyan ve çözüme en uygun alternatifin seçilebilmesini sağlayan modellerdir. Karar verme probleminin tanımlanmasının akabinde, bir karar verme modeli oluşturularak en iyi çözüme ulaşma çabasına girilmektedir.



Şekil 1. Karar Verme Modeli Örneği (Figure 1. Decision-Making Model Example)

Bir karar verme probleminde, A_1, A_2, \dots, A_m ile ifade edilen m sayıda alternatif ve C_1, C_2, \dots, C_n ile ifade edilen n sayıda farklı ölçütün olduğu varsayıldığında, her bir alternatif ve ölçüt ikilisi için $S_{11}, S_{12}, \dots, S_{mn}$ ile ifade edilecek sonuç değerlerinin bulunduğu karar matrisi Tablo 1’de olduğu gibi gösterilmektedir. Kısaca, karar verme matrisinin satır kısmında birbirine olan üstünlüklerini gösterecek alternatifler, sütun kısmında ise karar verme eyleminde kullanılacak ölçütler yer almaktadır.

Tablo 1. Karar verme matrisinin genel yapısı ve bileşenleri (Lezki vd., 2016) (Table 1. General structure and components of the decision matrix (Lezki et al., 2016))

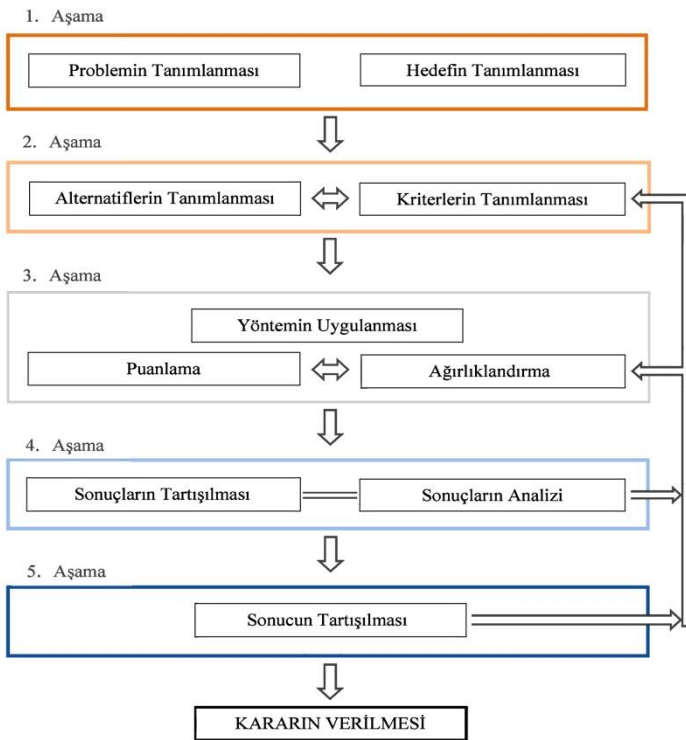
Alternatifler	Ölçütler					
	C_1	C_2	C_3	.	.	C_n
A_1	S_{11}	S_{12}	S_{13}	.	.	S_{1n}
A_2	S_{21}	S_{22}	S_{23}	.	.	S_{2n}
A_3	S_{31}	S_{32}	S_{33}	.	.	S_{3n}
.
.
.
A_m	S_{m1}	S_{m2}	S_{m3}	.	.	S_{mn}

3.3. Karar Verme Süreci

Karar verme süreci, “herhangi bir kişinin herhangi bir durumla veya sorunla ilgili nasıl davranması gerektiği hakkında analitik bir tarzda düşündükten ve ilgili alternatifleri avantajları ve dezavantajları bakımından tarttıktan sonra, kendisi açısından en optimum uygulanabilirliğe ve faydaya sahip olan alternatifi seçme sürecidir.” (Bayraktaroğlu ve Demir, 2011). Karar vermenin önemli bir safhasını oluşturan karar verme süreci bazı temel adımlardan oluşmaktadır. Bu sürecin; planlı olarak yürütülebilmesi, başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi ve etkin kararların alınabilmesi için bu sürece ilişkin bilinmesi gereken adımlar;

- Karar verme probleminin tanımlanması,
- Ulaşılmak istenilen veya ulaşılması beklenen hedefin belirlenmesi,
- Karar verme probleminin çözümlenebilmesi için gerekli verilerin toplanması,
- Karar ölçütlerinin ve alternatiflerin ortaya konulması,
- Alternatiflerin karar ölçütleri ve alt ölçütlerle birlikte değerlendirilmesi,
- Hedefe ulaştıracak en uygun alternatifin seçilmesi şeklinde özetlenebilir.

Son adım olarak, uygulamaya konulan alternatifin sonuçlarının izlenmesi ve değerlendirmelerin yapılması gerekmektedir. Bu adım ile birlikte, kararın ne ölçüde doğru ve etkin bir karar olduğu ortaya konulmaktadır. Ayrıca, uygulama sonrası duyarlılık analizinin yapılması, kararın etkililiğine fayda sağlayacaktır.



Şekil 2. Karar Verme Süreci (Recchia vd., 2011) (Figure 2. Decision-Making Process (Recchia et al., 2011))

4. Sonuç

Yaşamın hemen her aşamasında, yapılmakta olan veya yapılması planlanan çeşitli eylem ve olaylar ile ilgili çok sayıda alternatif arasından seçim yapmayı gerektiren durum veya problemlerle karşı karşıya kalınabilmektedir. Bu durum ve problemler, insanları çözüm bulmaya yöneltmekte; başka bir ifadeyle, seçim yapmaya zorlamaktadır. Birden fazla alternatifin oluşması durumuyla başlayan seçim süreci, belirli ölçütler çerçevesinde hedefe ulaştıran alternatiflerden bir veya birkaçının seçilmesiyle sonlanmaktadır. Bu seçim işlemi, "karar verme" eylemini en basit şekilde tanımlamaktadır. Karar verme, insan yaşamıyla oldukça iç içe geçmiş bir eylemdir. İnsanlar, zaman zaman farkında olmaksızın, istemsiz olarak karar vermektedir. Ancak, verilmesi gereken kararlar, her zaman basit, rutin, belirlilik içeren, üzerinde fazla düşünmeyi gerektirmeyen ve çözümlenmesi kolay olan türden olmayabilir. Bazı kararlar ise, çok daha karmaşık, belirsizlik içeren ve yüksek risk taşıyan yapıdadır.

Kritik öneme sahip olan kararları vermeden önce, probleme ilişkin gerekli analizlerin yapılması ve bilgilerin toplanması gerekmektedir. Bu türden durumlarda, karar verici, çok sayıda alternatif arasından optimal olan seçimi yaparken birtakım yöntemler kullanabilir. Kararların karmaşıklığının ve önem düzeyinin artmasıyla karar vericinin üzerindeki baskı da artmakta; buna paralel olarak karar vericinin rolü daha da önem kazanmaktadır. Kararların karmaşıklığı, kararı etkileyen pek çok etkenin olmasından kaynaklanmaktadır. Kararların önem düzeyi ise, insan yaşamı üzerinde yapacağı olası değişikliklerle doğru orantılı olarak farklılaşmaktadır. Karar vericiler, lehte ve aleyhte olabilecek tüm olasılıkları göz önünde bulundurarak karar vermelidir. Aksi takdirde, verilen yanlış bir kararın sonuçlarının telafisi mümkün olmayabilir. Bu bağlamda, karar kuramının kavram ve tekniklerini bütünleştiren bilimsel yöntemlerin kullanılmasıyla daha doğru ve kesin karar vermek ve değerlendirmeler yapmak esas olmaktadır. Seçim yapmayı gerektiren bir durum veya problemle karşılaşıldığında, sağlıklı ve doğru kararların verilmesi, ancak etkin ve verimli karar verme yöntemlerinin uygulanmasıyla gerçekleştirilebilir. Karar verme probleminde birbiriyle çelişen hedeflerin yerine getirilmesi, birden fazla karar ölçütünün değerlendirilmesi ve çok sayıda alternatif arasından seçimin yapılması için karar verme yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir. Karar kuramının ilkeleri ve yöntemlerinden faydalanılması, daha kolay, hızlı ve objektif karar verme imkânı sunarak kararın etkililiğine önemli kazanımlar sağlayacaktır. Karar vericinin kesin ifadelerle seçim yapabilmesini sağlayan karar verme yöntemlerinden yararlanılarak üstün verimli ve etkin alternatifin seçilmesi kolaylaşacaktır. Karar ölçütlerinin ve alternatiflerin sayısal değerlerle ifade edildiği karar verme yöntemlerinin kullanımı, problemin gerçeğe uygun verilerle çalışmasına imkân tanıyarak, kararın verilmesinde ortaya çıkabilecek belirsizlikler ve olası hatalar önenebilecektir. Bu faydalar göz önünde bulundurulduğunda, bütün değişken ve ölçütler dikkate alınarak rasyonel kararların alınmasını sağlayan karar verme yöntemlerinin kullanımı önemli bir potansiyel oluşturmaktadır.

Kaynakça

- Adair, J. (2017). Karar Verme ve Problem Çözme (3. Baskı). İstanbul: Pegem Akademi.
- Aladağ, Z. (2011). Karar Teorisi (2.baskı). İstanbul: Umuttepe.
- Arslankaya, S. ve Göraltay, K. (2019). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinde Güncel Yaklaşımlar. Ankara: Iksad Publications
- Bayraktaroğlu, S. ve Demir, K. (2011). İşyerinde Karar Verme ve Problem Çözme Yöntemleri. Ankara: İş ve Meslek Danışmanlığı Derneği Yayınları.
- Ersever, H. Ö. (1996). Karar Verme Becerileri Kazandırma Programının ve Etkileşim Grubu Deneyiminin Üniversite Öğrencilerinin Karar Verme Stilleri Üzerindeki Etkileri. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Evren, R. ve Ülengin, F. (1992). Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme. İstanbul: İTÜ Yayınları.
- Koçoğlu, E. (2010). İşletmelerde Yöneticilerin Karar Verme Süreci ve Bu Süreçte Bilişim Teknolojilerinin Kullanımı. Atılım Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Kuruözüm, A. (2010). Karar Destek Sistemlerinde Çok Amaçlı Yöntemler. Antalya: Akdeniz Üniversitesi Basım Evi.

- Kuruüzüm, A. ve Atsan, N. (2001). Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları. Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi, 1, ss. 83-105.
- Lezki, Ş., Sönmez, H., Şıklar, E., Özdemir, A. ve Alptekin, N. (2016). İşletmelerde Karar Verme Teknikleri. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Narasimhan, R. (1983). An Analytical Approach to Supplier Selection. Journal of Purchasing Materials Management, Winter, Vol. 19, No. 1, pp.27-32.
- O'Brien, D. B. and Brugha, C. M. (2010). Adapting and Refining in Multi-Criteria Decision-Making. Journal of the Operational Research Society, 61(5), pp. 756-767.
- Öz, E. ve Baykoç, Ö. F. (2004). Tedarikçi Seçimi Problemine Karar Teorisi Destekli Uzman Sistem Yaklaşımı. Gazi Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19(3), ss. 275-286.
- Recchia, L., Boncinelli, P., Cini, E., Vieri, M., Pegna, F. G., and Sarri, D. (2011). Multicriteria Analysis and LCA Techniques: With Applications to Agro-engineering Problems. London: Springer-Verlag.
- Şişman M. (2013). Eğitimde Mükemmellik Arayışı Etkili Okullar. (4. Basım). Ankara: PegemA.
- Temur, Ö. F. (2012). Öğretmen Algılarına Göre Yöneticilerin Karar Verme Stillerinin Öğretmenlerin Örgütsel Bağlılığına Etkisi: Rize İli Örneği. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Rize.
- Tozlu, A. (2016). Karar Verme Yaklaşımları Üzerinde Herbert Simon Hegemonyası. Journal of Turkish Court of Accounts, 102, ss. 27-45.
- Terzi, Ü., Hacaloğlu, S., E. ve Aladağ, Z. (2006). Otomobil Satın Alma Problemi İçin Bir Karar Destek Modeli. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5(10), ss. 43-49.
- Türk Dil Kurumu. (2005). Büyük Türkçe Sözlük. Ankara: TDK Yayınları.
- Türk Dil Kurumu. (2021). Güncel Türkçe Sözlük. Erişim adresi: <https://sozluk.gov.tr/> (Erişim tarihi: 02.10.2021)
- Türkşen, Ö. (2019). Çok Ölçütlü Karar Verme: Temel Kavramlar ve Tarihçe. Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü (Ders Notu). Erişim adresi: https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/105271/mod_resource/content/0/1.Temel%20Kavramlar%20ve%20Tarihce.pdf (Erişim tarihi: 04.07.2021)
- Tseng, Y. J. and Lin, Y. H. (2005), A Model for Supplier Selection and Tasks Assignment. Journal of American Academy of Business, 6(2), pp. 197-207.
- Turan, G. (2015). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. Bursa: Dora Kitap.
- Tzeng, G. H. and Huang, J. J. (2011). Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. Boca Raton: CRC Press.
- Yaraloğlu, K. (2010). Karar Verme Yöntemleri. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Yıldırım, B. F. ve Önder, E. (2014). İşletmeciler, Mühendisler ve Yöneticiler için Operasyonel, Yönetimsel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. Bursa: Dora Yayınları.



Social Media Behaviors of University Students in and out of School: A Field Study

Fatih Çağatay Baz¹

¹ Osmaniye Korkut Ata University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Management Information Systems, Osmaniye, Turkey, (ORCID: 0000-0002-6398-9851), fatihcagataybaz@osmaniye.edu.tr

(First received 13 December 2021 and in final form 23 January 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1035823)

ATIF/REFERENCE: Baz, F. Ç. (2022). Social Media Behaviors of University Students in and out of School: A Field Study. *European Journal of Science and Technology*, (33), 126-132.

Abstract

In recent years, developments in technology and the effects of these developments on human life are quite large. It is seen that future generations will be shaped by rapid advances in technology. Determining the habits of young people, especially in the use of the internet and social media, is important in terms of how the interaction between technology and people should be interpreted. In this research, it is tried to determine the social media behaviors of university students. The aim of the research is to determine the social media behaviors of Osmaniye Korkut Ata University students in and out of school. The questionnaire applied to the students was carried out online in the 2021 fall semester. 170 students participated in the research. The survey consists of three parts. In the first part, there is the demographic information section where the age and gender of the students are included. In the second part, there are questions about the out-of-school social media behaviors of university students. In the third part, there are questions about the in-school social media behaviors of university students. In the analysis part of the data, besides descriptive statistics, t-test for independent samples and one-way analysis of variance were used. In the study, frequency percentage distributions and arithmetic averages of university students participating in the research were calculated with descriptive statistics. In this study, in which the social media behaviors of in-school and out-of-school university students were examined, it was seen that the views of the participants were not significant according to the gender and age variables.

Keywords: Social media, Usage of internet, University students, Social media behaviors.

Üniversite Öğrencilerinin Okul İçi ve Dışı Sosyal Medya Davranışları: Bir Alan Araştırması

Öz

Son yıllarda teknolojiadaki gelişmeler ve bu gelişmelerin insan yaşamına etkileri oldukça fazladır. Gelecek nesillerin teknolojiadaki hızlı gelişmelerle şekilleneceği görülmektedir. Gençlerin özellikle internet ve sosyal medya kullanım alışkanlıklarının belirlenmesi, teknoloji ve insan etkileşiminin nasıl yorumlanması gerektiği açısından önemlidir. Bu araştırmada üniversite öğrencilerinin sosyal medya davranışları belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırmanın amacı, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi öğrencilerinin okul içi ve okul dışı sosyal medya davranışlarını belirlemektir. Öğrencilere uygulanan anket 2021 güz döneminde online olarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmaya 170 öğrenci katılmıştır. Anket üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde öğrencilerin yaş ve cinsiyetlerinin yer aldığı demografik bilgiler bölümü yer almaktadır. İkinci bölümde ise üniversite öğrencilerinin okul dışı sosyal medya davranışlarına yönelik sorular yer almaktadır. Üçüncü bölümde ise üniversite öğrencilerinin okul içi sosyal medya davranışlarına yönelik sorular yer almaktadır. Verilerin analiz kısmında betimsel istatistiklerin yanı sıra bağımsız örneklem için t testi ve tek yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Araştırmada, araştırmaya katılan üniversite öğrencilerinin frekans yüzde dağılımları ve aritmetik ortalamaları betimsel istatistiklerle hesaplanmıştır. Okul içi ve okul dışı üniversite öğrencilerinin sosyal medya davranışlarının incelendiği bu çalışmada, katılımcıların görüşlerinin cinsiyet ve yaş değişkenlerine göre anlamlı olmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sosyal medya, İnternet kullanımı, Üniversite öğrencileri, Sosyal medya davranışları.

1. Introduction

With the rapid development of information technologies, the internet has become an indispensable part of life in recent years. In particular, the use of social media has become quite widespread. People of all age groups are on social media platforms for hours every day. These developments shape people's sharing, communication, and many different issues. Especially young people carry out many activities on the internet and social media platforms.

People do not only use the internet to do some transactions that will make their daily work easier. At the same time, they started to use it for more fun and having a good time. Moreover, at the point we have reached, serious time has begun to be spent on social media (Ince and Koçak 2017). As a reflection of the developing technology, social media is a current issue. Social media is one of the most popular applications of the internet, which is rapidly advancing to become one of the communication tools. Today, the Internet has become not only a place to access information, but also a place that connects individuals and facilitates their socialization. With social media platforms, people want to expand their social circle, communicate with other people, gain knowledge, share knowledge, and experience, and spend their spare time (Barutçu and Tomaş 2013; Aydın 2016). Although social media may seem like dialogues between individuals or small groups, the number of people who are interested in shared information or content is increasing rapidly (Öztürk and Talas, 2015).

The number of people using the Internet is increasing day by day. Internet usage frequency data of individuals in Turkey is given in Table 1.

Table 1. Average internet usage frequency of individuals

	Total		Male		Female	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Almost every day	70.8	76.5	76.4	81.6	65.3	71.4
At least once a week	5.6	4	5.7	4	5.6	4
Less than once a week	1.2	0.9	1.2	0.8	1.2	0.9

TÜİK (2021), <https://data.tuik.gov.tr>

When Table 1 is examined, the number of people who use the internet almost every day in 2021 has increased in men and women compared to the previous year. The number of those who say they will enter at least once a week and the number of those who say they will enter less than once a week have also decreased. The developments in the speed of accessing the Internet from year-to-year show that individuals access the Internet every day. Social media addiction is a factor that can affect people's daily functions in their lives and can affect people in cognitive, emotional, and spiritual areas (Ozdemir 2019). Social media, food and beverage, literature, music, urbanism and architecture, design, activities for the benefit of the individual and society, environmentalism, etc. brought together people

from different subcultures (Uluç and Yarcı, 2017). Recently, with the rapid development and spread of Web 2.0 technologies, the use of technology and especially the relationship between social media and these issues are examined (Thackeray et al. 2008; Komito 2011; Power and Phillips-Wren 2011; Sandoval-Almazan and Gil-Garcia 2014; Sfetcu 2017). When the studies on social media use are examined separately, it is found that studies mostly conducted with young people (Greenhow 2011; Yusop and Sumari 2013; Patton et al. 2014; Rice and Barman-Adhikari 2014; Shabir et al. 2014; Keating and Melis 2017; Baz, 2018; Tutgun-Ünal and Deniz, 2020). Young people use the internet outside of school and in school and spend a lot of time on social media in their environment. In this sense, it is important to examine the social media behaviors of young university students out of school and in school in this study. In line with this importance, the behavior of university students was tried to be determined in this study.

1.1. Assumptions, Hypotheses and Limitations of the Study

The effect of the social media environment, which has become widespread recently and the number of users rapidly increasing, on the behavior of university students is gaining importance. Therefore, in the study conducted on Osmaniye Korkut Ata University students, it is aimed to reveal the behaviors of university students out of school and in school.

This study seeks answers to the following basic research questions:

- What are the social media behaviors of university students outside of school?
- What is the social media behavior of university students in school?
- Does the social media behavior of university students differ significantly by gender?
- Does the social media behavior of university students show a significant difference according to their age distribution?

The following assumptions are accepted for the study:

- The propositions in the questionnaire on the social media behaviors of Osmaniye Korkut Ata University students outside and inside the school are sufficient to reveal the social media behaviors of the students in question.
- The research method used in the research is suitable for the purpose and subject of the research.
- The participants who answered the questionnaire are sufficient to determine the out-of-school and in-school social media behaviors of Osmaniye Korkut Ata University students.

The limitations of this study, in which the out-of-school and in-school social media behaviors of university students are investigated, are listed as follows.

- The findings obtained in the study reflect the perceptions of the student group, on which the survey was conducted, regarding out-of-school and in-school social media behaviors at the time of the survey.
- The reliability and validity of the collected data is limited by the characteristics of the technique used in data collection.

- The limitation of the study is that the data were collected only by questionnaire method and qualitative techniques were not used in the study.

2. Materials and Methods

This research was designed in accordance with general survey model. General survey models are the name given to the screening arrangements made on a sample or sample with the idea of making a general judgment about the whole universe or a group to be taken from the universe in a universe consisting of many elements (Karasar 2009). This research is a descriptive study that examines the social media behaviors of university students in and out of school in terms of different variables (age, gender). In descriptive studies, variable manipulation and revealing a cause-effect relationship are out of question. Survey studies fall under the group of such studies. Because these studies do not aim to reveal the relationships between the variables and make predictions for the future. Studies in the descriptive research model are generally called the survey model (Başol 2008).

The research universe consists of students studying at Osmaniye Korkut Ata University and using social media during the period of the research. A total of 170 students were included in the study, in which the purposeful sampling technique was used. The data subject to the research was collected from the participants with Google Forms. While determining the sample, the purposive sampling method, which is one of the non-random sampling methods, was preferred. Büyüköztürk (2012) states the purposive sampling method as the selection of information-rich situations in the context of the purpose of the study to conduct in-depth research.

A questionnaire consisting of 33 questions in 3 parts was used to measure the social media behaviors of the participants in and out of school. The first part of the questionnaire consists of demographic questions. In the second part of the questionnaire, the social media behaviors of the participants outside of school were questioned on a 21-item scale prepared in a 5-point Likert type (1=Never, 2=Rarely, 3=Sometimes, 4=Often, 5=Always). In the third part of the questionnaire, it was tried to learn the social media behaviors of the participants in the school with a 10-item scale prepared in 5-Likert type (1=Never, 2=Rarely, 3=Sometimes, 4=Often, 5=Always). The scales used in the second and third sections of the questionnaire were developed by Dikbaş Torun (2019) with the aim of examining the social media use behaviors of university students in Turkey in terms of various variables. Out-of-school social media behaviors scale; It has four factors: consumption, communication, creation and sharing. The scale of social media behaviors in school has three factors: consuming, creating and sharing. The validity and reliability of the scales were calculated by Dikbaş Torun (2019) using Kaiser-Meyer-Olkin, Bartlett's, Exploratory Factor Analysis, Confirmatory Factor Analysis (CFA) and Cronbach's Alpha tests. In the results, it was seen that the factor loadings of all items were good, and the total variance explained for both scales was at a sufficient level (In-school social media behaviors: 67.64%. Out-of-school social media behaviors: 56.71%). Internal consistency values of both scales were found to be acceptable for all factors. The results obtained by the exploratory factor analyzes with SPSS 22 software were

Table 4. Frequency percentage distributions and arithmetic averages of students' views on out-of-school social media behaviors

confirmed by the confirmatory factor analyzes with the AMOS 23 software, and a valid and reliable measurement tool was obtained that measures how the social media usage behaviors of university students in Turkey differ while they are inside and outside the school. The data obtained in the research were analyzed using the SPSS 25 program.

In the analysis part of the data, besides descriptive statistics, t-test for independent samples and one-way analysis of variance were used. In the study, frequency percentage distributions and arithmetic averages of university students participating in the research were calculated with descriptive statistics.

3. Results and Discussion

The research findings were obtained from the answers given by 170 participants who participated in the research. Within the scope of the research, the scale was sent to the students in electronic form for them to answer. Google Forms was used to prepare the scale in the electronic environment. It was seen that all the questions sent to the participants were answered.

In this part of the research, the findings obtained as a result of the research are included.

The findings and comments about gender, age, in-school, and out-of-school social media behaviors within the scope of the research are given below, respectively.

3.1. Demographic Information of Participants

The distribution of the participants by gender is given in Table 2.

Table 2. Distribution results by gender of the participants

Gender	f	%
Female	72	42,35
Male	98	57,65

Table 2 shows the distribution of the participants by gender. When Table 2 is examined, 98 (57.65%) of the participants are male; It is seen that 72 (42.35%) of them are women. According to Table 2, the number of male participants is more than female participants.

The distribution of the participants by age groups is given in Table 3.

Table 3. Distribution results of the participants by age groups

Age Groups	f	%
18 – 20 age	45	26,47
21 – 23 age	62	36,47
24 – 26 age	33	19,41
27 and above	30	17,65

Table 3 shows the distribution of the participants by age groups. When Table 3 is examined, 62 (36.47%) of the participants are between the ages of 21 – 23, 45 (26.47%) are between the ages of 18 – 20, 33 (19.41%) are between the ages of 24 – 26, and 30 of them are between the ages of 24 and 26. It is seen that (17.65%) are in the age range of 27 and over. According to Table 3, it is seen that the age distributions are mostly in the 21-23 age range.

Suggestion	Never		Rarely		Sometimes		Often		Always		\bar{x}
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	
Consuming											
<i>Do not look at other people's personal information</i>	33	19,4	47	27	54	31,8	23	13,5	13	7,6	2,62
<i>Reading friends' new posts</i>	10	5,9	29	17,1	65	38,2	48	28,2	18	10,6	3,2
<i>Read comments on friend's or someone else's posts</i>	36	21,2	52	30,6	52	30,6	23	13,5	7	4,1	2,48
<i>Listening to music or watching TV series and movies</i>	2	1,2	13	7,6	47	27,6	61	35,9	47	27,6	3,81
Communication											
<i>Starting online entertainment activities</i>	45	26,5	29	17,1	49	28,8	33	19,4	14	8,2	2,65
<i>Start online interest-based activities</i>	44	25,9	28	16,5	50	29,4	27	15,9	21	12,4	2,72
<i>Sending an invitation to an online entertainment event</i>	61	35,9	29	17,1	48	28,2	24	14,1	8	4,7	2,34
<i>Sending an invitation to online interest-based events</i>	61	35,9	35	20,6	43	25,3	22	12,9	9	5,3	2,31
<i>Write a comment under the topics you are interested in.</i>	41	24,1	41	24,1	57	33,5	17	10	14	8,2	2,54
<i>Interact with members in interest-based discussion groups</i>	43	25,3	40	23,5	45	26,5	27	15,9	15	8,8	2,59
Creation											
<i>Adding or remixing someone else's work in ongoing media conversations</i>	80	47,1	28	16,5	37	21,8	17	10	8	4,7	2,08
<i>Rearrange the work of others</i>	95	55,9	19	11,2	31	18,2	16	9,4	9	5,3	1,97
<i>Create video, audio or photos</i>	66	38,8	27	15,9	41	24,1	21	12,4	15	8,8	2,36
<i>Making or rearranging computer and video games</i>	95	55,9	20	11,8	30	17,6	19	11,2	6	3,5	1,94
<i>Creating digital art content in virtual social worlds</i>	91	53,5	27	15,9	24	14,1	15	8,8	13	7,6	2,01
<i>Writing on topics of personal interest or experience</i>	58	34,1	35	20,6	38	22,4	26	15,3	13	7,6	2,41
Sharing											
<i>Re-sharing friends' posts on social networks</i>	53	31,2	41	24,1	44	25,9	18	10,6	14	8,2	2,4
<i>Passing fun information</i>	19	11,2	24	14,1	59	34,7	49	28,8	19	11,2	3,14
<i>Forwarding general introduction information</i>	61	35,9	38	22,4	42	24,7	20	11,8	9	5,3	2,28
<i>Sharing the content of topics in my own interests</i>	38	22,4	40	23,5	54	31,8	22	12,9	16	9,4	2,63
<i>Sharing links or videos from information sharing groups or groups with common interests</i>	50	29,4	34	20	56	32,9	23	13,5	7	4,1	2,42

When Table 4 is examined, it is seen that the participants mostly perform the behaviors of listening to music or watching TV series and movies ($\bar{x} = 3.81$) outside of school. In out-of-school social media behaviors, it is also seen that the participants display the behaviors of reading the new posts of their friends ($\bar{x} = 3.2$) and conveying entertaining information ($\bar{x} = 3.14$). While the participants had the least behavior of making or rearranging computer and video games ($\bar{x} = 1.94$), they also had the behavior of rearranging the work of others ($\bar{x} = 1.97$) and creating digital art content in virtual social worlds ($\bar{x} = 2.01$) stated that they performed less than others. In the sub-headings of out-of-school social media behaviors, participants list consuming behaviors ($\bar{x} = 3.02$), sharing behaviors ($\bar{x} = 2.57$), communication behaviors ($\bar{x} = 2.52$) and creating behaviors ($\bar{x} = 2.12$).

The distribution of the participants' views on social media behaviors in school is given in Table 5.

Table 5. Frequency percentage distributions and arithmetic averages of students' views on social media behaviors in school

Suggestion	Never		Rarely		Sometimes		Often		Always		\bar{x}
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	
Consuming											
Reading posts about school work on social networks	12	4,8	31	12,5	62	25	38	15,3	27	10,9	3,21
Searching for learning resources and information about schoolwork	13	5,2	31	12,5	57	23	43	17,3	26	10,5	3,22
Watching videos about subject knowledge	7	2,8	18	7,3	50	20,2	59	23,8	36	14,5	3,58
Creation											
Writing articles/articles	40	16,1	38	15,3	39	15,7	34	13,7	19	7,7	2,72
Create online video, music and photos	46	18,5	33	13,3	51	20,6	27	10,9	13	5,2	2,57
Making posters, digital art or graphics	71	28,6	29	11,7	41	16,5	17	6,9	12	4,8	2,23
Sharing											
Discuss school work with classmates or teachers	33	13,3	35	14,1	56	22,6	31	12,5	15	6	2,76
Sharing information about school issues with classmates	16	6,5	27	10,9	54	21,8	40	16,1	33	13,3	3,27
Sharing learning resources with classmates	9	3,6	22	8,9	61	24,6	47	19,0	31	12,5	3,4
Sharing extracurricular learning resources with classmates	19	7,7	23	9,3	65	26,2	36	14,5	27	10,9	3,17

When Table 5 is examined, it is seen that the participants mostly watch videos about subject knowledge ($\bar{x} = 3,58$) in school. In in-school social media behaviors, it is seen that the participants show the behaviors of sharing learning resources with their classmates ($\bar{x} = 3,4$) and sharing information with their classmates on school-related issues ($\bar{x} = 3,27$). While the participants exhibited at least the behavior of preparing posters, digital art, or graphics ($\bar{x} = 2,23$), they also attributed the behaviors of creating online videos, music, and photos ($\bar{x} = 2,57$) and writing / article writing ($\bar{x} = 2,72$) to others. stated that they did less than in the sub-headings of in-school social media behaviors, the participants list consuming behaviors ($\bar{x} = 3,33$), sharing behaviors ($\bar{x} = 3,15$), and creating behaviors ($\bar{x} = 2,5$).

3.2. Findings regarding the differences in the views of university students on social media behaviors in and out of school according to the gender variable

The independent t-test was used to determine whether there was a significant difference between the views of the students participating in the research on social media behaviors in and out of school, and their genders. The result of whether the views of the students participating in the research on social media behaviors in and out of school differ according to the gender variable is given in Table 6.

Table 6. T-test results of university students' opinions on social media behaviors in and out of school by gender

Out of school	Gender	N	\bar{x}	SS	sd	t	p
	Male	98	2,51	,756	132	0,124	.902
	Female	72	2,53	,945			
In-school	Gender	N	\bar{x}	SS	sd	t	p
	Male	98	2,93	,937	168	1,455	.147
	Female	72	3,12	,719			

According to Table 6, the arithmetic averages of the total scores of female students ($\bar{x} = 2,53$) and male students ($\bar{x} = 2,51$) of the students participating in the research on out-of-school social media behaviors are close to each other, while the in-school averages of female students ($\bar{x} = 2,51$). = 3.12) than male students ($\bar{x} = 2,93$) arithmetic mean was found to be higher. The relationship between students' in-school and out-of-school social media behaviors and gender was examined and no statistically significant difference was found [sig. p > .05]. Based on these data, it can be said that the gender factor is not important in students' views on internet addiction.

3.3. Findings regarding the differences in the views of university students on social media behaviors in and out of school according to age variable

It was investigated whether there was a significant difference between the opinions of the students participating in the study on social media behaviors in and out of school and the age variable. The relationship between the opinions of university students and the age variable was determined by one-way analysis of variance (ANOVA). The result of whether the views of the students participating in the research on social media behaviors in and out of school differ according to the age variable is given in Table 7.

Table 7. One-way analysis of variance (ANOVA) results of university students' views on social media behaviors in and out of school by age

Out of	Age Gender	N	\bar{x}	S
--------	------------	---	-----------	---

School					
	18-20	45	2,24	,657	
	21-23	62	2,46	,748	
	24-26	33	2,74	,915	
	27 and above	30	2,83	1,02	
Age Gender	Source of Variance	KT	sd	F	P
	Between groups	8,428	3	4,221	,007
	Within groups	110,486	166		
	Total	118,914	169		
In School	Age Gender	N	\bar{x}	S	
	18-20	45	2,98	,879	
	21-23	62	2,89	,879	
	24-26	33	3,07	,680	
	27 and above	30	3,26	,918	
Age Gender	Source of Variance	KT	sd	F	P
	Between groups	2,965	3	1,361	,256
	Within groups	120,509	166		
	Total	123,473	169		

When Table 7 is examined, the mean scores of the university students' views on social media behaviors in and out of school did not show a significant difference according to age [$p>.05$].

4. Conclusions and Recommendations

In this research, the views of students studying at the university on social media behaviors in and out of school were determined. In addition to the factors of consumption, communication, creation, sharing on the in-school and out-of-school social media behaviors of university students, the effects of gender status and the age of the students according to these views were examined and some results were reached. When the studies are examined, it is possible to find many studies on social media behaviors. Especially in recent years, there have been studies on social media behaviors, attitudes, and addictions with university students. No study has been found in the literature that includes investigating social media behaviors in and out of school with different factors. Therefore, it is thought that this study is important in order to shed light on the field. In the answers given by the students who are studying at the university, it is seen that the most agreed propositions are listening to music or watching TV series and movies outside of school, reading the new posts of friends and conveying fun information. It can be stated that university students exhibit social media behaviors for entertainment purposes outside of school. In addition, in school social media behaviors, it is seen that university students have a high rate of watching videos about subject information, sharing learning resources with classmates, and sharing information with classmates on school-related issues. It can be said that the reasons such as the realization of learning environments with distance education due to the Covid 19 pandemic, and current innovations in educational technologies have shaped student behaviors in school more. It can be said that students generally increase their social media use both inside and outside of school. It can be seen that similar results have been obtained in studies in the literature on the subject (Kuss, Griffiths and Binder 2013; Shubnikova, Khuziakmetov and Khanolainen 2017; Gholamian, Shahnazi and Hassanzadeh 2017). In terms of social media behaviors, *e-ISSN: 2148-2683*

university students stated that they exhibit less behaviors such as making or rearranging computer and video games outside of school, rearranging the work of others, and creating digital art content in virtual social worlds. In this sense, it can be stated that the participants are less engaged in creating and designing a new material. It is stated that the participants show low rates of preparing posters, digital art or graphics, creating online videos, music and photographs, and writing articles/articles in school. These statements confirm that the participants' in-school and out-of-school behaviors are similar. It can be stated that the participants are not active in creating a new work inside and outside the school. It can also be stated that in recent years, university students have moved away from developing content and materials, as they have more rapid access to information. In the research, it is seen that the participation in the consumption behavior is high in both out-of-school and in-school environments as the subtitles of the behaviors realized by the participants. In this sense, it can be stated that university students are a generation that consumes in the social media environment rather than a generation that produces. In addition, among the behaviors, the creation behavior was the least participation in both environments. This confirms the previous inference. As a result of the research, the views of university students on social media behaviors did not show a significant difference according to age ranges. Based on the findings, it can be said that the age difference of university students is not an important factor in social media behaviors. In the study conducted by Aslan and Yazıcı (2016), internet addiction and related socio-demographic factors did not show a significant difference according to the age variable. In this sense, it is similar to the study carried out. With this research, the views of university students on social media behaviors in and out of school were examined. It was determined that university students' views on social media behaviors did not differ significantly when age and gender variables were taken into account. In future studies, researchers can compare their own samples with the findings from this study. Researchers may be advised to conduct studies on internet addiction by considering different variables. In their future studies, researchers can conduct new research on social media addiction with participants with different demographic characteristics and contribute to the field.

References

- Aslan, E, and Yazıcı, A. 2016. Üniversite Öğrencilerinde İnternet Bağımlılığı ve İlişkili Sosyodemografik Faktörler. *Turkish Journal of Clinical Psychiatry* 19: 109–117.
- Aydın, İrem Erdem. 2016. Üniversite Öğrencilerinin Sosyal Medya Kullanımları Üzerine Bir Araştırma: Anadolu Üniversitesi Örneği. *The Journal of Selcuk University Social Sciences Institute* 35: 373-386.
- Barutçu, Süleyman., Tomaş, Melde. *Sürdürülebilir Sosyal Medya Pazarlaması ve Etkinliğinin Ölçülmesi*. IUYD'2013 4:5-23.
- Başol, Gülşah. 2008. *Bilimsel Araştırma Süreci ve Yöntem. Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. İstanbul: Lisans Publication. pp. 113-143.
- Baz, Fatih Çağatay. 2018. Sosyal Medya Bağımlılığı: Üniversite Öğrencileri Üzerine Çalışma. *International Journal of Society Researches* 8(9): 278-295.
- Büyüköztürk, Şener. 2012. *Örnekleme yöntemleri*. Available online: <http://w3.balikesir.edu.tr/~msackes/wp/wp->

- content/uploads/2012/03/BAY-Final-Konulari.pdf (accessed on 22 November 2021)
- Dikbaş Torun, Emel. 2019. Sosyal Medya Davranışları Ölçeklerinin Türkçe Formunun Geliştirilmesi: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması. *Akdeniz İletişim Dergisi* 32:217-234.
- Gholamian, B., Shahnazi, H., and Hassanzadeh, A. 2017. The Prevalence of Internet Addiction and its Association with Depression, Anxiety, and Stress, among High-School Students. *International Journal of Pediatrics* 5(4): 4763-4770.
- Greenhow, Christine. 2011. Youth, Learning, and Social Media. *J. Educational Computing Research* 45: 139-146.
- Ince, Mustafa., and Koçak, Mevlüt Can. 2017. Üniversite Öğrencilerinin Sosyal Medya Kullanım Alışkanlıkları: Necmettin Erbakan Üniversitesi Örneği. *The Journal of Karabuk University Social Sciences Institute* 7: 736-749.
- Karasar, Niyazi. 2009. *Bilimsel Araştırma Yöntemi* (19. Press). Ankara: Nobel Publication.
- Keating, Avril., and Melis, Gabriella. 2017. Social Media and Youth Political Engagement: Preaching to the Converted or Providing a New Voice for Youth? *The British Journal of Politics and International Relations* 19: 877-894.
- Komito, Lee. 2011. Social Media and Migration: Virtual Community 2.0. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 62: 1075-1086.
- Özdemir, Zafer. 2019. Üniversite Öğrencilerinde Sosyal Medya Bağımlılığı. *Beykoz Akademi Dergisi* 7: 91-105.
- Öztürk, Mehmet Fatih., Talas, Mustafa. 2015. Interaction of Social Media and Education. *Journal of World of Turks*. 7: 101-120.
- Patton, Desmond, Upton., Hong, Jun Sung., Ranney, Megan., Patel, Sadiq., Kelley, Caitlin., Eschmann, Rob., and Washington, Tyreasa. Social Media as a Vector for Youth Violence: A Review of the Literature. *Computers in Human Behavior* 35: 548-553.
- Power, Daniel J., and Phillips-Wren, Glorai. 2011. Impact of Social Media and Web 2.0 on Decision-Making. *Journal of Decision Systems* 20: 249-261.
- Rice, Eric., and Barman-Adhikari, Anamika. 2014. Internet and Social Media Use as Resource Among Homeless Youth. *Journal of Computer-Mediated Communication* 19: 232-247.
- Sandoval-Almazan, Rodrigo., and Gil-Garcia, J Ramon. 2014. Towards Cyberactivism 2.0? Understanding the Use of Social Media and Other Information Technologies for Political Activism and Social Movements. *Government Information Quarterly*. 31: 365-378.
- Sfetcu, Nicolae. 2017. *Web 2.0 Social Media Social Networks*. Multimedia Publishing.
- Shabir, Ghulam., Hameed, Y. M. Y., Safdar, Ghulam., and Gilani, S. M. F. S. 2014. The Impact of Social Media on Youth: A Case Study of Bahawalpur City. *Asian Journal of Social Sciences & Humanities* 4: 132-151.
- Shubnikova, E. G., Khuziakhmetov, A. N. and Khanolainen, D. P. 2017. Internet-Addiction of Adolescents: Diagnostic Problems and Pedagogical Prevention in the Educational Environment. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education* 13(8): 5261-5271.
- Thackeray, Rosemary., Neiger, Brad L., Hanson, Carl L., McKenzie, James F. 2008. Enhancing Promotional Strategies Within Social Marketing Programs: Use of Web 2.0 Social Media. *Social Marketing and Health Communication* 9: 338-343.
- Tutgun-Ünal, Aylin., Deniz, Levent. 2020. Social Media Usage Levels and Preferences of Social Media Generations. *International Journal of Society Researches* 15: 1289-1319.
- Uluç, Güliz., and Yarcı, Ayşegül. 2017. Culture of Social Media. *The Journal of Dumlupınar University Social Sciences Institute* 52: 88-102.
- Yusop, Farrah Dina., and Sumari, Melati. 2013. The Use of Social Media Technologies among Malaysian Youth. 13th International Educational Technology Conference. 1204-1209.



Symmetric Supercapacitor Application of Electrochemically Exfoliated Graphene – Chitosan Hydrogel

Omer Sadak^{1*}

^{1*} Ardahan University, Faculty of Engineering, Department of Electric and Electronic Engineering, Ardahan, Turkey, (ORCID: 0000-0001-6717-9672),
omersadak@ardahan.edu.tr

(First received 15 December 2021 and in final form 11 January 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1036869)

ATIF/REFERENCE: Sadak, O. (2022). Symmetric Supercapacitor Application of Electrochemically Exfoliated Graphene – Chitosan Hydrogel. *European Journal of Science and Technology*, (33), 133-137.

Abstract

In this work, electrochemically exfoliated graphene–chitosan hydrogel was prepared by a crosslinking reagent. Then, a symmetrical all-solid state supercapacitor was fabricated using graphene–chitosan hydrogel. Surface morphology of as-fabricated graphene was investigated using SEM and TEM. After constructing the symmetrical all-solid state supercapacitor, the device showed a specific capacitance (C_m) of 153.6 Fg⁻¹ at 1 mA g⁻¹ current density. A great capacitance retention after 1000 consecutive GCD cycles was observed with an over 97% of retention. The supercapacitor can carry a high energy density of 3.47 kWkg⁻¹, as well as a high power density of 102.07 Wkg⁻¹.

Keywords: Graphene, Hydrogel, Supercapacitors.

Elektrokimyasal Olarak Eksfoliye Edilmiş Grafen-Kitosan Hidrojelinin Simetrik Süperkapasitör Uygulaması

Öz

Bu çalışmada, çapraz bağlama reaktifi ile elektrokimyasal olarak pul pul dökülmüş grafen-kitosan hidrojel hazırlandı. Daha sonra, grafen-kitosan hidrojel kullanılarak simetrik bir katı hal süper kapasitör üretildi. Üretilen grafenin yüzey morfolojisi SEM ve TEM kullanılarak araştırıldı. Simetrik tamamen katı hal süper kapasitörünü oluşturduktan sonra cihaz, 1 mA g⁻¹ akım yoğunluğunda spesifik kapasitansı (C_m)153.6 F g⁻¹ olarak hesaplandı. 1000 ardışık döngüden sonra olağanüstü bir kapasitans tutulması, %97'nin üzerinde bir tutma ile gözlemlendi. Süper kapasitör, 3,47 kW kg⁻¹ yüksek enerji yoğunluğunun yanı sıra 102,07 W kg⁻¹ güç yoğunluğu sağlama yeteneğine sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Grafen, Hidrojel, Süperkapasitör.

* Corresponding Author: omersadak@ardahan.edu.tr

1. Introduction

Supercapacitors, typically known as electrochemical capacitors, are energy storage devices with a higher energy density than traditional capacitors and a greater power density than batteries. Electrochemical capacitors have a superior characteristics such as a long life cycle, a quick charging-discharging rate, and a reasonable manufacturing cost (Sadak, Prathap, & Gunasekaran, 2019; W. Wang, Sadak, Guan, & Gunasekaran, 2020). However, supercapacitors require further improvement for their low energy density compared to batteries (Borenstein et al., 2017; Sadak, Sundramoorthy, & Gunasekaran, 2018; Udayan, Sadak, & Gunasekaran, 2020). Therefore, the majority of current research efforts have been focused on building supercapacitors with high power and energy density. Transition metal-oxides, carbon-based materials, and electrically conducting polymers are now the most prevalent electrode materials for supercapacitors, and their performance is totally dependent on their electrode materials (Bose et al., 2012). Due to their simplicity of manufacture, natural abundance, and wide operating temperature range, carbon-based materials are being investigated extensively (El-Gendy, Ghany, El Sherbini, & Allam, 2017). They may exhibit excellent cycling and electrochemical stability and high-power density as supercapacitor electrode materials, but because of limitations in the energy storage mechanism, they often have low capacitance performance (Liling Zhang et al., 2017). On the other hand, transition metal oxides as supercapacitors may display excellent specific capacitance due to faradic reactions during to the charge-discharge process, but lack of natural abundance, low-conductivity, short cycle life, high cost, and toxic nature limit their applications. (He et al., 2017; Sadak, Wang, Guan, Sundramoorthy, & Gunasekaran, 2019). On the other hand, polypyrrole, polyaniline, and poly-3,4-ethylenedioxythiophene are examples of conducting polymers with strong pseudocapacitive properties, but they suffer from low-rate capability (Hu et al., 2016; H. Wang, Lin, & Shen, 2016). Thus, the most accepted approach to overcome these disadvantages of electrode materials is incorporating highly conductive carbon-based materials and intrinsically-conducting polymers or metal-oxides (Wu et al., 2017). On the other hand, polymers with high ionic conductivity have been also tested as a platform for solid-state conductivity and it also acts as polymeric electrolyte (Cao et al., 2021). These new trend leads to forming supercapacitor electrodes with low-temperature tolerance, ultrahigh stretchability, and strong self-healing.

Because of graphene's outstanding features, including as large specific surface area, outstanding electrical and thermal conductivity, lightweight, excellent mechanical characteristics, and chemical stability, graphene and its derivatives for supercapacitor electrode material is being widely investigated. (Khalid et al., 2017; Lai et al., 2011; Xue, Zhong, Cheng, & Wang, 2016). Therefore, many approaches have been established for cost-efficient and facile synthesis of graphene from graphite: mechanical cleavage, thermal decomposition, chemical exfoliation, and electrochemical exfoliation etc. (Bonaccorso et al., 2012; Sadak, 2021; Sadak, Sundramoorthy, & Gunasekaran, 2017). Despite the unique advantages and various preparation methods, due to the strong interactions between $\pi - \pi$ electrons and van der Waals interactions, graphene sheets have the ability to create irreversible agglomerates or even reorganize themselves to make graphite. (Shan et al., 2009). Theoretically,

when the entire surface of single-sheets-graphene is fully accessible to electrolyte ion, it shows excellent specific capacitance of $\sim 21 \text{ uFcm}^{-2}$ ($\sim 550 \text{ Fg}^{-1}$) (Ke & Wang, 2016; Xia, Chen, Li, & Tao, 2009). Still, due to agglomerates and restacking, the anticipated specific capacitance which is highly influenced by the surface area is lower than theoretical value (Ke & Wang, 2016; Li Zhang & Zhao, 2009). To achieve high surface area graphene and preventing agglomerates and restacking for a better electrochemical performance, various techniques have demonstrated including plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD) growth of vertically-oriented graphene sheets (Mao et al., 2013), graphene hydrogels (Xu, Lin, Huang, Liu, et al., 2013), holey graphene framework (Xu et al., 2014), and inkjet printed graphene (Sollami Delekta, Smith, Li, & Östling, 2017). Graphene hydrogels are one of these approaches that has been researched in past few decades (Bashir et al., 2021; Khazaeli, Godbille-Cardona, & Barz, 2020). Interconnected 3D porous frameworks with enormous specific surface areas enables these graphene hydrogels for multidimensional electron transport as well as fast electrolyte ion diffusion (Xu, Lin, Huang, Wang, et al., 2013). They have been employed as binder-free electrode materials in liquid electrolytes and have shown substantially high specific capacitances, excellent rate capability, and outstanding cycling stability (Xu, Sheng, Li, & Shi, 2010). These promising findings highlight the 3D graphene hydrogels' great potential in supercapacitor applications and inspire attempts to improve their specific capacitance without losing rate performance or cycle life.

In this study, a graphene-chitosan hydrogel was used in energy storage application for the first time. First, electrochemically exfoliated graphene-chitosan composite-based hydrogel was synthesized using a crosslinking agent. Then, a symmetrical all-solid state supercapacitor was constructed by sandwiching two fabricated hydrogels to test graphene hydrogels' electrochemical performance. The results revealed that the symmetrical supercapacitor has a maximum operating voltage of 1.6 V without any polarization. It also showed a high specific capacitance of 153.6 Fg^{-1} . The symmetrical supercapacitor also showed 97% cycling stability over 1000 consecutive GCD cycles. Moreover, in this study, a chitosan-based hydrogel was employed as electrolyte and stabilizer material.

2. Material and Method

2.1. Materials

The Graphite electrode was purchased from Graphitstore, Inc. (U.S.A.). PBS, chitosan, and glutaraldehyde was obtained from Fisher (NJ, USA) and were used directly as received. Aqueous solutions were made with deionized (DI) water ($18 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}^{-1}$) in all experiments, unless otherwise noted.

2.2. Synthesis of Electrochemically Exfoliated Graphene

Electrochemically exfoliated graphene was made according to our previously reported approach, with a few changes (W. Wang et al., 2020). Briefly, two graphite electrodes were employed as working and counter electrodes in an electrochemical cell which contains 0.1 M of PBS solution at pH 7. Then, +10 V was applied to the cell for 1 h. After washing with DI water, the solution was further exfoliated with ultrasonication for 1 h which

was then centrifuged for 30 min at 3000 rpm. The supernatant was then collected, and concentration of electrochemically exfoliated graphene was adjusted to 10 mL^{-1} .

2.3. Hydrogel Formation

After preparing 10 mg mL^{-1} of chitosan solution, a solution of graphene: chitosan (1:0.6 ratio) was prepared. After stirring for 1 hour, the mixture was ultrasonicated for 10 minutes at room temperature. For crosslinking graphene and chitosan, glutaraldehyde and the solution were treated with acetic acid. In a rectangular container, the solution was transferred, and it was quickly converted into a hydrogel. Then, hydrogels were kept into 1.0 M of H_2SO_4 solution before assembling a solid-state supercapacitor.

2.4. All-Solid-State Symmetric Supercapacitor Fabrication

First, a filter cut into a rectangular shape and was soaked into 1 M of H_2SO_4 and then the filter paper was used as a separator. Next, the filter paper was sandwiched between two hydrogels and a rectangular shaped aluminum foil was attached to both sides of hydrogels via double-sided carbon tape. To form an integrated all-solid-state symmetric supercapacitor, 0.5 MPa pressure was applied to both sides of electrode for 1 hour.

2.5. Characterization

A field-emission scanning electron microscope (FE-SEM) (Helios FIB/SEM 660) was used to examine the surface morphology of the samples at 5 kV, 0.4 nA and 4 mm working distance. Samples for FE-SEM were freeze-dried before testing. Surface morphology of samples were further analyzed with transmission electron microscope (TEM, Tecnai T-12). For electrochemical measurements, a CH Instruments 660D electrochemical workstation was employed. As an electrolyte, 1.0 M H_2SO_4 was used and electrochemical analysis (cyclic voltammetry (CV) and galvanostatic charge/discharge (GCD)) were done at room temperature.

3. Results and Discussion

3.1. Surface Morphology Analysis

In **Figure 1a**, TEM image showed largely transparent mono/few layers of exfoliated graphene sheets which ranges 1 to 3 layers of graphene sheets, confirming the electrochemically exfoliation of graphite. After the hydrogel formation by mixing electrochemically exfoliated graphene sheets and chitosan in the presence of glutaraldehyde and acetic acid, the hydrogel was placed on a TEM copper grid and dried for testing and **Figure 1b** shows the hydrogel surface morphology.

Then, surface morphology of electrochemically exfoliated graphene sheets and as-synthesized hydrogel were analyzed via SEM. **Figure 1c** and **1d** shows SEM micrographs of electrochemically exfoliated graphene at different magnifications. The wrinkled and curved characteristics of graphene are seen in SEM micrographs. **Figure 1e** and **1f** show different magnifications of the cross-sectional view of the hydrogel. The SEM images showed porous structure of cut surface of the freeze-dried graphene-chitosan hydrogel. Because of its porous structure and lattice, as-fabricated hydrogel may serve as an ideal supercapacitor electrode and may provide quick electron transport, greater stability, and good cycle performance.

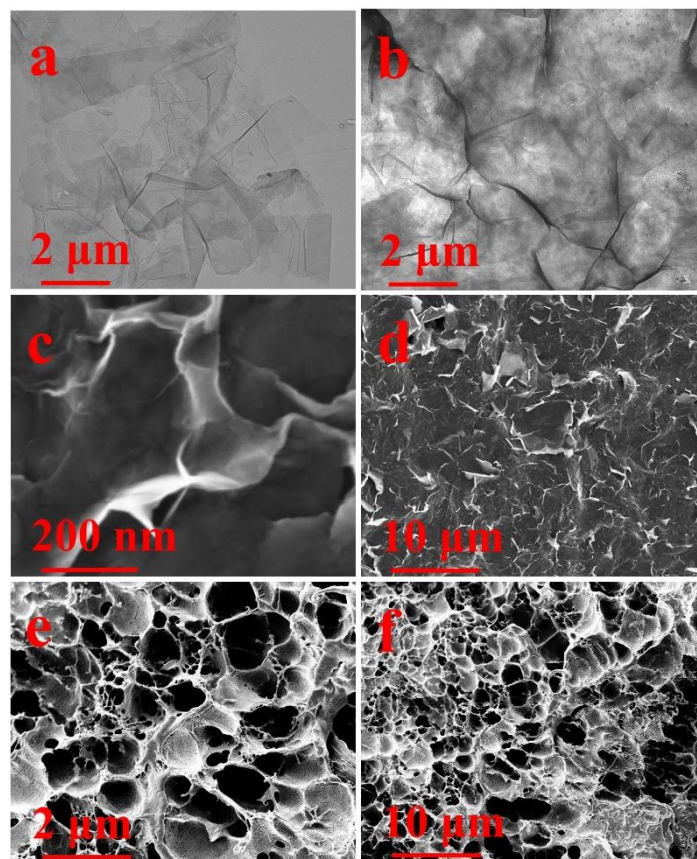


Figure 1. TEM images of (a) electrochemically exfoliated graphene sheets and (b) as-fabricated hydrogel. SEM images of (c), (d) electrochemically exfoliated graphene sheets and (e), (f) as-fabricated hydrogel at different magnification.

3.2. Electrochemical Analysis

To verify the stability and performance of the as-fabricated graphene hydrogel at varied working potentials, CV measurements were done in different potential windows from a fixed lower potential value (0 V) to higher potential values up to 2.4 V at 100 mVs^{-1} , as shown in **Figure 2a**. To achieve higher power density, the larger operating potential window is very desirable in electrochemical energy storage devices (Sadak et al., 2018). The results suggested that the operating potential windows are as large as 1.8 V without detectable oxygen evolution peaks or significant polarization. **Figure 2b** shows the graphene hydrogel's rectangle-like CV curves at different scan rates from 1 to 100 mVs^{-1} which demonstrates excellent rate capability of as-designed all-solid-state symmetric supercapacitor.

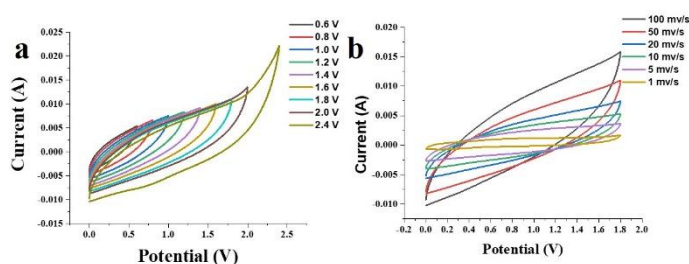


Figure 2. CV curves of the graphene hydrogel (a) at different potential windows and (b) different scan rates in 1 M H_2SO_4

The GCD curves were also done in different potential windows from a fixed lower potential value (0 V) to higher potential values up to 2.4 V at current density of 5 mA^g⁻¹ as shown in **Figure 3a**. The results indicate highly symmetrical GCD curves up to 1.6 V which denotes a high degree of electrochemical reversibility. Under various scan rates (1, 5 10 and 20 mA^g⁻¹), GCD curves of graphene hydrogel was obtained at a potential-windows of 0 - 1.6 V, as illustrated in **Figure 3b**. The GCD analysis results were employed to calculate specific capacitance (C_m , Fg⁻¹) based on the following equation (1):

$$C_m = \frac{I \times \Delta t}{m \times \Delta V} \quad (1)$$

Where I represent the discharge current (A), ΔV represents the discharge voltage range (V), Δt represents the discharge time (s), and m represents the combined mass of two electrodes (g). Under 1 mA^g⁻¹ current density of, the highest C_m calculated was 153.6 Fg⁻¹.

Energy (E, Wh kg⁻¹) and power (P, Wkg⁻¹) densities are critical parameters for the supercapacitor applications. The following equations can be used to calculate E and P:

$$E = \frac{1}{8} C_m \times (\Delta V)^2 \quad (2)$$

$$P = \frac{E}{\Delta t} \quad (3)$$

Where C_m is the specific capacitance, ΔV represents the potential window (V) and Δt represents the discharge time (h). At a power density of 102.07 Wkg⁻¹, the energy density of the graphene hydrogel reaches 49.22 Whkg⁻¹ at 1 mA^g⁻¹, whereas at a power density of 3.47 kWkg⁻¹, it stays at 3.43 Whkg⁻¹ at 20 mA^g⁻¹.

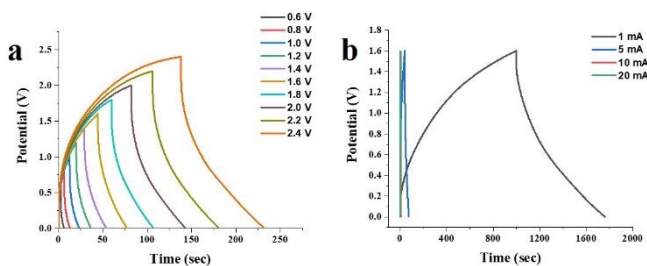


Figure 3. GCD curves of the graphene hydrogel (a) at different potential windows and (b) different current density in 1 M H₂SO₄.

The electrochemical stability of all-solid-state supercapacitor electrode materials is a critical factor. The constructed all-solid-state symmetric supercapacitor's long-term electrochemical stability, as measured by GCD over 1000 cycles at a current density of 5 mA^g⁻¹, was greater than 97%, as illustrated in **Figure 4a**. The GCD curves before and after 1000 GCD cycles are shown in **Figure 4b**.

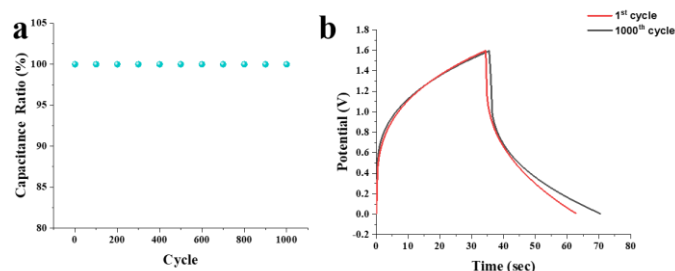


Figure 4. (a) Capacitance retention of the symmetric supercapacitor over 1000 cycles of GCD at current density of 5 mA^g⁻¹ and (b) the corresponding GCD curves.

4. Conclusions and Recommendations

In this work, we have developed a hydrogel made of graphene-chitosan composite which was crosslinked using a crosslinker and used it to construct an all-solid-state symmetric supercapacitor. In the composite, chitosan acts as stabilizer as well as electrolyte. The supercapacitor showed a high C_m value of 153.6 Fg⁻¹ at 1 mA^g⁻¹ current density. Moreover, the all-solid-state symmetric supercapacitor showed an excellent long-term stability which was assessed using GCD curves over 1000 cycles at a current density of 5 mA^g⁻¹. The results suggest that hydrogel-based supercapacitor may have a great potential in energy-storage applications.

5. Acknowledge

The authors have declared no conflicts of interest.

References

- Bashir, S., Hasan, K., Hina, M., Ali Soomro, R., Mujtaba, M. A., Ramesh, S., ... Manikam, R. (2021). Conducting polymer/graphene hydrogel electrodes based aqueous smart Supercapacitors: A review and future prospects. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2021.115626>
- Bonaccorso, F., Lombardo, A., Hasan, T., Sun, Z., Colombo, L., & Ferrari, A. C. (2012). Production and processing of graphene and 2d crystals. *Materials Today*. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(13\)70014-2](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(13)70014-2)
- Borenstein, A., Hanna, O., Attias, R., Luski, S., Brousse, T., & Aurbach, D. (2017). Carbon-based composite materials for supercapacitor electrodes: A review. *Journal of Materials Chemistry A*. Retrieved from <https://doi.org/10.1039/c7ta00863e>
- Bose, S., Kuila, T., Mishra, A. K., Rajasekar, R., Kim, N. H., & Lee, J. H. (2012). Carbon-based nanostructured materials and their composites as supercapacitor electrodes. *Journal of Materials Chemistry*. Retrieved from <https://doi.org/10.1039/c1jm14468e>
- Cao, X., Jiang, C., Sun, N., Tan, D., Li, Q., Bi, S., & Song, J. (2021). Recent progress in multifunctional hydrogel-based supercapacitors. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jsamd.2021.06.002>
- El-Gendy, D. M., Ghany, N. A. A., El Sherbini, E. E. F., & Allam, N. K. (2017). Adenine-functionalized Spongy Graphene for Green and High-Performance Supercapacitors. *Scientific Reports*, 7. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/srep43104>

- He, W., Wang, C., Zhuge, F., Deng, X., Xu, X., & Zhai, T. (2017). Flexible and high energy density asymmetrical supercapacitors based on core/shell conducting polymer nanowires/manganese dioxide nanoflakes. *Nano Energy*, 35, 242–250. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2017.03.045>
- Hu, N., Zhang, L., Yang, C., Zhao, J., Yang, Z., Wei, H., ... Xu, Z. J. (2016). Three-dimensional skeleton networks of graphene wrapped polyaniline nanofibers: An excellent structure for high-performance flexible solid-state supercapacitors. *Scientific Reports*, 6. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/srep19777>
- Ke, Q., & Wang, J. (2016). Graphene-based materials for supercapacitor electrodes – A review. *Journal of Materiomics*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jmat.2016.01.001>
- Khalid, M., Quispe, L. T., Pla Cid, C. C., Mello, A., Tumelero, M. A., & Pasa, A. A. (2017). The synthesis of highly corrugated graphene and its polyaniline composite for supercapacitors. *New Journal of Chemistry*, 41(11), 4629–4636. Retrieved from <https://doi.org/10.1039/c7nj00024c>
- Khzaeli, A., Godbille-Cardona, G., & Barz, D. P. J. (2020). A Novel Flexible Hybrid Battery–Supercapacitor Based on a Self-Assembled Vanadium-Graphene Hydrogel. *Advanced Functional Materials*, 30(21). Retrieved from <https://doi.org/10.1002/adfm.201910738>
- Lai, L., Chen, L., Zhan, D., Sun, L., Liu, J., Lim, S. H., ... Lin, J. (2011). One-step synthesis of NH₂-graphene from in situ graphene-oxide reduction and its improved electrochemical properties. *Carbon*, 49(10), 3250–3257. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2011.03.051>
- Mao, S., Yu, K., Chang, J., Steeber, D. A., Ocola, L. E., & Chen, J. (2013). Direct growth of vertically-oriented graphene for field-effect transistor biosensor. *Scientific Reports*, 3. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/srep01696>
- Sadak, O. (2021). One-pot scalable synthesis of rGO/AuNPs nanocomposite and its application in enzymatic glucose biosensor. *Nanocomposites*, 7(1), 44–52. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/20550324.2021.1917837>
- Sadak, O., Prathap, M. U. A., & Gunasekaran, S. (2019). Facile fabrication of highly ordered polyaniline–exfoliated graphite composite for enhanced charge storage. *Carbon*, 144, 756–763. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2018.12.062>
- Sadak, O., Sundramoorthy, A. K., & Gunasekaran, S. (2017). Highly selective colorimetric and electrochemical sensing of iron (III) using Nile red functionalized graphene film. *Biosensors and Bioelectronics*, 89, 430–436. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.bios.2016.04.073>
- Sadak, O., Sundramoorthy, A. K., & Gunasekaran, S. (2018). Facile and green synthesis of highly conductive graphene paper. *Carbon*, 138, 108–117. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2018.05.076>
- Sadak, O., Wang, W., Guan, J., Sundramoorthy, A. K., & Gunasekaran, S. (2019). MnO₂ Nanoflowers Deposited on Graphene Paper as Electrode Materials for Supercapacitors. *ACS Applied Nano Materials*, 2(12), 4386–4394. Retrieved from <https://doi.org/10.1021/acsanm.9b00797>
- Shan, C., Yang, H., Han, D., Zhang, Q., Ivaska, A., & Niu, L. (2009). Water-soluble graphene covalently functionalized by biocompatible poly-L-lysine. *Langmuir*, 25(20), 12030–12033. Retrieved from <https://doi.org/10.1021/la903265p>
- Sollami Delekta, S., Smith, A. D., Li, J., & Östling, M. (2017). Inkjet printed highly transparent and flexible graphene micro-supercapacitors. *Nanoscale*, 9(21), 6998–7005. Retrieved from <https://doi.org/10.1039/c7nr02204b>
- Udayan, A. P. M., Sadak, O., & Gunasekaran, S. (2020). Metal-Organic Framework/Polyaniline Nanocomposites for Lightweight Energy Storage. *ACS Applied Energy Materials*, 3(12), 12368–12377. Retrieved from <https://doi.org/10.1021/acsaeam.0c02376>
- Wang, H., Lin, J., & Shen, Z. X. (2016). Polyaniline (PANi) based electrode materials for energy storage and conversion. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jsamd.2016.08.001>
- Wang, W., Sadak, O., Guan, J., & Gunasekaran, S. (2020). Facile synthesis of graphene paper/polypyrrole nanocomposite as electrode for flexible solid-state supercapacitor. *Journal of Energy Storage*, 30, 101533. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101533>
- Wu, L., Hao, L., Pang, B., Wang, G., Zhang, Y., & Li, X. (2017). MnO₂ nanoflowers and polyaniline nanoribbons grown on hybrid graphene/Ni 3D scaffolds by in situ electrochemical techniques for high-performance asymmetric supercapacitors. *Journal of Materials Chemistry A*, 5(9), 4629–4637. Retrieved from <https://doi.org/10.1039/c6ta10757e>
- Xia, J., Chen, F., Li, J., & Tao, N. (2009). Measurement of the quantum capacitance of graphene. *Nature Nanotechnology*, 4(8), 505–509. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/nnano.2009.177>
- Xu, Y., Lin, Z., Huang, X., Liu, Y., Huang, Y., & Duan, X. (2013). Flexible solid-state supercapacitors based on three-dimensional graphene hydrogel films. *ACS Nano*, 7(5), 4042–4049. Retrieved from <https://doi.org/10.1021/nn4000836>
- Xu, Y., Lin, Z., Huang, X., Wang, Y., Huang, Y., & Duan, X. (2013). Functionalized graphene hydrogel-based high-performance supercapacitors. *Advanced Materials*, 25(40), 5779–5784. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/adma.201301928>
- Xu, Y., Lin, Z., Zhong, X., Huang, X., Weiss, N. O., Huang, Y., & Duan, X. (2014). Holey graphene frameworks for highly efficient capacitive energy storage. *Nature Communications*, 5. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/ncomms5554>
- Xu, Y., Sheng, K., Li, C., & Shi, G. (2010). Self-assembled graphene hydrogel via a one-step hydrothermal process. *ACS Nano*, 4(7), 4324–4330. Retrieved from <https://doi.org/10.1021/nn101187z>
- Xue, G., Zhong, J., Cheng, Y., & Wang, B. (2016). Facile fabrication of cross-linked carbon nanofiber via directly carbonizing electrospun polyacrylonitrile nanofiber as high performance scaffold for supercapacitors. *Electrochimica Acta*, 215, 29–35. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2016.08.063>
- Zhang, Li, & Zhao, X. S. (2009). Carbon-based materials as supercapacitor electrodes. *Chemical Society Reviews*, 38(9), 2520–2531. Retrieved from <https://doi.org/10.1039/b813846j>
- Zhang, Liling, Huang, D., Hu, N., Yang, C., Li, M., Wei, H., ... Zhang, Y. (2017). Three-dimensional structures of graphene/polyaniline hybrid films constructed by steamed water for high-performance supercapacitors. *Journal of Power Sources*, 342, 1–8. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2016.11.068>



Parasal Aktarım Mekanizması Kanallarından Faiz ve Kredi Kanalının VAR Yöntemiyle İncelenmesi: Türkiye Örneği

Nihat Doğanalp*

* Selçuk Üniversitesi, Beyşehir Ali Akkanat İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Konya, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-4934-179X), ndoganalp@selcuk.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 20 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 25 Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1038909)

ATIF/REFERENCE: Doğanalp, N. (2022). Parasal Aktarım Mekanizması Kanallarından Faiz ve Kredi Kanalının VAR Yöntemiyle İncelenmesi: Türkiye Örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 138-144.

Öz

Politika yapıcılarının para politikasının farklı kanallardan ekonomiye nasıl aktarıldığını anlayarak politika üretmeleri temel makroekonomik dinamikler açısından son derece önemlidir. Türkiye’de özellikle son dönemlerde büyük önem kazanan faiz-kur-enflasyon ilişkisi ve para otoritesinin bu üçlüyü kontrol edebilmek adına izlemiş olduğu politikalar oldukça önem arz eder hale gelmiştir. Para otoritesinin uygulamış olduğu para politikalarının makroekonomik etkilerini ölçmede kullanılan parasal aktarım mekanizması çeşitli kanallar vasıtasıyla ekonomiye yön vermektedir.

Bu çalışmada 2004:Q1-2021:Q3 dönemi üç aylık veriler kullanılarak parasal aktarım mekanizmasının işleyişine ilişkin olarak para arzı, reel GSYH, fiyat düzeyi, yurt içi krediler, döviz kuru ve borç verme faiz oranı gibi değişkenler kullanılarak faiz kanalı ve kredi kanalının işleyişi VAR yöntemi ile analiz edilmiştir. Analizler sonucunda faiz oranı ve kredi kanalının Türkiye ekonomisi açısından son derece önemli olduğunu kanıtlayan ve iktisat kuramıyla da uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Yurtiçi krediler ile (M1 değişkeni hariç) diğer tüm değişkenler arasında çift yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. Diğer taraftan faiz oranı değişkeninin de özellikle fiyat istikrarı, kredi hacmi ve reel GSYH’nin bir Granger nedeni olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Faiz Kanalı, Kredi Kanalı, Parasal Aktarım Mekanizması, VAR

Investigation of Interest and Credit Channels from Monetary Transfer Mechanism Channels by VAR Method: The Case of Turkey

Abstract

It is extremely important for the basic macroeconomic dynamics of the economy that policy makers understand how monetary policy is transferred to the economy through different channels and produce policies. The interest-exchange rate-inflation relationship, which has gained great importance especially in Turkey recently, and the policies followed by the monetary authority in order to control this trio have become very important. The monetary transmission mechanism, which is used to measure the macroeconomic effects of the monetary policies implemented by the monetary authority, directs the economy through various channels.

In this study, using quarterly data for the period 2004:Q1-2021:Q3 and variables such as money supply, real GDP, price level, domestic loans, exchange rate and lending interest rate regarding the functioning of the monetary transmission mechanism, the interest channel and the functioning of the credit channel analyzed by the method. As a result of the analyzes, results were obtained, which prove that the interest rate and credit channel are extremely important for the Turkish economy and are compatible with the economic theory. A bidirectional causality was found between domestic loans and all other variables (except for the M1 variable). On the other hand, it has been determined that the interest rate variable is a Granger cause of price stability, credit volume and real GDP.

Keywords: Interest Channel, Credit Channel, Monetary Transmission Mechanism, VAR

* Sorumlu Yazar: ndoganalp@selcuk.edu.tr

1. Giriş

Parasal aktarım mekanizması genel anlamıyla merkez bankasının uyguladığı para politikalarının makroekonomik değişkenler üzerindeki etkilerini ifade eder. Bu süreçte iş aleminin ve mevcut finansal yapının politika beklentileri büyük önem arz eder. Parasal aktarım süreci finansal sisteme beş farklı kanaldan aktarım gerçekleştirir. Bunlar faiz oranı kanalı, kredi kanalı, varlık fiyatları kanalı, döviz kuru kanalı ve beklenti kanalıdır. Para otoritesi olarak merkez bankasının ekonomik istikrarı sağlayabilmek adına izlediği para politikasının parasal aktarım mekanizması ekseninde ekonomiye nasıl ve ne kadar sürede etkide bulunduğunu doğru bir şekilde analiz etmesi gerekmektedir. Bu çerçevede merkez bankası parasal tabanı ve döviz rezervlerini etkin bir şekilde yönetmeye yönelik para politikası araçlarına başvurmalıdır.

Para politikasının reel makroekonomik değişkenler üzerindeki etkisini faiz oranı üzerinden kuran ve temelini Keynesyen yaklaşımdan alan aktarım kanalı faiz kanalı olarak adlandırılmaktadır. Merkez bankasının kısa vadeli faiz oranlarını arttırmasıyla birlikte fiyatların da yapışkan olmasından hareketle kısa vadeli nominal faiz oranları ve reel faiz oranları yükselmekte ve bu durum uzun vadeli faiz oranlarının da artmasına neden olmaktadır. Bundan dolayı ekonomide tüketim harcamaları azalırken tasarruflar artış göstermekte, üreticilerin borçlanma maliyetleri artarken yatırım düzeyi düşmektedir. Kredi hacminin daralması anlamına gelen bu süreç sonuça itibarıyla toplam talep düzeyinin azaldığı, ekonomik aktivitelerin yavaşladığı ve enflasyonist baskıların azaldığı bir sürece neden olmaktadır. Fiyatların yapışkanlığı faiz kanalının etkinliği üzerinde bir etkide bulunmazken faiz oranlarını düşürmeye yönelik politikalar ekonomide genişletici etkiler doğurmaktadır (Cambazoğlu ve Karaalp, 2012: 55).

Para politikası ile reel sektör etkileşiminin banka kredileri kanalı ile ortaya konmaya çalışıldığı kanal kredi kanalı olarak adlandırılmaktadır. Asimetrik bilgi probleminin bir sonucu olarak piyasada işlerliğin bozulması kısa veya uzun vadeli finansman araçlarıyla kaynak sağlamaya çalışan özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeleri banka kredilerine bağımlı hale getirmekte ve bu durum bankaların ters seçim problemiyle karşılaşmama adına firmaların kredi tayınlamasına maruz kaldıkları bir süreci beraberinde getirmektedir (Cengiz, 2009).

Mishkin (1995) banka kredi kanalını bankaların finansal sistemde özel bir rol oynadığı görüşüne dayandırmakta ve özellikle asimetrik bilgi sorunlarının belirgin olduğu küçük firmalar olmak üzere belirli borçlu türleri ile başa çıkmak için çok uygun bir yöntem olduğuna dikkat çekmektedir. Büyük firmaların her halükarda bankalara ihtiyaç duymadan hisse senedi ve tahvil piyasaları aracılığıyla kredi piyasalarına doğrudan erişebilmektedir. Bundan dolayı banka rezervlerini ve banka mevduatlarını azaltan daraltıcı para politikasının, küçük ölçekli borçlular açısından etkisinin irdelenmesini son derece önemli bulmaktadır.

Faiz oranı kanalı öncelikle sermayenin maliyetini ve dolayısıyla yatırım harcamalarını etkiler. Bunu takiben faiz oranlarındaki değişiklikler bireyleri bugün ile gelecekteki tüketim arasında bir tercihte bulunmaya yönlendirir. Diğer taraftan faiz oranlarındaki değişimler tüketicilerin gelirlerinde değişiklikler yaratarak özellikle borçlu durumda olan kişi ve

firmaların harcama düzeylerinin azalmasına neden olur (Bean vd., 2002: 12-13).

Bu çalışmada genel olarak parasal aktarım kanallarından faiz oranı ve kredi kanalı üzerinde durulmuştur.

2. Literatür İncelemesi

Parasal aktarım mekanizmasının ekonomik değişkenler üzerindeki etkilerine ilişkin çok sayıda çalışma yer almaktadır. Bu çalışmaların büyük çoğunluğu aktarım kanallarına ilişkin seçilmiş değişkenlerin makro ekonomik göstergeler ve genel olarak ekonomik performans üzerindeki etkilerine yoğunlaşmaktadır.

Dale ve Haldane (1995) Birleşik Krallık ekonomisi için sektörel VAR modelini kullanarak kişisel ve kurumsal sektörler için dışsal bir para politikası şokunun varlık fiyatları, banka bilanço değişkenleri ve nihai hedef değişkenler (faaliyet ve fiyatlar) üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada her bir parasal aktarım kanalının makroekonomik değişkenler üzerinde farklı şekilde yansımalarının olduğu yönünde bulgular elde edilmiştir.

Edelberg ve Marshall (1996), para politikası ve faiz ilişkisini inceledikleri çalışmada politika faizindeki değişmelerin kısa vadeli piyasa faizlerini etkilediği, orta vadeli kabul edilebilecek 3 yıldan daha fazla vadeli faizleri daha az etkilediği ve 15 yıldan uzun vadeli faizleri ise hiç etkilemediği yönünde bulgular elde etmişlerdir.

Morsink ve Bayoumi (2001) Japonya ekonomisi için 1980-1998 dönemi üçer aylık veriler kullanarak ekonomik aktivite, fiyat düzeyi, faiz oranı ve geniş para arzını kullanarak bir VAR modeli ile analiz etmişlerdir. Elde edilen bulgular, faiz oranı ve para arzı değişkenlerinin ekonomik aktivite üzerinde önemli ölçüde etkide bulunduğunu göstermiştir.

Cengiz ve Duman (2008) 1990:1-2006:9 dönemi aylık verilerini kullanarak sanayi üretim endeksi, toptan eşya fiyat endeksi, bankaların toplam menkul kıymet stoku, bankaların toplam mevduatları, bankaların toplam kredileri, gecelik faiz oranı ve reel efektif döviz kuru arasındaki ilişkileri VAR modeliyle analiz ettikleri çalışmada faiz oranlarının kredi arzını negatif yönde etkilediğine dair bulgular elde etmişlerdir.

Razmi vd. (2015) Tayland ekonomisi için parasal aktarım mekanizması kanallarını inceledikleri çalışmada aktarım kanallarının tüketici fiyat endeksi ve sanayi üretimi üzerinde neredeyse hiçbir etkisinin bulunmadığını, petrol fiyatlarının ise varlık fiyatı kanalı çerçevesinde TÜFE ve sanayi üretimini önemli ölçüde etkilediği sonucuna ulaşmışlardır.

Veri kısıtı nedeniyle özellikle borçlanma matjrlarını analiz eden çalışmalarda, kredi kanallarını ölçmede genellikle ikame değişkenler veya banka kredi verilerini kullanılmaktadır. Bunlardan biri olan Park ve Lee (2017) çalışmasında para politikasının Kore firmalarının dış finansman primleri üzerindeki etkilerini kanıtlamak için firma düzeyindeki verileri kullanılmış ve firmaların finansman primlerini dolaylı değişkenler kullanmak yerine doğrudan ölçülmesi amaçlanmıştır.

Belke ve Kaya (2017) Türkiye ekonomisi için banka kredi kanallının etkinliğini test ettikleri çalışmada 2003-2006 dönemi için banka kredi kanalının yeterli düzeyde olmasa da etkin bir yapıya sahip olduğu yönünde bulgulara ulaşmışlardır.

Bulir ve Vlcek (2020) gelişmiş, gelişmekte olan piyasalar ve düşük gelirli ülkelerde hükümet kağıtlarına dayalı getiri eğrisi boyunca faiz oranı aktarım mekanizmasının işleyişini analiz ettikleri çalışmada tüm ülkeler için politika ve kısa vadeli bankalararası faiz oranlarından uzun vadeli tahvil getirilerine doğru bir ilişki tespit edilmiştir. Çalışmada temel olarak iyi gelişmiş ikincil piyasaların varlığının getiri eğrisi boyunca kısa vadeli oranları neredeyse etkilemediği ancak aktarım mekanizmasının gücü, para rejiminin seçiminden ve gelişmişlik seviyesinden etkilendiği yönünde bulgular elde edilmiştir.

Kim (2021) para politikası araçlarının parasal aktarım sürecini etkileyip etkilemediğini incelediği çalışmada çıktı artışı ve enflasyonun parasal şoklara anlık tepkisinin önemli ölçüde artış gösterdiğini ve sonuç olarak gelişmekte olan ülke ekonomilerinde agresif para politikalarını ekonomik büyümeyi kolaylaştırabilmek adına ciddi bir enflasyona neden olmadıkça meşrulaştırılabileceğini ifade etmektedir.

3. Veri Seti ve Yöntem

Vektör otoregresyon (VAR) modeli, birbiriyle ilişkili zaman serilerinin tahmin etmede ve değişkenler sistemi üzerindeki rastgele bozulmaların dinamik etkisini analiz etmede yaygın

olarak kullanılan bir yöntemdir. VAR yaklaşımında sistemde yer alan her içsel değişken sistemdeki tüm içsel değişkenlerin gecikmeli değerlerinin bir fonksiyonu olarak ele alındığı için VAR yönteminde yapısal modelleme ihtiyacı duyulmaz. Tipik bir VAR modeli aşağıdaki şekilde formüle edilir:

$$y_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + Bx_t + \varepsilon_t$$

Burada y_t , içsel değişkenlerin bir k vektörü, x_t , dışsal değişkenlerin bir d vektörüdür. A_1, \dots, A_p ve B tahmin edilecek katsayı matrislerini ve ε_t bir yenilik vektörünü sembolize etmektedir. ε_t eşzamanlı olarak ilişkili olabilir ancak kendi gecikmeli değerleriyle ve denklemin sağ tarafındaki değişkenlerin tümü ile ilişkisizdir. Ayrıca modelin içsel değişkenlerinin gecikmeli değerlerinin denklemin sağ tarafında yer alıyor olması OLS tahmincisinin tutarlı sonuçlar vermesi için bir engel teşkil etmemektedir.

Analizlerde kullanılan değişkenlere ilişkin sembol ve tanımlar Tablo-1'de sunulmuştur.

Çalışmada 2004:Q1-2021:Q3 dönemi üç aylık verileri kullanılmış olup analizler Eviews 9 paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Kullanılan veriler TCMB Elektronik Veri Dağıtım Sistemi (EVDS) veri tabanından derlenmiştir.

Tablo 1. Analizlerde Kullanılan Değişkenler (Table 1. Variables Used in the Analysis)

Değişkenin Sembolü	Açıklama
TUFE	Tüketici Fiyat Endeksi (2003=100)
RGSYH	Reel Gayrisafi Yurtiçi Hasıla
M1	M1 Para Arzı
LINT	Borç Verme Faiz Oranı
YK	Yurtiçi Krediler
REXCH	Reel Döviz Kuru

4. Analiz Sonuçları

VAR modeliyle analize tabi tutulacak değişkenlere ait verilerin birim kök içermemesi diğer bir ifadeyle durağan olması gerekmektedir. Bu çerçevede ilk olarak serilere ait

durağanlıkların sağlanıp sağlanmadığına ilişkin olarak Augmented Dickey-Fuller ve Phillips-Perron testleri uygulanmış ve sonuçlar Tablo-2'de sunulmuştur.

Tablo 2. ADF ve Phillips-Perron Durağanlık Testleri (Table 2. ADF and Phillips Perron Stationary Tests)

Değişken	Augmented Dickey-Fuller Testi		Phillips-Perron Testi	
	Sabitli		Sabitli	
TUFE	-7.077332*		-7.077332*	
RGSYH	-15.93951*		-13.72473*	
M1	-9.382453*		-9.382453*	
LINT	-5.451957*		-5.485132*	
YK	-6.688296*		-6.685455*	
REXCH	-9.529745*		-9.529745*	

*Tüm değişkenlere ait seriler birinci dereceden farkları alındığında % 1 anlam düzeyinde durağan hale gelmişlerdir

VAR modelinde içsel değişkenler sistemdeki tüm içsel değişkenlerin gecikmeli değerlerinin bir fonksiyonu olarak ele alındığı için bir diğer önemli husus optimum gecikme

uzunluğunun belirlenmesidir. Gecikme uzunluğuna ilişkin sonuçlar Tablo-3'te sunulmuştur.

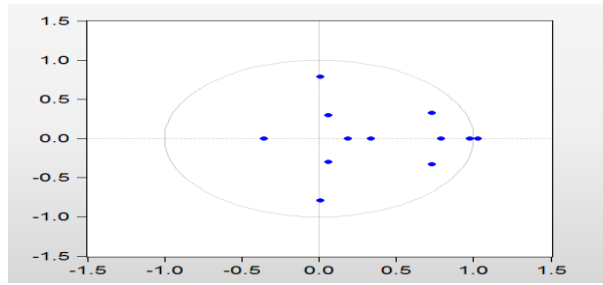
Tablo 3. Optimum Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi (Table 3. Determination of Optimum Lag Length)

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	199.1216	NA	8.76e-11	-6.130845	-5.926737	-6.050568
1	679.3560	853.7501	6.61e-17	-20.23352	-18.80477*	-19.67159
2	736.8009	91.18233	3.45e-17	-20.91431	-18.26091	-19.87072
3	760.2959	32.81836	5.56e-17	-20.51733	-16.63928	-18.99207
4	842.7510	99.46971	1.49e-17	-21.99210	-16.88939	-19.98518
5	886.6678	44.61386	1.54e-17	-22.24342	-15.91607	-19.75484
6	928.9436	34.89434	2.03e-17	-22.44265	-14.89066	-19.47242
7	1018.325	56.74983*	8.15e-18	-24.13729	-15.36064	-20.68539
8	1113.365	42.24018	4.72e-18*	-26.01159*	-16.01029	-22.07803*

*İlgili bilgi kriterine göre optimum gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Analizlere ilişkin kurulan modelin bütün olarak anlamlı olması da son derece önemlidir. Bu çerçevede ters polinom köklerinin çember içindeki konumuna bakılarak modelin bir

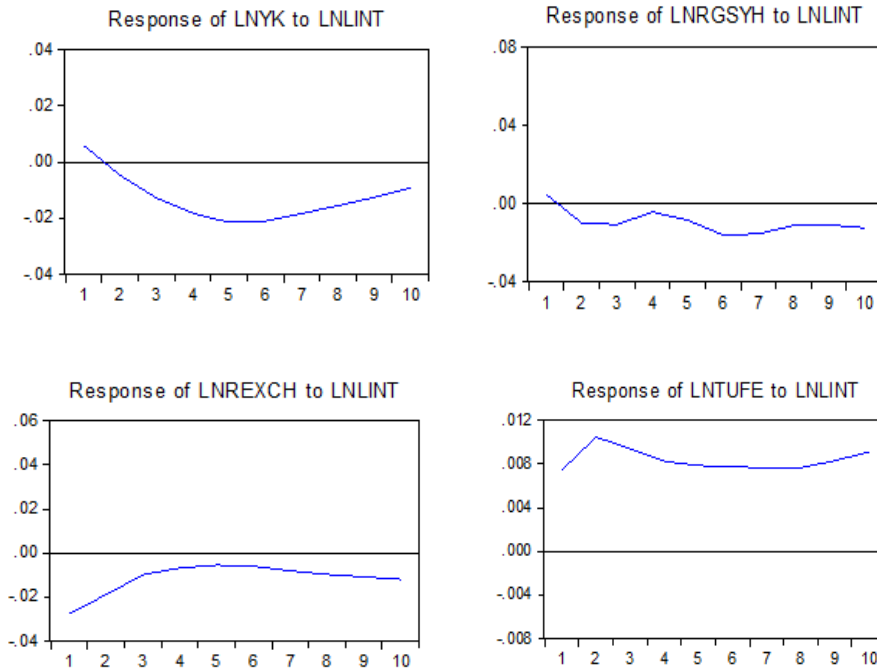
bütün olarak anlamlılığının değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir. Buna ilişkin figür aşağıda sunulmuştur.



Figür 1: Ters Polinom Köklerinin Konumu (Figure 1. Location of Inverse Polynomial Roots)

VAR modeli ile elde edilen parametrelerin diğer ekonometrik yöntemlerde olduğu gibi yorumlanması modelin karmaşık yapısı nedeniyle çok anlamlı olmamaktadır. Genellikle VAR yönteminde değişkenlere yönelik etki-tepki analizi varyans ayrıştırması ve nedensellik sonuçlarına yer verilmektedir.

Modele dahil edilen reel değişkenlerin faiz oranlarına verdikleri etki-tepki analizine ilişkin sonuçlar Tablo-4'te sunulmuştur.



Figür 2: Etki-Tepki Analizi Sonuçları (Figure 2. Impulse-Response Analysis Results)

Etki-tepki analizleri aracılığıyla parasal aktarım kanallarını temsilen faiz oranına verilen bir birim şok karşısında yurtiçi krediler, reel GSYH, tüketici fiyat endeksi ve reel döviz kurunun verdiği tepkiler incelenmiştir. Faiz oranındaki bir birimlik şoka karşı ki dönemsel olarak baktığımızda serinin daha çok daraltıcı para politikasına yönelik faiz oranları içeriyor olması faizlerdeki artışla birlikte kredilerin azaldığını göstermektedir. Ancak 6. Gecikme döneminden itibaren bu tepki pozitif yönde bir eğime dönüşmektedir.

Reel GSYH'de benzer şekilde faizlerdeki bir birimlik şoka negative yönde tepki vermiştir. Reel GSYH değişkeninin de kredilere benzer şekilde tepki vermesi üremim düzeyinin artmasının ve büyümenin kredi kanlının etkinliğine bağlı olduğu teziyle örtüşmektedir. Reel kur ve enflasyon değişkenlerinin faiz oranlarındaki bir birimlik şoka verdikleri zıt yönlü tepkilere bakıldığında da kuramsal olarak faiz-enflasyon-kur üçgenindeki ilişkilerin doğrulandığını söylemek mümkündür.

Tablo 4. Varyans Ayrıştırma Sonuçları (Table 4. Variance Decomposition Results)

LNREXCH Varyans Ayrıştırma							
Dönem	Std. Hata	LNLINT	LNLM1	LNREXCH	LNRGSYH	LNTUFE	LNKY
1	0.060171	20.86833	1.493344	77.63832	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.072343	21.20934	3.000695	73.63010	0.005121	1.477915	0.676826
3	0.075873	20.96973	4.040605	72.29382	0.355402	1.344436	0.996008
4	0.078333	20.41987	4.741961	71.15906	1.299008	1.437176	0.942925
5	0.079998	20.04190	5.078383	70.83330	1.555153	1.581772	0.909495
6	0.081238	19.98563	5.102127	70.57164	1.508127	1.851593	0.980885
7	0.082629	20.25236	5.030134	69.58430	1.457960	2.318119	1.357130
8	0.084209	20.82570	4.957518	68.14888	1.443778	2.788459	1.835661
9	0.085796	21.65827	4.892081	66.74357	1.410645	3.148372	2.147058
10	0.087463	22.71192*	4.827296	65.28303	1.357766	3.451749	2.368235

LNRGSYH Varyans Ayrıştırma							
Dönem	Std. Hata	LNLINT	LNLM1	LNREXCH	LNRGSYH	LNTUFE	LNKY
1	0.065176	0.528545	10.31315	0.613053	88.54525	0.000000	0.000000
2	0.077666	2.040462	7.987406	0.578518	65.55039	6.460680	17.38254
3	0.088388	3.042580	6.944466	0.447053	61.29165	6.838190	21.43606
4	0.088733	3.253935	6.943860	0.734944	60.98545	6.790290	21.29152
5	0.092031	3.870346	6.914061	0.981862	61.94596	6.482000	19.80577
6	0.094815	6.503327	6.516610	1.103396	58.52855	7.174756	20.17336
7	0.098027	8.574365	6.642806	1.389707	56.58867	7.138662	19.66579
8	0.099298	9.618375	6.880888	2.015344	55.32016	6.979750	19.18548
9	0.100487	10.55521	6.848479	2.612900	54.34594	6.892618	18.74486
10	0.101942	11.74610	6.958605	3.066119	52.80694	6.995636	18.42660*

LNTUFE Varyans Ayrıştırma							
Dönem	Std. Hata	LNLINT	LNLM1	LNREXCH	LNRGSYH	LNTUFE	LNKY
1	0.013552	30.06426	2.023030	8.885193	0.134824	58.89270	0.000000
2	0.019841	41.89966	2.450626	10.73451	2.401447	41.59484	0.918914
3	0.024783	41.20582	5.389853	10.64973	6.377525	35.78757	0.589498
4	0.028231	40.30213	7.085636	12.06066	6.539278	33.37582	0.636471
5	0.031294	39.09565	8.343915	13.19993	6.034573	32.79540	0.530544
6	0.034400	37.47516	9.489250	13.84683	6.157213	32.50884	0.522714
7	0.037368	35.88815	10.41592	14.39735	6.432080	32.28829	0.578206
8	0.040087	34.85517	10.87501	15.00204	6.216007	32.39530	0.656471
9	0.042843	34.26476	10.96179	15.43645	5.823700	32.64887	0.864423
10	0.045787	33.96587*	10.90433	15.68865	5.534220	32.71475	1.192187

LNKY Varyans Ayrıştırma							
Dönem	Std. Hata	LNLINT	LNLM1	LNREXCH	LNRGSYH	LNTUFE	LNKY
1	0.025413	5.421271	27.67638	2.256785	3.915014	0.566059	60.16449
2	0.038384	3.836543	18.18296	5.617885	4.322552	0.399506	67.64056
3	0.051311	8.338520	14.51124	8.695091	10.27517	4.089348	54.09063
4	0.062171	14.22261	12.19264	8.808228	14.00564	6.090939	44.67995
5	0.070461	20.36289	10.09504	8.927997	13.08525	7.950275	39.57854
6	0.076863	24.54751	8.502114	9.402377	11.62696	10.76477	35.15627
7	0.082325	26.35131	7.434783	9.908913	10.91113	14.23717	31.15669
8	0.086995	26.78328	6.762742	10.21470	10.62053	17.45586	28.16289
9	0.090803	26.50314	6.445435	10.35127	10.20677	20.38835	26.10505
10	0.093991	25.69910*	6.315056	10.35508	9.825472	23.25051	24.55478

Varyans ayrıştırma analizine ilişkin sonuçlar Tablo-5'te sunulmuştur. Bu sonuçlara göre faiz oranlarının ilgili gecikme uzunluğu dönemi de dikkate alındığında en büyük etkisinin TÜFE değişkeni üzerinde olduğu görülmektedir. 10 dönemin sonunda TÜFE'deki değişmelerin yaklaşık %34'ünün kaynağı faiz oranlarıdır. Bunu yine faiz oranlarının önemli bir belirleyici rol üstlendiği yurtiçi krediler takip etmektedir. Öyle ki 10 dönemin sonunda yurtiçi kredilerde yaşanan değişmelerin

yaklaşık %25,7'inin kaynağı faiz oranlarıdır. Bununla paralel şekilde reel GSYH değişkeninin de en temel belirleyicisi yurtiçi kredilerdir. Bu da yine daha önce de vurgulanan kredilere dayalı bir büyüme sürecinin Türkiye açısından önemini bir kez daha ortaya çıkarmaktadır. Diğer taraftan reel kurun temel kaynağının da (yaklaşık %23) faiz oranları olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5. Granger Nedensellik Analizi Sonuçları (Table 5. Granger Causality Analysis Results)

Bağımlı Değişken: LNLINT			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LNM1	5.013899	2	0.0815
LNREXCH	5.661345	2	0.0590
LNKY	4.681498	2	0.0963
Bağımlı Değişken: LNM1			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LNTUFE	12.77883	2	0.0017
LNKY	5.865875	2	0.0532
Bağımlı Değişken: LNREXCH			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LNKY	5.047128	2	0.0802
Bağımlı Değişken: LNRGSYH			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LNLINT	9.084606	2	0.0106
LNREXCH	8.430647	2	0.0148
LNTUFE	42.74055	2	0.0000
LNKY	41.05167	2	0.0000
Bağımlı Değişken: LNTUFE			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LNLINT	6.120673	2	0.0469
LNRGSYH	13.93687	2	0.0009
LNKY	9.886023	2	0.0071
Bağımlı Değişken: LNKY			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LNLINT	17.19412	2	0.0002
LNREXCH	13.28881	2	0.0013
LNRGSYH	11.03331	2	0.0040
LNTUFE	11.85178	2	0.0027

VAR modeli Granger nedensellik analizi sonuçlarında Tablo 5'te yer verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre (%1, %5 ve %10 anlam düzeylerinde) yurtiçi krediler ile diğer değişkenler arasında (M1 değişkeni hariç) çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bu da kredi kanalının Türkiye ekonomisi

açısından oldukça önemli bir parasal aktarım kanalı olduğunu doğrular niteliktedir. Diğer taraftan M1, reel kur ile faiz oranı arasında tekyönlü; TÜFE ile M1 arasında tek yönlü; reel GSYH ile faiz oranı ve reel kur arasında tek yönlü TÜFE-Reel GSYH

arasında ise çift yönlü, son olarak faiz oranı ve TÜFE arasında

4. Sonuç

Bir ekonomide izlenen para politikalarının makro ekonomik değişkenler üzerindeki etkilerini gözlemleyebilmek gerek yurtiçi gerekse global ekonomik dinamiklerinde etkisiyle belirli gecikmelerle mümkün olabilmektedir. Bu çerçevede izlenen politikaların parasal aktarım sürecinin ekonomiye hangi kanallar aracılığıyla yansıdığını görmek ekonomik performans açısından da son derece önem kazanmaktadır. Türkiye ekonomisi açısından özellikle son 20 yılda yaşanan gelişmeler gerek faiz oranı gerekse kredi kanalının ne derece önemli olduğunun anlaşılmasına ışık tutacak niteliktedir.

Bu çalışmada VAR yöntemi ile yapılan analizlerden elde edilen bulgular Türkiye’de para otoritesi tarafından izlenen politikalara -reel kesimin verdiği tepkilerden de anlaşılacağı üzere son derece duyarlı olduğu yönündedir. Bu çerçevede faiz oranlarının özellikle reel kur ve enflasyon değişkenlerini etkilemede ana karakter olduğunu, yurtiçi kredi hacmini ve dolayısıyla büyüme performansını belirleyen önemli bir güç olduğunu vurgulamakta yarar vardır.

Türkiye ekonomisinin faiz-kur-enflasyon üçgeninde dengeyi sağlayabilmek adına yeni bir ekonomik arayış içerisinde olduğu günümüzde özellikle kapsayıcı ve sürdürülebilir büyümenin dinamiklerini sekteye uğratmayacak politikaları önceliklendirmesi gerekmektedir. Kapsayıcı ve nitelikli bir büyüme ve genel anlamda optimum düzeyde bir makroekonomik performans için para otoritesinden beklenen uyumlu politikaların izlenmesi, parasal aktarım kanallarının etkin bir şekilde işlerlik kazanması ekonomik istikrar açısından ön plana çıkan gereksinimlerdir.

Kaynakça

Bean, C., Larsen, J. ve Nikolov, K. (2002). Financial Frictions and the Monetary Transmission Mechanism: Theory, Evidence and Policy Implications. European Central Bank (ECB) Working Paper, 113, 1-59.

- da tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.
- Belke, M. Ve Kaya, H. (2017). Türkiye’de Para Politikalarının Kredi Kanalı Aktarımı: VAR Yaklaşımı, Finans, Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 2(3), 185-208.
- Bulir, A. ve Vlcek, J. (2021). Money Transmission: Are Emerging Market and Low-income Countries Different? Journal of Policy Modelling, 43, 95-108.
- Cambazoğlu, B. ve Karaalp, H. S. (2012). Parasal Aktarım Mekanizması Döviz Kuru Kanalı: Türkiye Örneği. Yönetim ve Ekonomi, 19(2), 53-66.
- Cengiz, V. (2009), Parasal Aktarım Mekanizması İşleyişi ve Ampirik Bulgular, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33, 225-247.
- Cengiz, V. ve Duman, M. (2008). Türkiye’de Banka Kredi Kanalının Önemi Üzerine Etki Tepki Fonksiyonlarına Dayalı Bir Değerlendirme (1990-2006). Hacettepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 26(2), 81-104.
- Dale, S. ve Haldane, A. G. (1995). Interest Rates and the Channels of Monetary Transmission: Some Sectoral Estimates, *European Economic Review*, 39(9), 1611-1626.
- Edelberg, W. ve Marshall, D. (1996). Monetary policy shocks and long-term interest rates. Federal Reserve Bank of Chicago Economic Perspectives, 20, 2-17.
- Kim, S. (2021). Evolution of China’s Economy and Monetary Policy: An Empirical Evaluation Using a TVP-VAR Model. *East Asian Economic Review*, 25(1), 73-97, <https://dx.doi.org/10.11644/KIEP.EAER.2021.25.1.391>,
- Mishkin, F. S. (1995). Symposium on the Monetary Transmission Mechanism. *The Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 3-10.
- Morsink, J. ve Bayoumi, T. (2001). A Peek Inside the Black Box: The Monetary Transmission Mechanism in Japan. *IMF Staff Papers*, 48(1), 22-57.
- Park, H. ve Lee, J. (2017). Effects of Monetary Policy on Credit Distribution and Corporate Liability Structure in Korea. *Korea Institute of Finance*.
- Razmi, F., Mohamed, A., Chin, L. ve Habibullah, M. S. (2015). The Effects of Oil Price and US Economy on Thailand’s Macroeconomy: The Role of Monetary Transmission Mechanism, *International Journal of Economics and Management*, 9, 121-141.



The Effect of Different Sowing Densities on Yield and Yield Components of Durum Wheat (*Triticum Durum* L.)

Arzu Mutlu*

Akçakale Vocational High School, Faculty of Agriculture, Harran University, 63510 Şanlıurfa, Turkey, Orcid.org/0000-0001-8992-8371, amutlu@harran.edu.tr

(First received 23 December 2021 and in final form 18 January 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1040275)

ATIF/REFERENCE: Mutlu, A. (2022). The Effect of Different Sowing Densities on Yield and Yield Components of Durum Wheat (*Triticum durum* L.), *European Journal of Science and Technology*, (33), 145-153.

Abstract

This research was carried out to determine the effect of seed sown per m² on grain yield and some yield components (number of spikes per m², plant height, spike length, number of grains per spike, grain weight per spike) to combat the drought experienced in Turkey and many parts of the world due to global warming. The experiment was conducted in a randomized block design with 3 replications using durum wheat (Burgos) as plant material under farmer conditions in Bozova district of Şanlıurfa province in the 2018-2019 growing season. The results showed that grain yield was between 634.17 kg da⁻¹ (650 seeds/m²) and 591.5 kg da⁻¹ (850 seeds/m²), number of spikes per m² 436.67 pieces/spike (650- 750 seeds/m²) and 436.0 pieces/spike (850 seed/m²), plant height between 88.77 cm (750 seed/m²) and 83.23 cm (450 seed/m²), spike length was between 8.0 cm (450 seed/m²) and 6.7 cm (850 seed/m²), number of grain per spike was between 44.36 seed/spike (450 seeds/m²) and 37.21 seed/spike (850 seeds/m²), and grain weight per spike was between 1.84 gr (450 seeds/m²) and 1.665 gr (850 seed/m²). The grain yield and yield components in both years increased until the optimum sowing density and then decreased.

Keywords: Sowing, Density, Wheat grain yield, Spike

Makarnalık Buğdayda (*Triticum Durum* L.) Farklı Ekim Sıklığı Uygulamalarının Verim ve Verim Komponentleri Üzerine Etkisi

Öz

Bu araştırma, 2018-2019 yetiştirme sezonunda Şanlıurfa ilinin Bozova ilçesi çiftçi koşullarında makarnalık buğday çeşidi (Burgos) ile tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Dünyada ve ülkemizde oluşan küresel ısınmadan dolayı yaşanan kuraklıkla mücadele etmek amacıyla m² ye atılacak tohum miktarının tane verimi ve bazı verim unsurlarına (m² de başak sayısı, bitki boyu, başak uzunluğu, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı) etkisini tespit etmek amacıyla yürütülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre; tane verimi değerinin; 634.17 kg da⁻¹ (650 tohum/m²) ile 591.5 kg da⁻¹ (850 tohum/m²), m² de başak sayısı değerinin 436.67 adet/başak (650- 750 tohum/m²) ile 436.0 adet/ başak (850 tohum/m²), bitki boyu değerinin, 88.77 cm (750 tohum/m²) ile 83.23 cm (450 tohum/m²), başak uzunluğu değerinin 8.0 cm (450 tohum/m²) ile 6.7 cm (850 tohum/ m²), başakta tane sayısı değerinin 44.36 adet/başak (450 tohum/m²) ile 37.21 adet/başak (850 tohum/m²), başakta tane ağırlığı değerinin 1.84 gr (450 tohum/m²) ile 1.665 gr (850 tohum/ m²) arasında değiştiği belirlenmiştir. Her iki yılda da optimum ekim sıklığına kadar tane verimi ve verim unsurları artmış daha sora azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ekim derinliği, Buğday tane verimi, Başak.

* Corresponding Author: amutlu@harran.edu.tr

1. Introduction

Wheat cultivation area of Turkey in the 2020/21 production season was 3.2% of the world wheat cultivation area, and this area constituted 44% of the total sereal planted land in Turkey. The wheat cultivation area of Turkey in 2020/21 production season was 69.2 million da, yield was 287 kg da⁻¹, and the production was 20.5 million tons (Anonymous 2021). Wheat is the main source of calories in many countries today, as it was in the past, due to having sufficient nutritional value for human food and animal feed, containing balanced amino acids for human nutrition, ease of transportation, storage and processing, and wide adaptation limits (Shewry, 2009). The wheat production areas in our country and the world have reached the natural limits, and the grain yield has decreased due to severe drought seasons. Therefore, the amount of production per unit area should be increased to adequately feed the increasing population. Increasing the yield obtained from per unit area can only be achieved by the use of varieties with high yielding, quality, resistant to biotic and abiotic stresses, and suitable cultivation methods.

Development of superior genotypes as well as implementing optimum breeding techniques are needed to feed our growing population, which is expected to reach 100 million in the near future (Olgun et al. 2016). High yield is closely related to many factors related to crop yield. In addition, changes in agronomic practices lead to significant changes on yield and yield components. Implementation of optimum agronomic measures is important to increase yield obtained per unit area. Sowing the seeds at appropriate density is vital for high yield. Geleta et al. (2002) and Wajid (2004) reported that sowing density is an important agronomic factor, and especially under irrigated and arid conditions has a significant effect on yield and yield components. The sowing density varies depending on the difference in genotype and environmental factors, and optimum sowing density for optimum yield should be determined depending on the climate, soil and environment (Chen et al., 2008; Thomason et al., 2010). The sowing density is an important factor effective in increasing the grain yield per unit area. The first condition for obtaining higher grain yield per unit area for any variety under certain environmental conditions is to provide appropriate plant density (Geçit, 1982). Yield components such as the number of fertile spikes per unit area, the number of grains per spike and the grain yield per spike, depending on the plant density, have a direct effect on grain yield.

Determining the optimum sowing density is important to conserve soil water due to global warming, and to reduce seed costs of producers. Kaydan and Geçit (2005) indicated that the increase in sowing density caused an increase in the grain yield per unit area and the number of fertile spikes per square meter, and a decrease in the number of grains per spike and grain yield. Sajjad et al. (2009) revealed that the number of plants and the number of tillering per m² increased with the increase in planting density in Chakwal, Pakistan. Similarly, Aldemir (2014) reported that the yield increased at the optimum sowing density, while the yield decreased with increasing further sowing density.

Ogiuchi et al. (2007) determined that increasing sowing density caused an increase in the number of spikes in

Nanbukomugi bread wheat variety in Japan. They stated that grain yield and number of spike increased linearly with increasing sowing density and the highest grain yield was obtained at 350 seed/m² sowing density. Kazan et al. (2005) applied five different sowing densities (350, 450, 550, 650, 750 grains/m²) in Pehlivan bread wheat at Uludag University Faculty of Agriculture Agricultural Research and Application Center. The highest grain yield (513 kgda⁻¹) was obtained at 750 seed/m² sowing density. Kayaçetin (2006) investigated the effect of sowing density (175, 300, 425, 550, 675, 800 seed/m²) on yield of Tarm 92 barley cultivar, by using different sowing machines in Ankara conditions. They revealed that increasing sowing density cause a decrease in spike formation time and grain filling time, decrease in the number of tillers in a plant and the number of grains per spike and increase in the number of spikes per square meter.

2. Material and Method

The soil analyzes from the farmer field in Bozova district in 2018 and 2019 showed that the soil properties other than organic matter content were at acceptable levels for plant growth (Table 1). The layout of the experiment was randomized block design with three replicates. The experiment was conducted under farmer conditions in Bozova district of Sanliurfa during 2018/2019 and 2019/2020 growing seasons. Burgos durum wheat variety was used as the plant material.

Table 1. Properties of Soils in the Trial Area

Properties	Value
<i>E.C.*103 (Ms)</i>	1.610
<i>PH</i>	7.22
<i>Lime Ratio (%)</i>	33.4
<i>Total P (kg/da)</i>	4.65
<i>Total K (kg/da)</i>	161
<i>Organic Substance Ratio (%)</i>	1.45
<i>Cu (mg kg⁻¹)</i>	1.26
<i>Mn (mg kg⁻¹)</i>	5.59
<i>Fe (mg kg⁻¹)</i>	6.05
<i>Zn (mg kg⁻¹)</i>	1.06

Table 2. Important climatic values of the trial location

Months	Average Temperature (°C)		Max. Temperature (°C)		Min. Temperature(°C)		Average Precipitation (mm)	
	2018-19	2019-20	2018-19	2019-20	2018-19	2019-20	2018-19	2019-20
October	19.8	20.8	31.0	32.7	7.2	10.9	99.2	31.9
November	11.8	13.2	24.5	23.2	3.5	5.4	70.3	9.9
December	7.6	8.1	16.1	19.8	-1.0	1.8	212.8	131.4
January	4.9	5.4	14.7	13.8	-2.1	-0.5	85.6	70.7
February	7.0	5.7	16.2	18.2	0.8	-6.8	94.8	40.7
March	10.0	12.0	20.8	23.8	1.1	1.7	96.9	103.5
April	13.3	15.5	26.4	27.9	3.7	5.2	117.3	75.5
May	23.3	21.6	37.9	36.4	10.2	10.3	3.4	49.2
June	28.1	26.4	40.3	38.5	18.8	13.6	3.5	15.3
Mean	13.9	14.3	25.3	26.03	4.7	4.6	87.1	58.7

The first and second year sowings time were December 11, 2018 and December 19, 2019, respectively. With the sowing, 6 kg /da P₂O₅ and N were applied to the plots, and 8 kg da⁻¹ pure N was applied as top fertilizer. Five different sowing density (300, 400, 500, 600 and 700 seed m²) treatments were used in the experiment. Herbicides were used for narrow and broad-leaved weeds. The sowing was carried out manually to the lines made with a hand marker. The size of each plot was 5 x 1.2 m and each plot had 6 rows. One m gap was left between plots and 3 m between blocks. The seeds were sown at a depth of 4 to 6 cm at 20 cm interrow spacing (Akkaya, 1994).

3. Results and Discussion

3.1. Grain Yield (kg da⁻¹)

The combined grain yield analysis indicated that the effect of year, treatment and year x treatment interaction ($P \leq 0.01$) had a statistically significant effect on grain yield (Table 3). The highest grain yield (634.17 kg da⁻¹) was obtained at 650 seed/m² density, while the lowest grain yield (591.5 kg da⁻¹) was obtained at 850 seed/m² sowing density (Table 4). Grain yield was lower in the second year compared to the first year due to excessive temperature and insufficient precipitation.

Table 3. Table 3. Combined variance analysis of different sowing densities applied in durum wheat on plant height, spike length, the number of grains per spike, grain weight per spike, grain yield, and number of spike per M² in 2018-2019, 2019-2020.

Source of Variation	SD	Plant Height	Spike Length	The Number of Grains Per Spike	Grain Weight Per Spike	Grain Yield	Number of Grains Per m ²
Year	1	672,13333	7.2030000*	1121.18	0.43200000	10193.633*	2920.533*
Replicatio	4	2,44533	0.0040000	53*	1.9293	24.933	40.533
Treatment	4	114,50867	6.0720000*	135.795	0.14118000	7780.200 *	10466.133*
Year*	4	4,43667*	0.0120000	3*	627313	0.00030000	6.133
Treatment	4	4,49467	0.556000	*	8.8973	0,00608000	138.133
Error	16	798,01867	13.847000	87	1330.53	21649.367	13571.467
General	29						
CV (% 1)		0.0061	0.0258	0.0151	0.0111	0.0100	0.0069

*, **: Respectively $P \leq 0.01$ and $P \leq 0.05$ levels of probability ($P < 0,01$)

Table 4. Means and multiple comparison test results related to grain yield (kg da⁻¹) of different sowing densities

Sowing Densities (Seeds/m ²)	Grain Yield (kg da ⁻¹) 2018-2019 **	Grain Yield (kg da ⁻¹) 2019-2020**	Grain Yield (kg da ⁻¹) Mean **
450	616.33 d	569.0 c	592.67 c
550	633.33 b	591,67 b	612.5 b
650	649.0 a	619,33 a	634.17 a
750	619.33 cd	616,67 a	618.0 b
850	623.0 c	560.0 c	591.5 c
LSD (0.01)	Y LSD: 4.7207 T LSD: 7.4641 Y*T LSD: 10.5558		

** : significant at 0.01 levels of probability (P<0,01) Y: Year, T: Treatment, Y*T: Year*Treatment

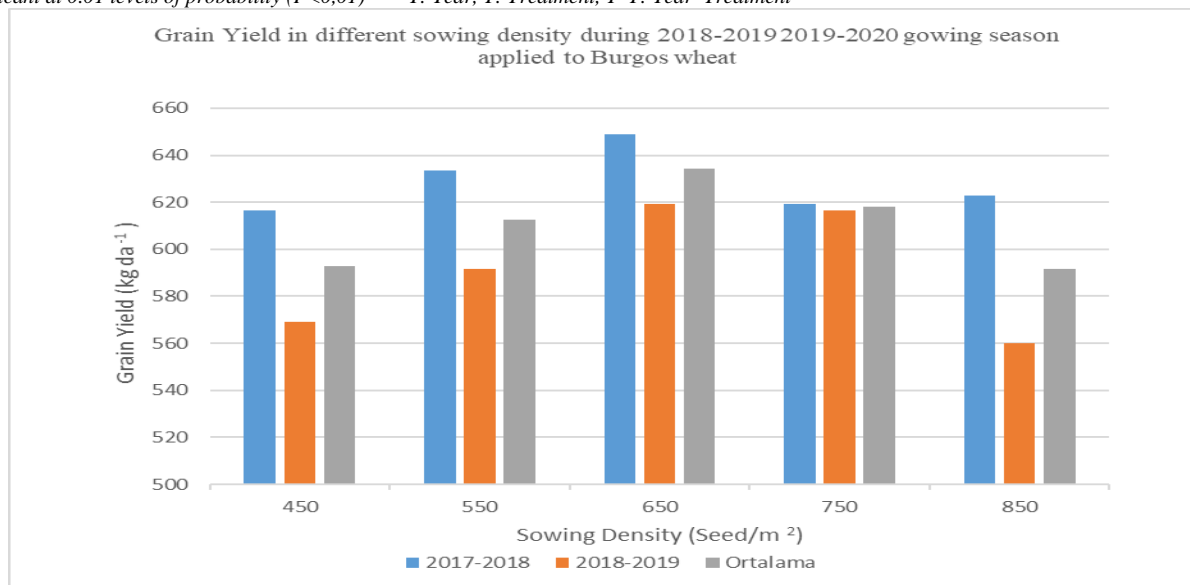


Figure 1. Grain yield in different sowing density during 2018-2019 and 2019-2020 growing seasons

The increase in sowing density cause a decrease in spike length, which also cause further decrease in the number of grains per spike and the grain size. The plants better use of soil nutrients and sunlight at the optimum planting density, and grow better. Similar to all plants, vegetative and generative development of wheat is related to the plant's use of soil water. The plants uptake water through the roots to transport nutrients from soil to upper body parts and to perform vital metabolic processes. Therefore, the need for water increases with the increase in plant density. The amount of precipitation and temperature in the first year of the experiment were higher than the second year. In dry years, available water content of soil depletes, therefore, grain yield and yield components that affect grain yield significantly decrease even if additional irrigation is applied. Parameters such as the number of spikes per plant and the number of grains per spike directly affect the grain yield per unit area, and these values vary with the plant density (Kaydan et al., 2012). The results obtained are also in agreement with the researchers who reported that grain yield increased with increasing sowing density (Kara 2007, Turk & Tawaha 2003, Teich and Smid 1993, Kaydan 2003, Kara). Grain yield per unit area increased with the increase in planting density up to a certain rate and the highest values were reached at 650 seeds/m² planting density. Many studies have reported that the highest grain yield can be obtained with the optimum sowing density in both irrigated and rainfed conditions (Iqbal et al., 2012;

Akinci, 2014; Anwar et al., 2015). The increase in sowing density increases the dry matter accumulation following the heading stage (Fang et al 2010), however, the dry matter accumulated in the grain is adversely affected after a certain sowing density. Sowing density up to 650 seeds/m² increased the grain yield, while grain yield started to decrease sowing density higher than 650 seeds/m² (Figure 1). Similar to our findings, most of the studies conducted in different regions and with different cultivars reported that the grain yield increases up to a certain sowing density, and then decreases after that density (Kayaçetin, 2006; Çağlar et al., 2009; O'Donovan et al., 2012). The increase in sowing density causes competition among plants due to the presence of more plants per unit area, therefore, water and nutrients per plant decrease and grain yield decreases (Dai et al., 2013; Haile et al., 2013; Shah, 2016).

3.2. Number of Spike Per M² (number/spike)

The combined data showed that the effect of year, treatment and year x treatment interaction on the number of spikes per m² was statistically significant (P<0.01) (Table 3). The highest spike number (436.67 head/spike) per m² was obtained with 650-750 seed/m², while the lowest value (436.0 head/spike) was recorded with 850 seed/m² sowing density (Table 5).

Table 5. Means and multiple comparison test results related to number of grains per m² of different sowing densities (number/spike)

Sowing Densities (Seeds/m ²)	Number of Grains Per M ² (number/spike) 2018-2019**	Number of Grains Per M ² (number/spike) 2019-2020**	Number of Grains Per M ² (number/spike) Mean**
450	401,33 c	375 d	391.3 b
550	419.0 b	400 c	408.67 b
650	446.67 a	432 ab	436.67 a
750	445.0 a	442.0 a	436.67 a
850	446.67 a	430 b	436.0 a
LSD (0.001)	Y LSD: 2.2744	T LSD: 3.5962	Y*T LSD: 5.0858

** : significant at 0.01 levels of probability ($P < 0,01$)

Y: Year, T: Treatment, Y*T: Year*Treatment

Sowing density up to 650 seeds/m² increased the number of grains per m² in different sowing densities, while grain yield

started to decrease sowing density higher than 650 seeds/m² (Figure 2).

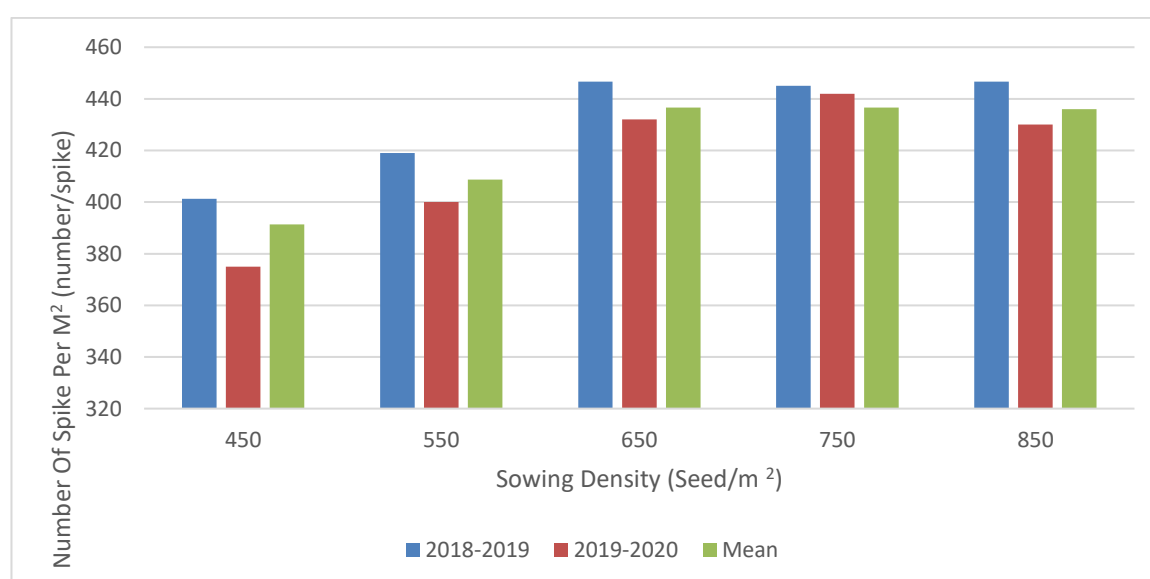


Figure 2. M² Number of Grains Per m² in different sowing density during 2018-2019 2019-2020 gowing season applied to Burgos wheat

The increase in sowing density up to 650 grains/m² increased the number of spikes per square meter, while the number of spike values were close to each other in subsequent sowing density treatments. The decrease in tillering with the increase in sowing density starting from the sowing density of 650 seeds/m² caused a decrease in the number of spikes per square meter. The amount of precipitation in the second year up to the heading stage was significantly lower than the precipitation in the first year. However, precipitation during and after the heading period in the second year was considerably higher compared to the first year, and this precipitation caused to form new tillers in the post-heading period and these tillers produced new spikes. Therefore, the number of spikes per m² was very close in sowing densities higher than 650 seed/m². Previous studies investigated the effects

of different sowing densities indicated that sowing density significantly affects the number of spikes per square meter. (Geleta et al., 2002; Cheema et al., 2003; Thomason et al., 2010; Özdemir, 2011; Iqbal et al., 2012; Akıncı, 2014; Wood et al., 2003).

3.3 Plant Height

The combined data showed that the effect of year, treatment and year x treatment interaction on plant height was statistically significant ($P < 0.01$) (Table 3). The highest plant height (88.77 cm) per m² was obtained with 750 seed/m², while the lowest value (83.23 cm) was recorded with 450 seed/m² sowing density (Table 6).

Table 6. Means and Multiple Comparison Test Results Related To Plant Height (kg da^{-1}) of Different Sowing Densities

Sowing Densities (Seeds/m ²)	Plant Height (cm) 2018-2019**	Plant Height (cm) 2019-2020**	Plant Height (cm) Mean**
450	88.13 d	78,33 d	83.23 d
550	90.40 c	80.50 c	85.45 c
650	91.47 bc	83.53 a	87.50 b
750	93.73 a	83.80 a	88.77 a
850	92.47 ab	82,70 b	87.58 b
LSD (0.01)	Y LSD: 0.4102 T LSD: 0.6486	Y*T LSD: 0.9174	

** : significant at 0.01 levels of probability ($P < 0,01$) Y: Year, T: Treatment, Y*T: Year*Treatment

Plant height increased up to 750 seeds/m² sowing density and then decreased (Table 6). The leaves shade each other at high sowing density, therefore, the plants height increases to reach the light needed. However, when the sowing density exceeds the optimum sowing density, the plant height cannot increase further. In addition, the effect of water deficiency on plant height, especially in the stem elongation period, had a greater effect than the water deficiency and irregularity observed in the grain filling period. The precipitation in the second year especially when it needed was insufficient, therefore available plant water content was very low which caused plant heights to be shorter than the first year, even if additional irrigation was applied. Some researchers have also reported that plant height is significantly affected by the sowing density (Geleta et al., 2002; Khan et al.,

2002; Zeybek et al., 2005; Soomro et al., 2009; Torofder and Hossain 1991; Kaydan 2003; Wood et al. 2003). Geleta et al. (2002) reported that the plant height increased up to a certain point with the increase of sowing density and decreased with further increase in sowing density.

3.4. Spike Length

The combined data indicated that the effect of year, treatment and year x treatment interaction on plant spike length was statistically significant ($P \leq 0.01$) (Table 3). The longest spike length (8.0 cm) was obtained with 450 seed/m², while the shortest value (6.7 cm) was recorded with 850 seed/m² sowing density (Table 7).

Table 7. Means and multiple comparison test results related to spike length (cm) in different sowing densities

Sowing Densities (Seeds/m ²)	Spike length (cm) 2018-2019	Spike length (cm) 2019-2020	Spike length (cm) Mean
450	8.5 a	7,5 a	8.0 a
550	7.6 bc	6.66 bc	7.1 c
650	7.8 b	6.9 b	7.35 b
750	7.4 cd	6.4 c	6.9 cd
850	7.2 d	6.2 c	6.7 d
LSD (0.01)	Y LSD: 0.1443 T LSD: 0.2281	Y*T LSD: 0.3226	

** : significant at 0.01 levels of probability ($P < 0,01$) Y: Year, T: Treatment, Y*T: Year*Treatment

Dense seed sowing caused a decrease in spike length in both years of the experiment. Nutrient, water and light per plant decrease with the increase in sowing density per unit area. The plant height decreases with the competition among plants, and also spike length decreases accordingly. The results on adverse effect of high sowing density on spike length are in accordance with those reported by Naveed et al. (2014), Adinew (2015), Gooding et al. (2002), Atak and Çiftçi (2005) and Ahmad et al. (2000).

3.5. The Number of Grains Per Spike

The combined data on the number of grains per spike indicated that the effect of year, treatment and year x treatment

interaction on the number of grains per spike was statistically significant ($P \leq 0.01$) (Table 3). The highest number of grains per spike (.44.36 grain/spike) was obtained with 450 seed/m², while the lowest value (37.21 grain/spike) was recorded with 850 seed/m² sowing density (Table 8).

The highest number of grains per spike in both years of the experiment was obtained in the highest sown density (450 seed/m²), while the lowest number of grains per spike was recorded the least dense sowing (850 seed/m²) treatment (Table 8). The number of grains per spike is usually determined prior to the flowering period (Warrington et al., 1977). The number of grains per spike decreased linearly with the increase in the amount of seeds planted per square meter.

Table 8. Means and Multiple Comparison Test Results Related To The Number of Grains Per Spike of Different Sowing Densities

Sowing Densities (Seeds/m ²)	The Number of Grains Per Spike (gr /spike)	The Number of Grains Per Spike (gr /spike)	The Number of Grains Per Spike (gr /spike)
450	48.53 a	40.20 a	44.36 a
550	47.00 b	38.10 b	42.55 b
650	45.33 c	35.56 c	40.45 c
750	43.66 d	31.73 d	37.70 d
850	43.46 d	30.96 d	37.21 d
LSD (0.01)	Y LSD: 0.4729	T LSD: 0.7478	Y*T LSD: 1.0576

**: significant at 0.01 levels of probability ($P < 0.01$) Y: Year, T: Treatment, Y*T: Year*Treatment

The decrease in the number of grains per spike with the increase in sowing density can be associated with the increase in the number of plants and spikes per unit area, as well as the decrease in the area where the plants benefit from water and nutrients (Kaydan et al., 2012). Increasing sowing density under both rainfed and irrigated conditions had a decreasing effect on the number of grains per spike. Similar results have been reported in many other previous studies (Rüegger et al., 1993; Öztürk, 1996; Spink et al., 2000; Chaudhry and Hussain, 2001; Hussain et al., 2001; Lloveras et al., 2004; Bokan and Malesevic, 2004; Bulut, 2009; Nakano and Morita, 2009; Soomro et al., 2009; Dinç, 2010; Kılıç and Gürsoy, 2010; Ahmadi et al., 2011; Özdemir, 2011; Haile et al., 2013; Adinew, 2015; Li et al., 2016).

3.6. Grain Weight Per Spike

The combined data on the grain weight per spike indicated that the effect of year, treatment and year x treatment interaction on the grain weight per spike was statistically significant ($P \leq 0.01$) (Table 3). The highest grain weight per spike (7.81 g) was obtained with 450 seed/m², while the lowest value (1.665 g) was recorded with 850 seed/m² sowing density (Table 8). The grain weight per spike decreased rapidly with the increasing sowing density, but this ratio of decrease was not high with the further increase in the sowing density.

Table 9. Means and Multiple Comparison Test Results Related To Grain Weight Per Spike (gr /spike) of Different Sowing Densities

Sowing Densities (Seeds/m ²)	Grain Weight Per Spike (gr /spike)	Grain Weight Per Spike (gr /spike)	Grain Weight Per Spike (gr /spike)
450	1.96 a	1.72 a	1.84 a
550	1.92 a	1.68 b	1.80 b
650	1.85 b	1.61 c	1.73 c
750	1.80 c	1.55 d	1.675 d
850	1.78 c	1.55 d	1.665 d
LSD (0.01)	Y LSD: 0.0150	T LSD: 0.0238	Y*T LSD: 0.0337

**: significant at 0.01 levels of probability ($P < 0.01$) Y: Year, T: Treatment, Y*T: Year*Treatment

The decrease in grain weight per spike in the second year was higher than that of the first year. Grain weight per spike is determined by the number of grains per spike and the 1000-grain weight (Korkut et al. 1993), which positively affects the grain yield (Kahraman 2006). The decrease in spike length with the increase in sowing density causes a decrease in the number of grains per spike. The results may be attributed to the significant effect of hereditary traits on 1000-grain weight compared to the other yield traits and the effect of 1000-grain weight on grain weight per spike. In addition, the precipitation, especially in April and May, in the second year, caused the formation of new tillers, however, high temperature in the second year caused a shortening of the grain filling period and thus a decrease in the grain weight per spike. Previous studies indicated that high sowing densities also limit grain filling period and reduce 1000-grain weight (Kayaçetin, 2006; Çağlar et al., 2009; O'Donovan et al., 2012; Bavec and ark., 2002; Kazan and Doğan, 2005; Laghari et al., 2011; Özdemir, 2011; Li et al., 2016).

4. Conclusions and Recommendations

The results revealed that grain yield and yield components of durum wheat differed significantly depending on the different sowing densities. The increasing sowing density increased the grain yield, the number of spikes per square meter, and the plant height values; while decreased the spike length, number of grains per spike and grain weight per spike. The increase in sowing density had a positive effect on plant growth, grain yield and yield components to a certain extent, but after a certain point, high sowing density adversely affected plant growth, grain yield and yield factors. The use of soil moisture at the highest level and increasing the grain yield and yield component values can only be achieved by determining the most suitable sowing density. Climate change is one of the most important environmental and economic problems of our time. Therefore, the use of soil

moisture at the maximum level will ensure to benefit from the plant nutrients in the soil and accordingly, obtain the highest yield

References

- Adinew A. 2015. Effect of Seed Source and rates on productivity of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties at Kersa, Eastern Ethiopia. A Thesis Submitted to School of Plant Sciences, School of Graduate Studies Haramaya University.
- Ahmad, Z., Kisana, N. S., Mujahid, M. Y., Ahmad, I., Mustafa S. Z., Majid, A. 2000. Effect of Population Density on Yield and Yield Components of Wheat. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 3(9): 1389–1390.
- Akıncı, C., Çölkesen, M., 1999. Determination of the effect of sowing time and sowing frequency on yield and yield components of durum wheat. *Cereals Symposium*, 658-664, Konya. (in Turkish)
- Anonim 2021. Wheat, June-2021, Report for Agricultural Products, TEPGE. Pdf. (in Turkish).
- Anwar, S., Khattak W.A., Inamullah, M.I., Bashir, S., Shafi, M., 2015. Effect of Sowing Dates and Seed Rates on the Agro-Physiological Traits of Wheat. *Journal of Environment and Earth Science* ISSN 2224-3216 (Paper) ISSN 2225-0948 (Online) Vol.5, No.1, 2015.
- Atak, M., ve C.Y. Çiftçi, 2005. The effect of different planting frequencies on yield and some yield components in Triticale (*Triticosecale* Wittmack), *Journal of Agricultural Sciences*, 11(1) 98- 103. (in Turkish)
- Chen, C., Neill, K., Wichman, D., Westcott, M., 2008. Hard Red Spring Wheat Response to Row Spacing, Seeding Rate, and Nitrogen. *Agronomy Journal*, 100:1296–1302.
- Çekiç C., Savaşlı, E., Dayıoğlu, R., Önder, O., Karaduman, Y., Avcıoğlu R., 2008. Determination of the Relationship between Sowing Time and Frequency and Quality Criteria in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Turkey Grain Symposium*, Konya. (in Turkish)
- Chaudhry, A. U., Hussain, I., 2001. Influence of Seed Rate on Phenology, Yield and Quality of Wheat. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4 (4): 414–416.
- Conry, M.J and Hegarty, A. 1992. Effect of sowing date and seed rate on the grain yield and protein content of winter barley. *Journal of Agric. Science*, 279.
- Donaldson, E., Schilinger, W. F., Dofing, S. M., 2001. Straw Production and Grain Yield Relationships in Winter Wheat. *Crop Sci.* 41:100–106.
- Holen, D. L., Bruckner, P. L., Martin, J. M., Carlson, G. R., Wichman, D. M., Berg, E. J., 2001. Small Grains. Published in *Agron. J.* 93:364–370.
- FAO, (2018). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, Erişim, Mart, 2020.
- Fang Y, Xu B, Turner N C & Li F (2010). Grain yield, dry matter accumulation and remobilization, and root respiration in winter wheat as affected by seeding rate and root pruning. *European Journal of Agronomy* 33: 257–266
- Geleta, B., Atak, M., Baenziger, P. S., Nelson, L. A., Baltenesperger, D. D., Eskridge, K. M., Shipman, M. J., Shelton, D. R., 2002. Seeding Rate and Genotype Effect on Agronomic Performance and End-Use Quality of Winter Wheat. *Crop Sci.* 42:827–832.
- Gooding, M.J., A. Pinyosinwat ve R.H. Ellis, 2002. Responses of wheat grain yield and quality to seed rate. *Journal of Agricultural Sciences*, 138, 317-331.
- Harris, P.B. 1984. The Effect of sowing date, disease control, seed rate and the application of a plant growth regulator of autumn nitrogen on the growth and yield of winter barley. *Research and development in agriculture*.
- Iqbal, J., Hayat, K., Hussain, S., Ali, A., Bakhsh, M.A.A.H.A., 2012. Effect of Seeding Rates and Nitrogen Levels on Yield and Yield Components of Wheat (*Triticum aestivum* L.) *Pakistan Journal of Nutrition* 11,7 (2012):531-536.
- Kahraman, T (2006). Determination of the Effects of Different Sowing Time and Nitrogen Fertilization Applications on Grain Filling Time and Grain Filling Rate, Yield and Quality Factors in Some Bread Wheat Varieties. T.U. Graduate School of Natural and Applied Sciences, Unpublished Doctoral Thesis, 177. (in Turkish)
- Kara, K., 2007. The Effects of Different Sowing Frequencies and Nitrogen Doses on Yield and Yield Components in Some Triticale Varieties. Ph.D. Thesis, Ankara University Institute of Science and Technology, Ankara, 92 p (in Turkish).
- Khan, H., Khan, A. M., Hussain, I., Khan, Z. M., Khattak, K. M., 2000. Effect Of Sowing Methods And Seed Rates On Grain Yield And Yield Components Of Wheat Variety Pak-81. *Pakistan Journal of Biological Sciences.* 3 (7): 1177–1179.
- Kayaçetin F (2006). Yield and yield components of barley planted with different planting machines in Ankara conditions and applied with a roller. Çukurova University, Institute of Science and Technology, Department of Field Crops, PhD Thesis, 164s, Adana. (in Turkish)
- Kaydan, D. 2003. The effects of sowing methods and sowing densities on yield and yield components in barley. Ankara Univ. Science Ins. Doctoral Thesis, 134 p., Ankara. (in Turkish)
- Kaydan, D., Geçit, H.H., 2005. The Effects of Sowing Methods and Sowing Densities on Yield and Yield Components in Barley. *Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, Journal of Agricultural Sciences (J. Agric. Sci.)*, 15(1): 43-52.
- Kaydan, D., Tepe, I., Yağmur, M., Yergin, R., 2012. The Effects of Sowing Method and Density on Grain Yield, Some Yield Components and Weeds in Wheat. *Journal of Agricultural Sciences* 17 (2011): 310-323. (in Turkish)
- Kazan, T., Doğan, R., 2005. A Study on Sowing Time and Sowing Density in Pehlivan Bread Wheat (*T. aest. var. aest. L.*). *Uludag Univ. Agriculture. Fac. Journal.* 19(1): 63–76. (in Turkish)
- Korkut Kz, Başer İ, Bilir S (1993). Studies on Correlation and Path Coefficients in Durum Wheat. *Durum Wheat and Its Products Symposium*, 30 November - 03 December, 1993, Ankara, 183-187. (in Turkish)
- Naveed K, Khan MA, Baloch MS, Ali K, Nadim MA. 2014. Effect of different seeding rates on yield attributes of dualpurpose wheat. *Sarhad J. Agric.* 30(1): 83-91.
- Nakano, H., Morita., 2009. Effects of Seeding Rate and Nitrogen Application Rate on Grain Yield and Protein Content of the Bread Wheat Cultivar ‘Minaminokaori’ in Southwestern Japan. *Plant Production Science.* 12(1) : 109–115.
- Ogiuchi, K., Takahashi, A., Sakuyama, K., 2004. Optimum Seeding Date and Seeding Density for Winter-Seeding Cultivation of Winter Wheat in Iwate. *Japanese Journal of Crop Sciences.* Vol. 73, pp.396–401.
- O'Donovan JT, Turkington TK, Edney MJ, Juskiw PE, McKenzie RH, Harker KN, Clayton GW, Lafond GP, Grant CA, Brandt S, Johnson EN, May WE, Smith E (2012). Effect of seeding

- date and seeding rate on malting barley production in western Canada. *Can. J. Plant Sci.* 92: 321-330.
- Özdemir S (2011). Determination of Optimum Sowing Frequency of Wheat Varieties Sown in Different Locations. Eskişehir Osmangazi University, Institute of Science and Technology, Department of Field Crops, Undergraduate Thesis, Eskişehir. 32 p. (in Turkish)
- Öztürk, A., Akten, Ş. 1998. Sowing density and Response to Nitrogen Doses of Structures on Flag Leaf Knots in Winter Wheat. *Journal of Anadolu Aegean Agricultural Research Institute*, 8(1). (in Turkish)
- Schillinger, F. W., 2005. Tillage Method and Sowing Rate Relations for Dryland Spring Wheat, Barley, and Oat. *Published Crop Science*. 45:2636–2643.
- Shahzad MA, Sahi ST, Khan MM, Ahmad M. 2007. Effect of sowing dates and seed treatment on grain yield and quality of wheat. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*.
- Shewry, P.R. (2009). Wheat. *Journal of Experimental Botany*, 60 (6), 1537–1553.
- Soomro, U. A., Rahman, M. U., Odhano E. A., Gul S., Tareen, A. Q., 2009. Effects of Sowing Method and Seed Rate on Growth and Yield of Wheat (*Triticum aestivum*). *World Journal of Agricultural Sciences*. 5 (2): 159–162.
- Sümer-Özcan F, Ereku O, Koca Y O (2010) The effects of plant density and nitrogen doses on yield, yield components and bread quality characteristics in different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Anadolu Journal of AARI* 20 (2): 28–44. (in Turkish)
- Sümer, F. Ö., 2008. Effects of Plant Density and Nitrogen Doses on Yield, Yield Components, Agronomic and Quality Characteristics of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties and Relationships Between Traits. Aydın Institute of Science and Technology, Ph.D. Thesis, 146 Pages, Aydın. (in Turkish)
- Şehitoğlu M (2007). The Effects of Different Seed Densities on Yield, Yield Components and Quality Traits in Barley Varieties. Selçuk Univ. Institute of Science Department of Field Crops, Master Thesis, Konya. (in Turkish)
- Teich, A.H., Smid, A., 1993. Seed rates for soft white winter wheat in Southwestern Ontario. *Can. J. Plant.Sci.*, 73 (6): 1071-1073.
- Zeybek, A., Özkan, İ., Tan, E., 2005. The Effect of Different Sowing Densities and Nitrogen Doses on Yield and Yield Components of Ziyabey-98 Bread Wheat Varieties. Turkey 6th Field Crops Congress Research Presentation, Cilt1, s.105–109. (in Turkish)
- Wang, D., Yu, Z., & White, P. J., 2013, The effect of supplemental irrigation after jointing on leaf senescence and grain filling in wheat. *Field Crops Research*, 151, 35-44.
- Wood G A, Welsh J P, Godwin R J, Taylor J C, Earl R & Knight S M (2003). Real-time measures of canopy size as a basis for spatially varying nitrogen applications to winter wheat sown at different seed rates. *Biosystems Engineering* 84(4): 513–531



Havai Rüzgâr Enerji Sistemleri için Sürekli Mıknatıslı Senkron Generator Tasarım ve Optimizasyonu

Esra Çelik*, Muhammet Garip

¹*Yıldız Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, Mekatronik Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-8416-0524), f6817006@std.yildiz.edu.tr

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, Mekatronik Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6315-8540), mgarip@yildiz.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 24 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 22 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1041238)

ATIF/REFERENCE: Çelik E., Garip M., (2022). Havai Rüzgâr Enerji Sistemleri için Sürekli Mıknatıslı Generator Tasarım ve Optimizasyonu *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 154-160.

Öz

Havai rüzgâr enerjisi sistemleri (Airborne Wind Energy Systems), geleneksel rüzgâr türbinlerine oranla yüksek rüzgâr hızlarına ulaşabilmeleri ve daha az malzemeye gereksinim duymaları nedeniyle son yirmi yılda geleneksel rüzgâr türbinlerine alternatif olarak geliştirilmiştir. Genellikle elektrik generatörünün konumuna göre tümleşik (on-board) veya yerde şeklinde sınıflandırılırlar ve her iki tipte de kule yerine kabloyu taşıyan bir halat bulunur. Bu makale, bir havai rüzgâr enerjisi sistemi için sürekli mıknatıslı radyal tip elektrik generatörünün (pmsm) elektromanyetik tasarımını ve optimizasyonunu sunmaktadır. 44kW bir sistem için ünite ve güç sayısı değiştirilerek uygun güç-ağırlık (P/W) oranını ve makinenin verimini sağlayan optimal parametreler araştırılmıştır. Analitik modeli elde edilen makinenin optimizasyonu genetik algoritma yöntemi ile Matlab yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tasarım sonuçlarının doğrulanması için sonlu elemanlar analizi yöntemi Ansys-Maxwell programında uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Rüzgâr Enerjisi, Sürekli Mıknatıslı Makina, Genetik Algoritma, Optimizasyon, Sonlu Elemanlar, Airborne Wind Energy Systems

Permanent Magnet Synchronous Generator Design and Optimization for Airborne Wind Energy Systems

Abstract

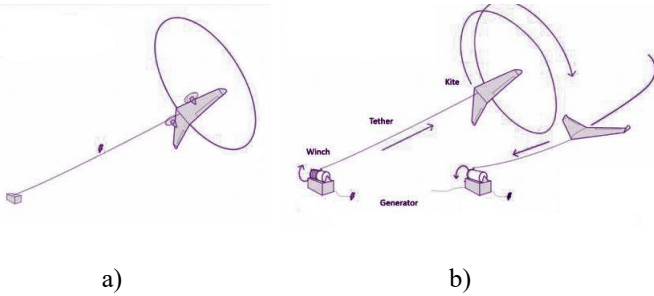
Airborne wind energy systems have been developed as an alternative to conventional wind turbines in the last two decades since they can reach higher wind speeds and require less material than conventional wind turbines. They are generally classified as on-board or ground based depending on the location of the electric generator, and both types have a tether carrying the cable instead of the tower. This article presents the electromagnetic design and optimization of a permanent magnet synchronous generator (radial type) for an airborne wind power system. For a 44kW system, the optimal parameters that provide the appropriate power-to-weight (P/W) ratio and the efficiency of the machine were investigated by adjusting the number of units and power. The optimization of the machine, whose analytical model was obtained, was carried out using Matlab software utilizing the genetic algorithm method. Three-dimensional finite element analysis method was used to verify the design results with the Ansys-Maxwell program.

Keywords: Wind Energy, Permanent Magnet Machine, Genetic Algorithm, Finite Elements, Airborne Wind Energy Systems.

* Sorumlu Yazar: f6817006@std.yildiz.edu.tr

1. Giriş

Geleneksel rüzgâr türbini teknolojilerinin teknik ve ekonomik açıdan uygulanabilirlik sınırlarına ulaşması, 50-100m yüksekliklerde verimli rüzgâr sahalarının halihazırda kullanılıyor olması, rüzgârdan elektrik elde edilmesinde yeni tasarımları kaçınılmaz kılmıştır. Bu bağlamda alternatif bir tasarım olarak Loyd'un 1980'de ortaya koyduğu (Loyd 1980), bir hava aracının (daha çok hafif veya rijit uçurtma tipi) 300-500m ve daha fazla irtifada halatla bağlı olduğu makarada dönüş yaratarak yerdeki generatörü tahrik ettiği veya hava aracının üzerinde üretim yaparak kablo ile elektriğin iletiği kulesiz uçurtma tabanlı Havai veya Yüksek İrtifa Rüzgâr Enerji Sistemleri, 2000'lerin başında ilgi görmeye başlamış, günümüze kadar pek çok akademik çalışma grubunda farklı tasarımlar birkaç kW mertebelerinden 100kW ve üzeri seviyelerine kadar gelişme göstermiştir (Cherubini, Papini, Vertechy, ve Fontana, 2015). Şekil 1, onboard (tümleşik) ve uçurtmalı konseptlerin temel çalışma şekilleri göstermektedir.



Şekil 1. Havai rüzgâr enerji sistemlerini a) Tümleşik b) Yerde üretim konseptlerinin gösterimi (Airborne Wind Europe, 2021) (Figure 1. Concept illustration of airborne wind energy systems. a) onboard b) onground)

Havai Rüzgâr Enerji sistemleri yeni bir konsept olması sebebiyle geleneksel rüzgâr türbinlerine nazaran literatürde daha az yer bulmaktadır. Ayrıca sistemler üretim şekillerine göre farklılık göstermekte olduğundan çalışmalar pek çok ayrı kategoriye ayrılmış durumdadır. Örneğin; rijit uçak modeli veya yamaç paraşütü kullanan modeller kontrol zorluğuna rağmen yatırım maliyeti düşüklüğü sebebiyle akademik çalışmalar ve girişim şirketlerince daha çok tercih edilmektedir. Ancak otonom iniş/kalkış kabiliyetine haiz olmamaları sistem güvenilirliği açısından handikap yaratmaktadır. Örneğin fırtına veya yıldırımlı havalarda sistemin güvenli yere inebilmesi önem arz etmektedir. Tümleşik (onboard) hava aracına akuple edilen tasarımda ise generatörlerin motor olarak çalıştırılması avantajı bulunmakta, bu da sistemin iniş/kalkış problemini elimine etmektedir.

Türkçe literatürde henüz yerini almamış bu sistem için doğrudan tercüme karşılığı "havada", "hava kaynaklı", "hava araçlı" tabirleri yerine yalın haliyle kavramı karşıladığını düşündüğümüz "havai" ifadesini önermekteyiz.

Literatürde benzer sistemler için generator tasarımı oldukça az olmakla birlikte yapılan çalışmada (Subotic, Gammeter, Tüysüz ve Kolar, 2015) tarafından yapılan çalışmada 1km yükseklikte 100kW güç üreten hava araçlı rüzgâr enerji sistemi için eksenel akılı sürekli mıknatıslı makinenin elektromanyetik, termal ve yapısal analitik modelleriyle optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Optimal sonuç arama algoritması olarak herhangi bir amaç

fonksiyonuna bağlı kalmaksızın tüm çalışma uzayını tarayan doğrudan ızgara arama algoritması kullanılmıştır. Çalışma sonucunda kütesel güç yoğunluğu 6.4 kW/kg, nominal hız 3200 rpm ve verim %95 olarak bulunmuştur. Bir diğer çalışmada ise (Gammeter, Drapela, Tüysüz ve Kolar, 2015) ise, 1km yükseklikte 100kW hava araçlı rüzgâr türbini için verim kısıtı altında ağırlık optimizasyonu yaptıkları çalışmada radyal ve eksenel akılı makine topolojilerini, elektromanyetik ve termal modellerini kullanmışlardır. Optimizasyon metodu için maliyet fonksiyonu olmaksızın doğrudan arama metodu uygulanmıştır. Çeşitli radyal ve eksenel akılı topolojiler arasında dahili rotorlu Hallbach radyal akılı makinenin en iyi sonuçları verdiği tespit edilmiştir. Güç ağırlık oranı 6.2kW/kg ve %96 verim elde edildiği raporlanmıştır.

Bu çalışmada 44 kW bir havai rüzgâr enerji sistemi için radyal tipli sürekli mıknatıslı generatörün farklı ünite ve güç sayılarında ağırlık/kütle (P/W) oranı ve verim değerleri elde edilmiştir. Makinenin analitik modeli çıkarılarak, belirlenen değişkenlere göre Matlab Genetik Algoritma çözücüsü ile optimize edilmiştir. Elde edilen tasarımlar Ansys-Maxwell sonlu elemanlar programı ile analiz edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Tasarım Gereksinimlerinin Belirlenmesi

Havai rüzgâr enerji sistemleri, geleneksel rüzgâr türbinlerine kıyasla iki önemli avantaja sahiptir. Bunlardan ilki karasal türbinlerin erişemeyeceği yüksekliklere ulaşmak; diğeri ise hava aracının rüzgâra karşı gerçekleştirdiği hareket sonucu türbinlerin bağlı hıza maruz kalmasıdır. Yüksek rüzgâr hızı sayesinde türbin rotorları eşdeğer karasal türbin rotolarla oranla belirgin oranda daha küçük olmaktadır. İdeal rüzgâr enerjisi formülü Denklem 1 ile ifade edilmektedir (Aull, Stough ve Cohen, 2020).

$$P_{max} \leq \frac{8}{27} \rho A_{rot} V_a^3 \quad (1)$$

Burada P_{max} , elde edilebilecek maksimum güç (kW), ρ hava yoğunluğu (kg/m³), A_{rot} türbin rotorlarının toplam alanı (m²) ve V_a bağıl hızı (m/s) ifade eder. Denklem 2'de ise türbinin güç katsayısı ile üretilebilecek mekanik gücün ifadesi verilmiştir. Denklemde C_p ve ρ sırasıyla güç katsayısını ve hava yoğunluğuna karşılık gelmektedir.

$$P_m = \frac{1}{2} C_p \rho A_{rot} V_a^3 \quad (2)$$

Türbin güç katsayısı (C_p) katsayısının 2 kanat kullanması kabulü ile 0,2 olarak uygulanmıştır (Rancourt, Bolduc-Teasdale, Bouchard, Anderson ve Mavris, 2016).

$$w_m = \frac{\lambda u_w}{R} \quad (3)$$

$$\lambda_{opt} = \frac{4 \times \pi}{2} \quad (4)$$

Denklem 3, w_m (rad/s) olarak açısal hızın ifadesidir. Açısal hız kanat-uç hız oranı (TSR- tip speed ratio) ve türbinin maruz kaldığı rüzgâr hızına (m/s) bağlıdır. Denklem 4'te ise optimum kanat uç hız oranını kanat sayısına bağlı olarak elde edilişi gösterilmektedir (Carlos, Bulmaro, Honorato, ve Amparo, 2010).

Türbin verimi 0.7 kabul edildiğinde rüzgârdan alınacak mekanik güç 62,857 kW olarak kabul edilebilir. Bu kapasiteye göre; V_a

maksimum 40 m/s (Aull, Stough ve Cohen, 2020), C_p 0,2 ve ρ hava yoğunluğu 1,225 kg/m³ olmak üzere ünite sayısına göre kapasite, kanat çapı ve dönüş hızları Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 2.Farklı ünite sayıları ile geliştirilen sistem örnekleri (Windlift,2021), (Kitekraft,2021) (Figure2. Examples of systems developed with different unit numbers)

Ünite Sayısı	Güç (kW)	Kanat Çapı (m)	Açısal Hız (rad/s)	Dönüş Hızı (rpm)
2	22	1.146	217,11	2073 ~ 2200
4	11	0.81	307	2931 ~ 3000
8	5.5	0.57	436.3	4166 ~ 4200

Tablo 1.Farklı ünite sayısı ve güçler için hesaplanan dönüş hızları (Table 1. Calculated rotational speeds for different number of units and Powers)

2.2. Generatörün Analitik Modelinin Elde Edilmesi

Bu bölümde makine tasarımı için gerekli denklem seti elde edilmiştir. Kalıcı mıknatıslı generatörün hava aralığında hesaplanan elektromanyetik güç denklemi Denklem 5 ile ifade edilmektedir. Denklemde, E_1 yüksüz ters elektro-motor kuvvet (V), I_1 etkin faz akımı (A) ve P_{em} elektromanyetik güç (W) değerlerini göstermektedir.

$$P_{em} = 3E_1I_1 \quad (5)$$

N_a , (faz başına) sarım sayısı, K_{dp1} sarım faktörü, $B_{\delta 1}$ hava aralığı akı yoğunluğunun birinci harmoniği-temel bileşeni (T), L makinenin eksenel uzunluğu (m) ve n rpm cinsinden optimal hız olmak üzere E_1 back-EMF Denklem 6 ile elde edilir.

$$E_1 = \frac{\pi}{30} N_a K_{dp1} B_{\delta 1} D_{si} L n \quad (6)$$

Makinenin boyutlarını azaltma ve güç yoğunluğunu artırma olanağından ötürü, t makine periyodu ve N_s oluk sayısı olmak üzere $2p = N_s \pm 2t$ oluk/kutup kombinasyonu seçilmiştir (Seo et al., 2013). Oluk/kutup 24/20 veya 48/40 kombinasyonları için sarım faktörü K_{dp1} tek katmanlı sarım şekli için 0.966 ve aynı kombinasyonda çift katmanlı sargıda 0.933 olarak belirlenmiştir (Emetor, 2021).

B_{δ} , hava aralığı akı yoğunluğu radyal bileşeninin analitik olarak elde edilmesi için, yüzey mıknatıslı oluksuz sürekli mıknatıslı makine için türetilen Denklem 7 kullanılmıştır (Zhu, Howe, Bolte, ve Ackermann,1993). Bu denklemde $B_{\delta i}$, B_r ve α_p sırasıyla hava aralığı akı yoğunluğunun i. harmoniği, kalıcı mıknatısın remenans değeri, kutup-yay kutup-adım oranı değerini temsil eder.

$$B_{\delta}(\theta) = \sum_{i=1,3,5,\dots}^{\infty} B_{\delta i}(\theta) = \sum_{i=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4 B_r}{i\pi \mu_r} \sin \frac{i\pi \alpha_p}{2} \frac{ip}{(ip)^2 - 1} \cdot \left\{ \frac{(ip - 1) + 2 \left(\frac{D_r}{D_m}\right)^{ip+1} - (ip + 1) \left(\frac{D_r}{D_m}\right)^{2ip}}{\frac{\mu_{r+1}}{\mu_r} \left[1 - \left(\frac{D_r}{D_{si}}\right)^{2ip}\right] - \frac{\mu_r - 1}{\mu_r} \left[\left(\frac{D_m}{D_{si}}\right)^{2ip} - \left(\frac{D_r}{D_m}\right)^{2ip}\right]} \right\} \quad (7)$$

Makinenin ikincil parametreleri olan b_{sy} stator boyunduruğu kalınlığı, b_{ry} rotor çekirdek kalınlığı ve b_{st} stator dış genişliği kalınlığı hava aralığı akı yoğunluğuna bağlı olarak Denklem 8’de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır (Zhang, Li, Zhang, 2020). Denklemde D_{δ} hava aralığı ortalama çevresel uzunluğu, D_m rotor dış çapını (mıknatıs dahil), D_r rotor çekirdeğinin dış çapını, B_{sm} stator maksimum akı yoğunluğunu, B_{rm} rotor maksimum akı yoğunluğu, γ_s oluk açısı, τ kutup açısını, p kutup çifti sayısını ve q kutup başına oluk sayısını ifade etmektedir.

$$b_{st} = \frac{D_{\delta}}{2B_{sm}} \int_{-\frac{\gamma_s}{2}}^{\frac{\gamma_s}{2}} B_{\delta}(\theta) d\theta$$

$$\begin{cases} b_{sy} = \frac{D_{\delta}}{4B_{sm}} \int_{-\frac{\gamma_s}{2}}^{\frac{\gamma_s}{2}} B_{\delta}(\theta) d\theta & q \leq 1.5 \\ b_{sy} = \frac{D_{\delta}}{4B_{sm}} \int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} B_{\delta}(\theta) d\theta & q > 1.5 \end{cases} \quad (8)$$

$$b_{ry} = \frac{D_{\delta}}{4B_{rm}} \int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} B_{\delta}(\theta) d\theta$$

Elde edilen kesitlere göre A_s oluk alanı hesabı makina geometrisinde elde edilmektedir.

$$A_s = \frac{\pi}{4N_s} (D_{so}^2 - D_{si}^2) - \frac{\pi}{4N_s} \left[D_{so}^2 - (D_{so} - 2b_{sy})^2 \right] - b_{st} (D_{so} - 2b_{sy} - D_{si}) \quad (9)$$

Makine verimliliğinde büyük önem taşıyan ve iletkenin akım taşıma kapasitesi ile sınırlanan J akım yoğunluğu (A/mm²) değeri Denklem 10 ile ifade edilir. K_{cu} oluk alanının doluluk oranını N_s ise toplam oluk sayısını gösterir.

$$J_{cu} = \frac{6N_a I_1}{K_{cu} N_s A_s} \quad (10)$$

Toplam sargı kütlesini tespit edebilmek için sargı sonralarının doğru şekilde hesaplanması önem arz etmektedir. Denklem 11’de y_q bobin adımını temsil etmektedir oluk ve kutup sayısı oranının en yakın tam sayı değeri olarak hesaplanır. Stator dışının yarı yüksekliğinde ölçülen oluk aralığı p'_s , Denklem 12’de gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır. Burada h_t oluk yüksekliği olup tasarım boyunca Denklem 8 ile üretilen b_{st} stator dış kalınlığının iki katı kabul edilmiştir. L_{ew} sargı sonu uzunluğu nihai olarak Denklem 13 ile elde edilir ve sargı kütlesinin hesabında eksenel uzunluğa ilave edilerek kullanılır (Bianchi, Bolognani, ve Frare, 2006).

$$y_q = \text{Int} \left(\frac{N_s}{2p} \right) \quad (11)$$

$$p'_s = \pi (D_{si} + h_t) / N_s \quad (12)$$

$$L_{ew} = \frac{\pi p'_s + b_{st}}{2} \quad (13)$$

Makinenin aktif malzeme kütlesi Denklem 14 ile gösterilmiştir. Makine geometrisinden yararlanılarak elde edilen kütle değerleri Denklem 15-18 takımıyla bulunur. Sırasıyla m_{sc} stator, m_{ry} rotor, m_{mag} mıknatıslar, m_{cu} bakır sargıların ağırlıklarının karşılığıdır.

$$m_{\text{toplam}} = m_{sc} + m_{ry} + m_{mag} + m_{cu} \quad (14)$$

$$m_{sc} = \rho_{sc} L \left[\frac{\pi}{4} (D_{so}^2 - D_{si}^2) - N_s A_s \right] \quad (15)$$

$$m_{ry} = \frac{\pi}{4} \rho_{ry} L \left[D_r^2 - (D_r - 2b_{ry})^2 \right] \quad (16)$$

$$m_{cu} = \rho_{cu} A_s K_{cu} N_s (L + l_{ew}) \quad (17)$$

$$m_{mag} = \frac{\pi}{4} \alpha_p \rho_{mag} L (D_m^2 - D_r^2) \quad (18)$$

Generatörün verimi bakır ve demir kayıpları ile hesaplanmıştır. P_{cu} bakır kaybı Denklem 19'da gösterildiği şekilde I_{ph} faz akımı ve R_{ph} bir faz direnci ile elde edilebildiği gibi J_{cu} akım yoğunluğu ve sargıların hacmine bağlı olarak ifade edilebilir (Adhikari, Panda, 2015). Analitik modelde akım yoğunluğu üzerinden bakır kaybı elde edilmiştir. Bakırın iletkenlik değeri σ_{cu} 58,7M Siemens/m alınmıştır. Denklem 20'de ise demir kayıplarının bileşenleri gösterilmiştir. Histerezis ve nüve kayıp katsayıları; K_h histerezis kayıp katsayısı, K_c girdap akımları kayıp katsayısı, K_e ek girdap kayıp katsayısı olmak üzere statorda kullanılan M19 elektriksel çelik malzemesi için sırasıyla 164,2, 2,5, 1,79322 kabul edilmiştir (Tarımer, Arslan ve Güven, 2012). Ayrıca B_{max} , statordaki maksimum akı yoğunluğunu, f Hz cinsinden makina frekansını ve V_{sc} stator demir hacimini m^3 olmak üzere temsil etmektedir.

$$P_{cu} = 3I_{ph}^2 R_{ph} = J_{cu}^2 V_{cu} / \sigma_{cu} \quad (19)$$

$$P_{ir} = (K_h B_{max}^2 f + K_c (B_{max} f)^2 + K_e B_{max}^2 f^2) V_{sc} \quad (20)$$

$$P_{kayıp} = P_{cu} + P_{ir} \quad (21)$$

Giriş gücü kayıpların P_{em} güce ilave edilmesi ile Denklem 22'de gösterildiği gibi bulunur ve Generator verimi η_g , hesabı giriş gücün çıkışa oranıyla Denklem 23'teki gibi hesaplanır. Nihai güç/ağırlık oranı (P/W) ise Denklem 24'te gösterilmiştir.

$$P_{giriş} = P_{em} + P_{kayıp} \quad (22)$$

$$\eta_g = \left(\frac{P_{giriş}}{P_{em}} \right) \times 100 \quad (23)$$

$$P/W = \frac{P_{em}}{m_{\text{toplam}}} \quad (24)$$

Analitik modelde seçilen malzemelere ait karakteristik bilgiler Tablo 2'de yer almaktadır.

Kısım	Malzeme	Kütle Yoğunluğu (kg/m ³)
Stator	M19-29	7650
Rotor	M19-29	7650
Mıknatıs	NdFe35	7400
Sargı	Bakır	8900

Tablo 2. Seçilen malzemeler ve özellikleri (Table 2. Selected materials and their properties)

2.3. Optimizasyon

Üretilen analitik model Matlab yazılımında Genetik Algoritma Çok Amaçlı Optimizasyon çözücüsü ile optimize edilmiştir. Tasarım kriterleri Tablo 3'te gösterildiği gibidir. Modelde R_{si} stator iç yarıçapı, g hava aralığı yüksekliği, h_m mıknatıs kalınlığı ve L makinenin aksel uzunluğu değişken olarak belirlenmiştir. Denklem seti toplam kütle minimize ederken verimliliği maksimize edecek şekilde çok amaçlı bir optimizasyon problemi elde edilmiştir.

Generatör Tasarım Parametreleri			
Ünite Sayısı	Güç (kW)	Gerilim (V)	Devir Sayısı (rpm)
2	22	300	2200
4	11	300	3000
8	5.5	300	4200

Tablo 3. Tasarım kriterleri (Table 3. Design criteria)

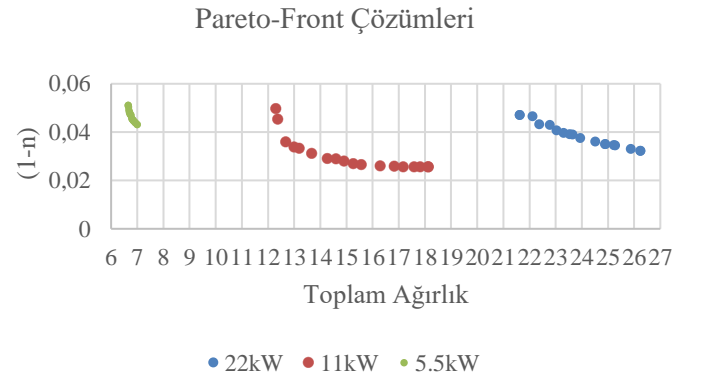
Ayrıca optimizasyonda akım yoğunluğu J_{cu} , tasarımın doğal soğutmalı olması sebebiyle kısıt olarak uygulanmıştır. Değişkenlere ve kısıta dair sınır değerleri Tablo 4'te gösterilmiştir.

Değişken	Alt sınır	Üst Sınır	Birim
R_{si}	10	300	mm
h_m	2	8	mm
g	0,1	1,5	mm
L	10	60	mm
Kısıt			
J_{cu}	3	5.5	A/mm ²

Tablo 4. Optimizasyon değişken ve kısıt sınırları (Table 4. Optimization variable and constraint limits)

Çok amaçlı optimizasyon ile Şekil 3'te yer alan pareto-front çözüm kümeleri elde edilmiştir. Amaç fonksiyonunda verim (1-n) ile ifade edilerek sonuç minimize edilerek verim (n) değerinin maksimize edilmesi sağlanmıştır. Her üç generator için de güç-ağırlık oranını yaklaşık 1kW/kg ve verimin %94-95 civarında olduğu gözlemlenmiştir.

Optimum değişken değerlerinin analitik denklem setinde uygulanması ile belirlenen generatör kesitleri Tablo 5'te gösterilmiştir. Analitik çözüm sonucu oluşan kütle ve verim değerleri Ansys-Maxwell 3D programı ile analiz edilerek sonuçlar çalışmanın bulgular bölümünde tartışılmıştır.



Şekil 3. Pareto-Front çözüm sonuçları (Figure 3. Pareto-Front solution results)

2.4. Elektromanyetik Sonlu Elemanlar Analizi

Elektrik makinalarında kullanılan malzemelerin doğrusal olmayan yapısal özellikleri sebebiyle analitik işlemlerle bulunan tasarım kesitleri sonlu elemanlar analizi yardımıyla gerçeğe en yakın şekilde modellenerek makine performansı analiz edilir. Bu çalışmada da optimizasyonun analitik model üzerinden ürettiği kesitlerle oluşan üç farklı güçteki generatör Ansys-Maxwell 3D yazılımı ile analiz edilmiştir. Şekil 4 sonlu elemanlar analizi ile elde edilen akı ve akım yoğunluğu sonuçları göstermektedir.

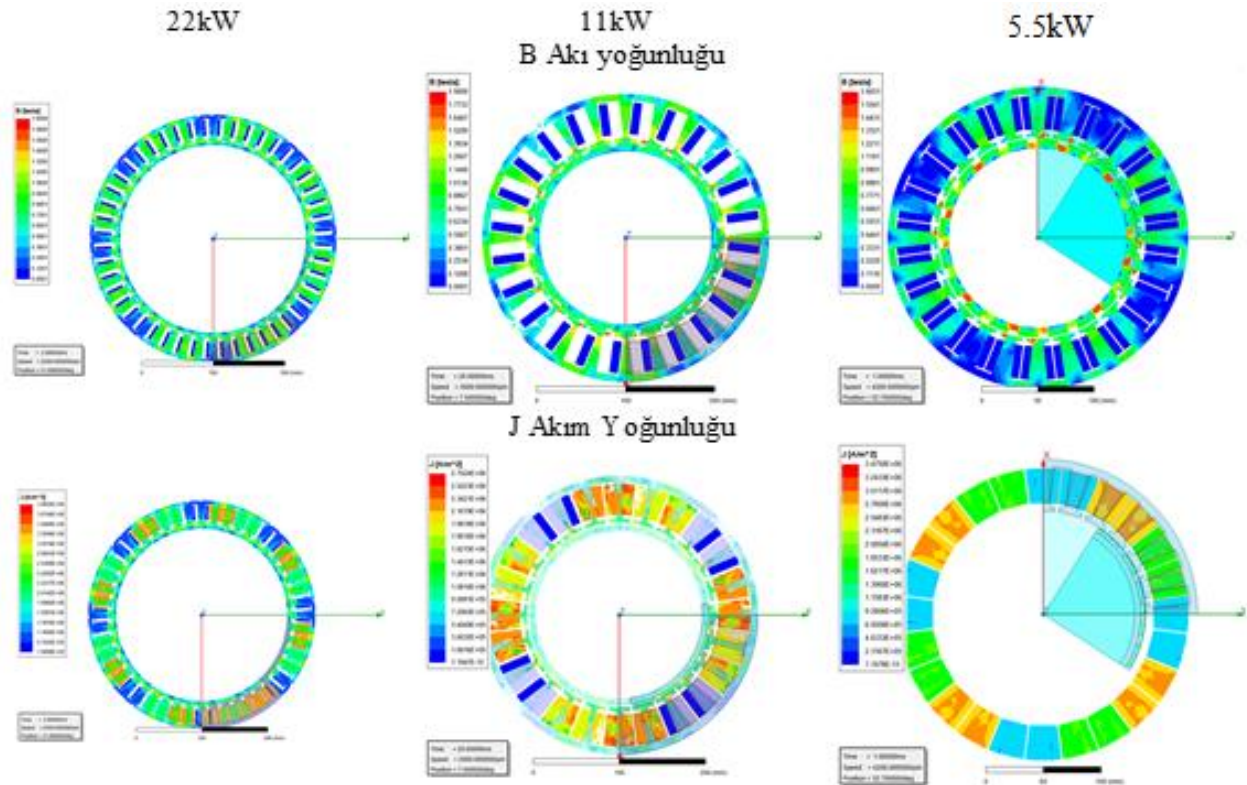
Şekil 4 incelendiğinde 22 ve 11 kW güçlerdeki generatörlerde stator dişleri haricinde optimizasyon ile belirlenen stator ve rotor boyunduruklarında doyum olmadığı görülmektedir. Bununla

birlikte 5.5kW'lık generatörde stator dişlerinin yanı sıra rotor boyunduruğunda dahi doyum gözlemlenmiştir. Analitik optimizasyon modelinin 22 ve 11 kW ölçekli generatörlerde daha doğru sonuç verdiği sonucuna varılmıştır. Aynı şekilde tasarlanan generatörlerin verim tayini için program ile kayıplar tespit edilmiştir. Şekil 5 demir kayıplarını Şekil 6 ise bakır kayıplarını göstermektedir.

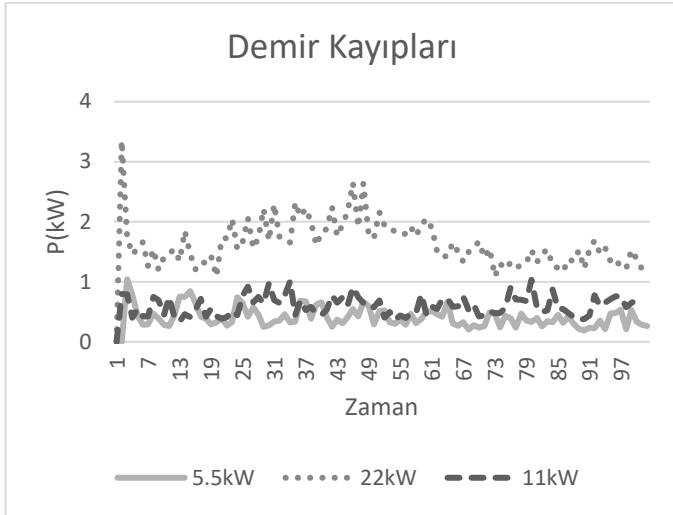
Generatörlerin dönüş hızlarının yüksek olması demir kayıplarını baskın hale getirmiştir. Kayıpların büyük çoğunluğunu her üç generatörde de demir kayıpları oluşturmaktadır. Ancak analitik çözümler, sonlu elemanlar analizi sonucuna göre büyük oranda sapmaktadır. Bu durum kayıp modelinin daha detaylı irdelenmesi ve modellenmesinin gerektiğini göstermektedir.

Simge	Kesit	Units	22kW	11kW	5kW	Simge	Kesit	Units	22kW	11kW	5kW
D _{so}	Stator dış çapı	mm	525,4	326,3	207,8	N _s	Oluk sayısı	mm	48	24	24
D _{si}	Stator iç çapı	mm	416,7	216,9	134,9	P	Kutup sayısı	mm	20	20	20
D _m	Rotor dış çapı	mm	414,7	215,6	134,1	b _{st}	Stator diş kalınlığı	mm	15,5	15,6	12,9
D _{ri}	Rotor iç çapı	mm	396,5	195,9	117,9	b _{ry}	Rotor boyunduruk kalınlığı	mm	6,7	6,8	5,6
L	Eksenel uzunluk	mm	34,1	32,9	38,8	b _{sy}	Stator boyunduruk kalınlığı	mm	7,8	7,8	6,4
h _m	Mıknatıs yüksekliği	mm	2,5	3	3,6	h _t	Oluk yüksekliği	mm	38,8	46,9	26
g	Hava aralığı yüksekliği	mm	0,98	0,65	1,1894	w _t	Oluk genişliği	mm	14,8	25,8	15,7

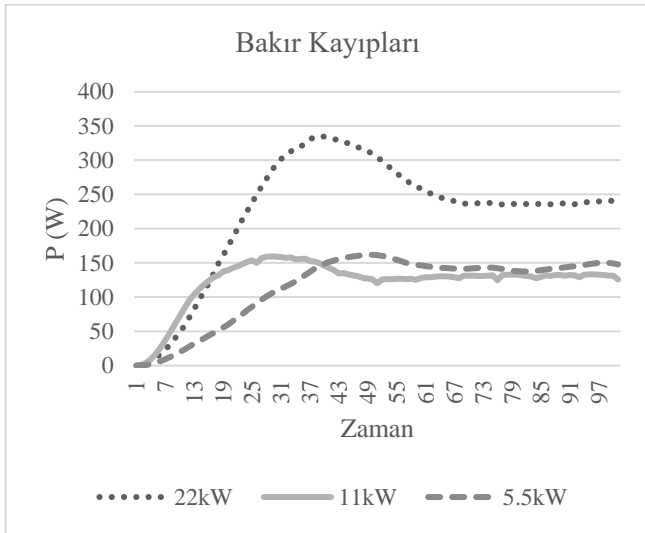
Tablo 5. Optimizasyon sonucu elde edilen kesit değerleri (Table 5. Cross-section values obtained as a result of optimization)



Şekil 4. Farklı güçlerde tasarlanan generatörlerin SEA sonuçları (Figure 4. FEA results of generators designed at different powers)



Şekil 5. Demir kayıpları (Figure 5. Iron Losses)



Şekil 6. Bakır kayıpları (Figure 6. Copper Losses)

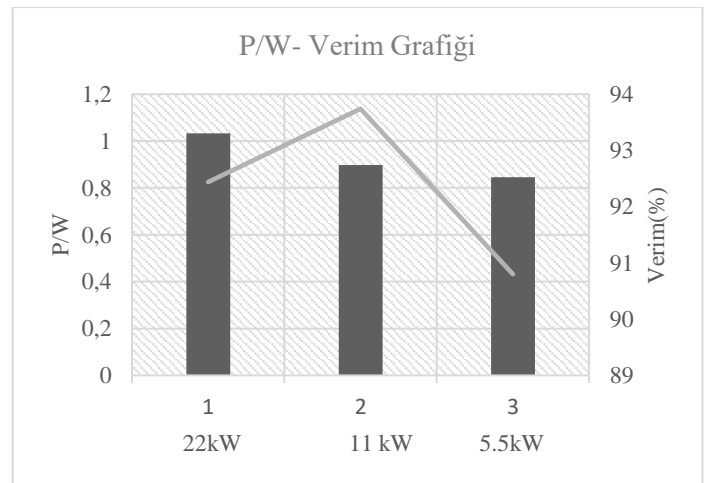
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu bölümde analitik çözümler ve sonlu elemanlar analiziyle bulunan sonuçlar arasındaki sapmalar irdelenmiştir. Her üç generatör için de ağırlık hesaplamaları toplamalarında %5'i geçmemiştir. Aynı şekilde verim hesaplamalarındaki sapma da 5.5kW'ta maksimum %4.71 olduğu görülmüştür. Fakat kayıp değerleri özellikle demir kayıplarında makul sınırların dışında kalmıştır. Sapmaların kaynakları araştırılarak analitik modelde kayıpların tayininde kullanılan katsayılar ile kesitlerin hesaplanmasında kullanılan denklemler irdelenerek güncellenmesi gerektiği anlaşılmıştır.

Çalışmanın son aşamasında elde edilen üç farklı generatörün nihai ağırlık-güç oranı ve verim karşılaştırılması yapılmıştır. Şekil 7'de yer alan sonuçlara göre P/W oranında en yüksek değer 22kW'lık generatöre aitken verim açısından en başarılı 11kW'lık generatör olmuştur.

22 kW			
	Analitik	Maxwell 3D	Sapma (%)
m_{sc}	12,33	13,13	6,11
m_{ry}	2,20	2,18	1,06
m_{Cu}	6,45	5,33	20,95
m_{mag}	0,64	0,65	1,60
m_{toplam}	21,63	21,30	1,53
P_{Cu}	332,22	240,00	38,43
P_{ir}	753,32	1560,00	51,71
Toplam Kayıp	1085,50	1800,00	39,69
Verim	95,30	92,44	3,10
11 kW			
m_{sc}	5,66	5,54	2,14
m_{ry}	1,09	1,10	0,55
m_{Cu}	5,23	5,22	0,23
m_{mag}	0,39	0,39	0,85
m_{toplam}	12,38	12,25	1,04
P_{Cu}	192,82	133,33	48,32
P_{ir}	329,51	598,80	44,97
Toplam Kayıp	522,33	727,50	28,20
Verim	95,47	93,79	1,79
5,5 kW			
m_{sc}	3,41	3,51	2,75
m_{ry}	0,57	0,54	5,96
m_{Cu}	2,40	2,20	8,98
m_{mag}	0,28	0,25	13,29
m_{toplam}	6,67	6,50	2,56
P_{Cu}	105,74	143,85	26,50
P_{ir}	178,93	410,30	56,39
Toplam Kayıp	284,66	554,15	48,63
Verim	95,08	90,80	4,71

Tablo 6. Analitik ve sonlu elemanlar çözümleri karşılaştırılması (Table 6. Comparison of analytical and finite element solutions)



Şekil 7. P/W ve verim karşılaştırması (Figure 7. P/W- efficiency comparison)

4. Sonuç

Bu çalışmada yeni bir konsept olan havai rüzgâr enerji sistemleri için 44kW gücün üç farklı güçteki generatör ile karşılanması durumunda oluşacak ağırlık-güç oranı ve verimler irdelenmiştir. Matlab ortamında optimize edilen analitik model sonucu üretilen tasarımlar sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak Ansys Maxwell 3D yazılımı ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak güç/ağırlık (P/W) oranları; 22kW için 1.03 kW/kg 11kW için 0.89 kW/kg ve 5.5kW içinse 0.84 kW/kg, verim değerleri ise sırasıyla %92,44, %93,79, %90 olarak bulunmuştur. Generatörlerin hava aracına aerodinamik etkileri ve sistem güvenliği gibi parametreler ihmal edildiğinde yüksek güçlü generatörün verimli ve gücüne göre daha hafif olması sebebiyle tercih edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Kaynakça

- Adhikari, J., & Panda S. K. (2015). Generation and Transmission of Electrical Energy in High-Altitude Wind Power Generating System. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 3 (2). <https://doi.org/10.1109/JESTPE.2015.2388702>
- Airborne Wind Europe. (2021, November 12). About Airborne Wind Energy. <https://airbornewindeurope.org/about-airborne-wind-energy/>
- Aull, M., Stough, A., & Cohen K. (2020). Design Optimization and Sizing for Fly-Gen Airborne Wind Energy Systems. *Automation*, 1 (1),1–16. <https://doi.org/10.3390/automation1010001>
- Bianchi, N., Bolognani, S., & Frare P. (2006). Design criteria for high-efficiency SPM synchronous motors. *IEEE Trans. Energy Conversion*, 21 (2), 396–404. <https://doi.org/10.1109/TEC.2005.853720>
- Carlos, G. G., Bulmaro, M. G., Honorato, A. C., & Amparo, P. M. (2010). Design of a 3.5 meters rotor two bladed horizontal axis wind turbine. *Proc. 20th Int. Conf. on Electronics, Communications and Computer (CONIELECOMP 2010)*, 247–251. doi: 10.1109/CONIELECOMP.2010.5440758
- Cherubini, A., Papini, A., Vertechy, R., & Fontana, M. (2015). Airborne Wind Energy Systems: A review of the technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, pp. 1461-1476. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.053>
- Emotor. (2021, September 10). Electric motor winding calculator. <https://www.emotor.com/windings/>
- Gammeter, C., Drapela, Y., Tüysüz A., & Kolar J.W. (2015). Weight optimization of a machine for airborne wind turbines. *IECON 2014- 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. <https://doi.org/10.1109/IECON.2014.7048616>
- Kitekraft. (2021, November 12). <https://www.kitekraft.de/>
- Loyd, M. L., (1980). Crosswind kite power. *J. Energy*, 4 (3), 106–111.
- Rancourt, D., Bolduc-Teasdale, F., Bouchard E.D., Anderson, M. J., & Mavris, D. N. (2016). Design space exploration of gyrocopter-type airborne wind turbines. *Wind Energy*, 19 (5), 895–909. <https://doi.org/10.1002/WE.1873>.
- Seo, U.-J., Chun, Y.-D., Choi, J.-H., Chung, S.-U., Han, P.-W., & Koo, D.-H. (2013). General characteristic of fractional slot double layer concentrated winding synchronous machine. *Journal of Electrical Engineering and Technology*, 8(2), 282–287. <https://doi.org/10.5370/jeet.2013.8.2.282>

- Subotic, I., Gammeter, C., Tüysüz, A., & Kolar J. W. (2016). Weight optimization of an axial-flux PM machine for airborne wind turbines. *IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES)*. <https://doi.org/10.1109/PEDES.2016.7914327>
- Tarimer, İ., Arslan, S., & Güven, M. E. (2012). Investigation for Losses of M19 and Amorphous Core Materials Asynchronous Motor by Finite Elements Methods. *Elektronika Ir Elektrotehnika*, 18 (9). <https://doi.org/10.5755/j01.eee.18.9.2797>
- Windlift. (2021, November 12). Airborne Power Generators. <https://windlift.com/>
- Zhang, X., Li, L., & Zhang, C. (2020). Mass Optimization Method of a Surface-Mounted Permanent Magnet Synchronous Motor Based on a Lightweight Structure. *IEEE-Access*, 8, 40431-40444. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2974908>
- Zhu, Z. Q., Howe, D., Bolte, E., & Ackermann B. (1993). Instantaneous magnetic field distribution in brushless permanent magnet DC motors. I. Open-circuit field. *IEEE Trans. Magn.*, 29 (1), 124-135. <https://doi.org/10.1109/20.195559>



Genel Hizalama İndeksi Yöntemiyle 2 Boyutlu Saf Fermiyonik Modelde Kaosun İncelenmesi

Beyrul Canbaz^{1*}

^{1*} İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-5633-2296), beyrul.canbaz@yeniyuzuyil.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 24 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 25 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1043746)

ATIF/REFERENCE: Canbaz, B., (2022). Genel Hizalama İndeksi Yöntemiyle 2 Boyutlu Saf Fermiyonik Modelde Kaosun İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 161-166.

Öz

Thirring model 2 boyutlu konformal invariant saf fermiyonik bir modeldir. Bu modelde Heisenberg yaklaşımı kullanılarak spinör tipi instantonlara karşılık gelen çözümler elde edilmiştir. Instantonlar standart modelde kuantum alan teorisi bağlamında var olan klasik topolojik çözümlerdir. Instantonlar farklı vakumlar arasındaki tünellemeye karşılık geldikleri için kuarkların parçacıklar içinde hapsolmesini açıklamada önemli bir rol oynar. Bu çalışmada Thirring modelden yararlanarak elde edilen spinör tipi instanton çözümlerinin dinamiği hakkında daha fazla bilgi elde etmek amaçlanmaktadır. Spinör tipi instanton çözümleri lineer olmayan çözümlerdir. Düzenli ve kaotik hareketi hızlı bir şekilde ayırt edebilmesi ve yarı periyodik hareketin meydana geldiği torusun boyutsallığını belirlemesi Genelleştirilmiş Hizalama İndeksi (Generalized Alignment Index) yöntemini diğer yöntemlere göre öne çıkarmaktadır. Bu çalışmada GALI yöntemi kullanılarak spinör tipi instanton çözümlerinin kaotik davranışı karakterize edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Instanton, Spinör, Kaos, Lineer Olmayan Sistemler, Genelleştirilmiş Hizalama İndeksi.

Investigation Chaos by General Alignment Index Method in 2D Pure Fermionic Model

Abstract

The Thirring model is a 2D conformal invariant pure fermionic model. In this model, solutions corresponding to spinor type instantons are obtained by using Heisenberg ansatz. Instantons are classical topological solutions that exist in the context of quantum field theory in the standard model. Since instantons correspond to tunneling between different vacuums, they play an important role in explaining the entrapment of quarks within particles. In this study, it is aimed to get more information about the dynamics of spinor type instanton solutions obtained by using the Thirring model. Spinor-type instanton solutions are non-linear solutions. The ability to quickly distinguish between regular and chaotic motion and determine the dimensionality of the torus in which quasi-periodic motion occurs makes the Generalized Alignment Index method stand out compared to other methods. In this study, the chaotic behavior of spinor-type instanton solutions is characterized using the GALI method.

Keywords: Instanton, Spinor, Chaos, Nonlinear Dynamics, Generalized Alignment Index.

* Sorumlu Yazar: beyrul.canbaz@yeniyuzuyil.edu.tr

1. Giriş

Solitonlar instantonlara yakından ilgili olan, sonlu enerjili ve kuantum durumları önemli topolojik klasik konfigürasyonlardır. İntantonlar ve solitonlar, topolojik yükler olarak bilinen bir dizi topolojik değişmez tarafından sınıflandırılır (Fradkin, 2021). Bu topolojik değişmezler genellikle kuantum sapmalarının bir sonucu olarak teoremin eylemine dahil edildiklerinde, teoremin davranışını derinden değiştirirler.

İntantonların klasik olarak topolojik solitonlar olduğu bilinmektedir (Fradkin, 2021). İntantonlar hem küresel simetri teorilerinde hem de ayar teorilerinde ve faz geçişleri teorisinde yol integralinin pertürbatif olmayan tanımında kilit rol oynayan topolojik uyarıları tanımlar (Dunajski, 2010). İntantonlar, sıfır enerji ile sonlu bir etkiye sahip olduklarından, uzay-zamanda farklı topolojilere sahip boşluklar arasında tünel etkisi sağlayan kuantum alanlarının konfigürasyonları olarak da kabul edilmiştir (Belavin ve ark., 1975). Özellikle, instantonların bu özelliği, kuarkların hapsolme problemini yorumlar.

Fiziğin çeşitli alanlarında dinamik sistemler birçok değişik uygulama ile oldukça önemli ve geniş bir araştırma alanı oluşturmaktadır. Birçok dinamik sistemde hareketin düzenli veya kaotik doğasının hızlı ve verimli tespiti yıllar boyunca çok aktif bir araştırma konusu olmuştur. Zaman içinde genişleyen ve gelişen dinamik sistemlerin bir alt alanı olarak kaos algılama yöntemleri ele alınmıştır. Bu çalışmada, kaos tespiti için kullanılan Genelleştirilmiş Hizalama İndeksi (Generalized Alignment Index) (GALI) ile çalışılmıştır. Bu yöntem hızlı ve verimli sonuçlar vermesinden dolayı tercih edilmiştir. GALI, kaotik ve düzenli hareketler arasındaki fark, zayıf kaotik davranışı erken tespit edebilmesi, meydana gelen torusun boyutsallığını belirleyebilmesi gibi özellikler sunar.

GALI, belirli bir yörüngeden birkaç sapma vektörünün evrimini gerektirir. Kullanılan vektörlerin k sayısı, indeksin sırasını, yani $GALI_k$ 'ı tanımlar. Düzenli hareket durumunda $GALI_k$, k için hareketin gerçekleştiği torusun teğet uzayının N boyutundan büyük olmayan, sonunda pozitif bir değer etrafında salınım yaparken, kaotik yörüngeler için katlanarak hızlı bir şekilde sifra yönelir (Skokos ve ark., 2007). Kararlı periyodik yörüngeleri durumunda, $GALI_k$ belirli güç yasalarını izleyerek sıfır olma eğilimindeyken, kararsız periyodik yörüngeler için katlanarak hızlı bir şekilde sıfır olur (Skokos ve Bountis, 2008).

2. Materyal ve Metot

2.1 Thirring Model

Thirring model, iki boyutlu fermiyon-fermiyon etkileşimleri, konformal invariant Lagrange

$$L = i\bar{\psi}\sigma_{\mu}\partial_{\mu}\psi + \frac{g}{2}(\bar{\psi}\psi)^2 \quad (1)$$

denklemleri ile tanımlanır (Thirring, 1958). Burada g pozitif kuplaj sabitidir ve fermiyon alanı $\psi(x)$ 1/2 ölçek boyutuna sahiptir (Akdeniz ve Smailagic, 1979). Hareket denklemi ise,

$$i\sigma_{\mu}\partial_{\mu}\psi + g(\bar{\psi}\psi)\psi = 0 \quad (2)$$

ile verilir. Heisenberg yaklaşımının (Canbaz ve ark., 2012) Öklid konfigürasyonunun kompleks biçimi,

$$\psi = [ix_{\mu}\gamma_{\mu}\chi(s) + \varphi(s)]C \quad (3)$$

denklemleri ile verilir. Burada C keyfi seçilmiş bir spinör sabiti, $\chi(s)$ ve $\varphi(s)$ ise $s = x^2 + t^2$ ($x_1 \equiv x, x_2 \equiv t$)'nin gerçek fonksiyonlarıdır. (3) denklemini (2) denkleminde yerine koyarsak,

$$\chi(s) + s\frac{d\chi(s)}{ds} + \alpha[s\chi(s)^2 + \varphi(s)^2]\varphi(s) = 0 \quad (4a)$$

$$\frac{d\varphi(s)}{ds} - \alpha[s\chi(s)^2 + \varphi(s)^2]\chi(s) = 0 \quad (4b)$$

elde ederiz. Burada $\alpha = g(\bar{C}C)$ yazarsak,

$$i\partial\psi = i\sigma_{\mu}\partial_{\mu}\psi = [-2\chi(s) - 2s\frac{d\chi(s)}{ds} + 2ix_{\mu}\sigma_{\mu}\frac{d\varphi(s)}{ds}]\bar{C}C \quad (5)$$

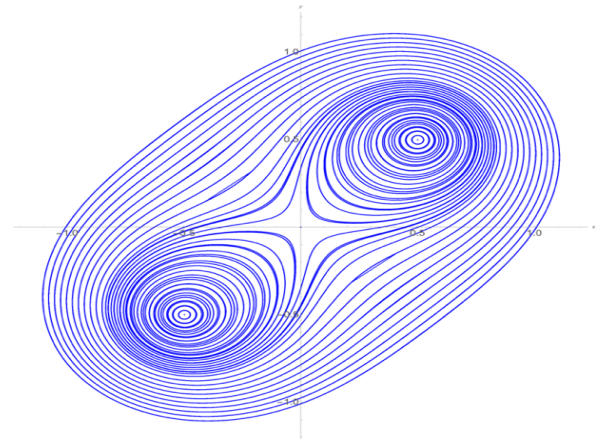
$$(\bar{\psi}\psi) = (s\chi(s)^2 + \varphi(s)^2)(\bar{C}C)$$

buluruz. $\chi = As^{-\sigma}p(t)$ ve $\varphi = Bs^{-\tau}q(t)$ ile $t \equiv \ln s$ ve $\sigma = \tau + 1/2$, $\tau = 1/4$ (Canbaz ve ark., 2012) yazarak, doğrusal olmayan basit diferansiyel denklem sistem çifti (4a) ve (4b) boyutsuz formunu,

$$2\frac{dp(t)}{dt} + \frac{1}{2}p(t) - \alpha AB(p(t)^2 + q(t)^2)q(t) = 0, \quad (6a)$$

$$2\frac{dq(t)}{dt} - \frac{1}{2}q(t) - \alpha AB(p(t)^2 + q(t)^2)p(t) = 0 \quad (6b)$$

elde ettik. Burada p ve q, t'nin boyutsuz fonksiyonlarıdır ve A, B sabitlerdir (Canbaz ve ark., 2012). (6a) ve (6b)'deki denklem sistemine, Thirring doğrusal olmayan diferansiyel denklem sistemi diyoruz. $\beta = \alpha(AB) = 1$ için bu denklem sisteminin çözümü, (Canbaz ve ark., 2012) de verilen Thirring instantonlarıdır. Son zamanlarda, faz uzayında Thirring instantonlarının evriminde kuplaj sabitinin rolü araştırılmıştır (Canbaz ve ark., 2012).



Şekil 1. Thirring instantonlarının çözümlerine karşılık gelen faz diyagramı (Canbaz ve ark., 2012) (Figure 1. Phase diagram corresponding to the solutions of Thirring instantons (Canbaz et al., 2012).)

2.2 Genelleştirilmiş Hizalama İndeksi (Generalized Alignment Index) (GALI)

GALI yönteminde vektör uzayının $2N$ boyutlu uzayında S bir yörüngenin değişimi fark denklemi tarafından yönetilir.

$$\vec{x}(n+1) \equiv \vec{x}_{n+1} = F(\vec{x}_n) \quad (9)$$

Bu durumda, bir \vec{x}_n referans yörüngesine göre bir sapma vektörü $\vec{\omega}(n) \equiv \vec{\omega}_n$ 'nin değişimi, karşılık gelen teğet vektör uzayı tarafından verilir.

$$\vec{\omega}(n+1) \equiv \vec{\omega}_{n+1} = \frac{\partial F}{\partial \vec{x}}(\vec{x}_n) \cdot \vec{\omega}_n, \quad (10)$$

N serbestlik derecesi Hamiltonian akışları ve $2N$ boyutlu vektör uzayı için k ($GALI_k$) düzeyindeki Genelleştirilmiş Hizalama İndeksi, $2 \leq k \leq 2N$, başlangıçta doğrusal olarak bağımsız k sapma vektörlerinin $\vec{\omega}_k(0)$ değişimi yoluyla belirlenir. Taşma problemlerinden kaçınmak için, ortaya çıkan sapma vektörleri $\vec{\omega}_k(t)$ sürekli olarak normalize edilir, ancak yönleri bozulmadan tutulur. Daha sonra, (Skokos ve ark., 2007) 'a göre $GALI_k$, kenarları k birim sapma vektörleri $\hat{\omega}_i(t) = \vec{\omega}_i(t) / \|\vec{\omega}_i(t)\|$, $i = 1, 2, \dots, k$ olan k -paralelkenarının hacmi olarak tanımlanır ve bu vektörlerin vektörel çarpımı ile şu şekilde belirlenir:

$$GALI_k(t) = \|\hat{\omega}_1(t) \wedge \hat{\omega}_2(t) \wedge \dots \wedge \hat{\omega}_k(t)\| \quad (11)$$

ve $\|\cdot\|$ olağan klasik normu gösterir. Bu tanımdan, sapma vektörlerinden en az ikisinin lineer bağımlı hale gelmesi durumunda, denklem (11)'deki vektörel çarpımının sıfır olduğu ve $GALI_k$ 'in ortadan kalktığı açıktır.

Bir N serbestlik derecesi Hamiltonian akışının veya bir $2N$ boyutlu vektör uzayı $2N$ boyutlu faz uzayında S , düzenli yörüngeler, Hamilton akışları için $2 \leq s \leq N$ üzerinde bulunur. Bu tür yörüngeler için, tüm sapma vektörleri, hareketin üzerinde bulunduğu torusun s boyutlu teğet uzayına düşme eğilimindedir. Böylece, $k \leq s$ genel sapma vektörleri ile başlarsak, lineer bağımlı hale gelmeleri için özel bir neden olmadığından bunlar torusun s -boyutlu teğet uzayında lineer olarak bağımsız kalacaktır. Sonuç olarak $GALI_k$ pratik olarak sabit kalır ve $k \leq s$ için sıfırdan farklıdır. Öte yandan, bazı sapma vektörlerinin eninde sonunda lineer bağımlı hale gelmesi gerekeceğinden, $GALI_k$ $k > s$ için sıfır olma eğilimindedir. Özellikle, s -boyutlu teğet uzayı üzerinde uzanan yarı düzenli yörüngeler için $GALI_k$ 'in genel davranışı (Skokos ve Manos, 2016), (Christodoulidi ve Bountis, 2006) ile verilmektedir.

$$GALI_k(t) \propto \begin{cases} \text{sabit} & 2 \leq k \leq s \\ \frac{1}{t^{k-s}} & s < k \leq 2N - s \\ \frac{1}{t^{2(k-N)}} & 2N - s < k \leq 2N \end{cases} \quad (12)$$

Bu tahminlerin yalnızca yukarıda belirtilen koşullar tam olarak karşılandığında geçerli olduğunu unutulmamalıdır. Örneğin, mümkün olan tek torusun bir $s = 1$ boyutlu invaryant eğri olduğu 2 boyutlu vektör uzayı durumunda, teğet uzayı 1 boyutludur. Bu nedenle, $GALI_2$ 'nin davranışı bu durumda tek olası indekstir, denklem (12)'nin üçüncü dalı, yani $GALI_2 \propto 1/t^2$ tarafından verilir, çünkü denklem (12)'nin ilk iki durumu uygulanabilir değildir. Denklem (12)'den, N -boyutlu bir torus üzerinde uzanan normal yörüngelerin düzenli durumu için, $GALI_k$ 'in davranışının şu şekilde verildiğini çıkarıyoruz: (Moges, 2020)

$$GALI_k(t) \propto \begin{cases} \text{sabit} & 2 \leq k \leq N \\ \frac{1}{t^{2(k-N)}} & N < k \leq 2N \end{cases} \quad (13)$$

$GALI_k$ 'in düşük boyutlu tori, yani $k < N$ ile k boyut torus üzerindeki düzenli yörüngeler için davranışının (Manos ve ark., 2012) tarafından verildiğini göz önünde bulundurulmaktadır.

$$GALI_k(t) \propto \begin{cases} \frac{1}{t^{(k-1)}} & 2 \leq k \leq 2N - 1 \\ \frac{1}{t^{2N}} & k = 2N \end{cases} \quad (14)$$

Öte yandan, kaotik bir yörünge için tüm sapma vektörleri, kendilerini maksimum Lyapunov karakteristik üssü tarafından tanımlanan yönde hizalayarak lineer olarak bağımlı hale gelme eğilimindedir ve bu nedenle, bu durumda, $GALI_k$ yasayı izleyerek üssel olarak sıfır olma eğilimindedir (Manos ve ark., 2012)).

$$GALI_k(t) \propto e^{-[(\sigma_1 - \sigma_2) + (\sigma_1 - \sigma_3) + \dots + (\sigma_1 - \sigma_k)]t} \quad (15)$$

Burada $\sigma_1, \dots, \sigma_k$ yörüngenin ilk en büyük k Lyapunov karakteristik üsleridir. Özellikle $k = 2$ olduğunda, $GALI_2$ aşağıdaki gibi katlanarak hızlı bir şekilde sıfırlanma eğilimindedir:

$$GALI_2(t) \propto e^{-(\sigma_1 - \sigma_2)t} \quad (16)$$

$GALI_2$ 'nin 2 boyutlu eşleştirmelerde düzenli yörüngeler için davranışı özel dikkat gerektirir. Bu durumda hareket 1 boyutlu torus üzerinde mevcut olduğundan, iki sapma vektörü yine 1 boyutlu olan bu torusun teğet uzayına düşme eğilimindedir. Böylece iki vektör sonunda kaotik yörüngelerde olduğu gibi lineer olarak bağımlı hale gelecektir, ancak bu (Skokos ve Manos, 2016) tarafından verilen farklı bir zaman oranı ile olur.

$$GALI_2(n) \propto \frac{1}{n^2} \quad (17)$$

Burada n yineleme sayısıdır. $GALI_k$ değerini hesaplamının etkili bir yolu, sütunlar olarak k birim vektör

$$\hat{\omega}_i(t) = \frac{\omega_i(t)}{\|\omega_i(t)\|} = (\hat{\omega}_{i,1}, \hat{\omega}_{i,2}, \dots, \hat{\omega}_{i,2N})$$

koordinatlarını içeren matrisin Tekil Değer Ayrışımı (TDA) yolu ile gerçekleşir (Christodoulidi ve Bountis, 2006)

$$A = (\hat{\omega}_1 \ \hat{\omega}_2 \ \dots \ \hat{\omega}_k) = \begin{pmatrix} \hat{\omega}_{1,1} & \hat{\omega}_{2,1} & \dots & \hat{\omega}_{k,1} \\ \hat{\omega}_{1,2} & \hat{\omega}_{2,2} & \dots & \hat{\omega}_{k,2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{\omega}_{1,2N} & \hat{\omega}_{2,2N} & \dots & \hat{\omega}_{k,2N} \end{pmatrix} \quad (18)$$

Bunun sonucunda, $GALI_k$ değerinin şu şekilde verilebileceği görülmektedir:

$$GALI_k(t) = \sqrt{\det[A(t).A^T(t)]} \quad (19)$$

Burada ' $\det(A)$ ' bir A matrisinin determinantını gösterir. Denklem 19'daki matris çarpımı bir $k \times k$ simetrik pozitif tanımlı matristir.

$$AA^T = \begin{bmatrix} \langle \hat{\omega}_1, \hat{\omega}_1 \rangle & \langle \hat{\omega}_1, \hat{\omega}_2 \rangle & \langle \hat{\omega}_1, \hat{\omega}_3 \rangle & \dots & \langle \hat{\omega}_1, \hat{\omega}_k \rangle \\ \langle \hat{\omega}_1, \hat{\omega}_2 \rangle & \langle \hat{\omega}_2, \hat{\omega}_2 \rangle & \langle \hat{\omega}_2, \hat{\omega}_3 \rangle & \dots & \langle \hat{\omega}_2, \hat{\omega}_k \rangle \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \langle \hat{\omega}_1, \hat{\omega}_k \rangle & \langle \hat{\omega}_2, \hat{\omega}_k \rangle & \langle \hat{\omega}_3, \hat{\omega}_k \rangle & \dots & \langle \hat{\omega}_k, \hat{\omega}_k \rangle \end{bmatrix} \quad (20)$$

i. satır ve j. sütunun her bir elemanı, $\hat{\omega}_i$ ve $\hat{\omega}_j$ birim sapma vektörlerinin iç çarpımıdır, böylece

$$\langle \hat{\omega}_i, \hat{\omega}_j \rangle = \cos\theta_{ij} \quad , \quad i, j = 1, 2, \dots, k, \quad (21)$$

ile verilir. Burada θ_{ij} , $\hat{\omega}_i$ ve $\hat{\omega}_j$ vektörleri arasındaki açıdır. Böylece denklem (20)'nin matrisi şu şekilde yazılabilir:

$$AA^T = \begin{bmatrix} 1 & \cos\theta_{12} & \cos\theta_{13} & \dots & \cos\theta_{1k} \\ \cos\theta_{12} & 1 & \cos\theta_{23} & \dots & \cos\theta_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \cos\theta_{1k} & \cos\theta_{2k} & \cos\theta_{3k} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (22)$$

$GALI_k$ değeri, Denklem (11)'de tanımlanan k sapma vektörlerinin vektörel çarpımının normu ile hesaplanabilir.

$$GALI_k = \left\{ \sum_{1 \leq i_1 < i_2 < \dots < i_k \leq 2N} \left(\det \begin{bmatrix} \omega_{1i_1} & \omega_{1i_2} & \dots & \omega_{1i_k} \\ \omega_{2i_1} & \omega_{2i_2} & \dots & \omega_{2i_k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \omega_{ki_1} & \omega_{ki_2} & \dots & \omega_{ki_k} \end{bmatrix} \right)^2 \right\}^{1/2} \quad (23)$$

Burada toplam, $2N$ dışındaki tüm olası k indeks kombinasyonları üzerinden yapılır. Bu, hesaplamamızda A'nın tüm olası $k \times k$ determinantlarını göz önünde bulundurmamız gerektiği anlamına gelir. Pratik bir bakış açısından bu teknik, denklem (23)'teki çok sayıda determinanttan dolayı birçok serbestlik dereceli sistemler için sayısal olarak verimli değildir. Yine de Denklem (23), (Skokos ve ark., 2007)'da gösterildiği gibi, GALI'nin kaotik ve düzenli yörüngeler için asimptotik davranışının teorik yaklaşımı için idealdir.

Tekil Değer Ayrışımı (TDA) yöntemine (Skokos, ve ark. 2007) göre $2N \times k$ matrisi A^T , $2N \times k$ sütun-ortogonal matris U, $k \times k$ diyagonal matris Z'nin negatif olmayan gerçek sayılarla z_i , $i = 1, 2, \dots, k$ çarpımı olarak köşegeni üzerinde yazılabilir ve $k \times k$ ortogonal matris V'nin transpozisi:

$$A^T = UZV^T \quad (24)$$

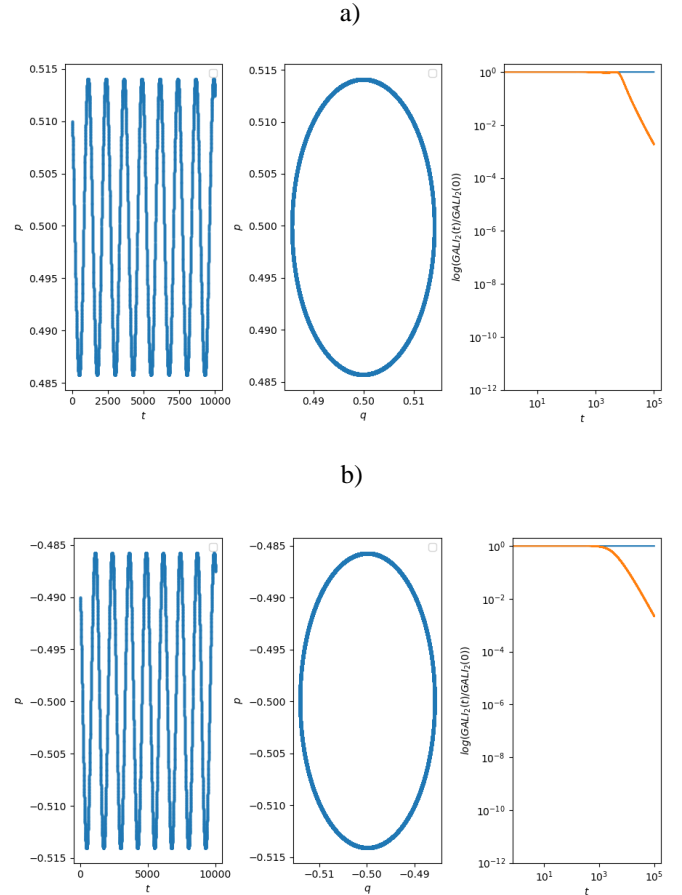
Daha sonra $GALI_k$, denklem (19) ve (24) kullanılarak U ve V ortogonal olduğundan, $U^T \cdot U = V^T \cdot V = I_k$, I_k 'nin $k \times k$ birim matrisi olduğu akıld tutularak hesaplanır. Böylece,

$$\begin{aligned} GALI_k &= \sqrt{\det(AA^T)}, \\ &= \sqrt{\det[(VZ^T U^T) \cdot (UZV^T)]}, \\ &= \sqrt{\det[V \text{diag}(z_i^2) V^T]}, \\ &= \sqrt{\det[\text{diag}(z_i^2)]}, \\ &= \prod_{i=1}^k z_i \end{aligned} \quad (25)$$

Burada z_i , $i = 1, \dots, k$, TDA prosedürü ile elde edilen A'nın sözde tekil değerleridir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

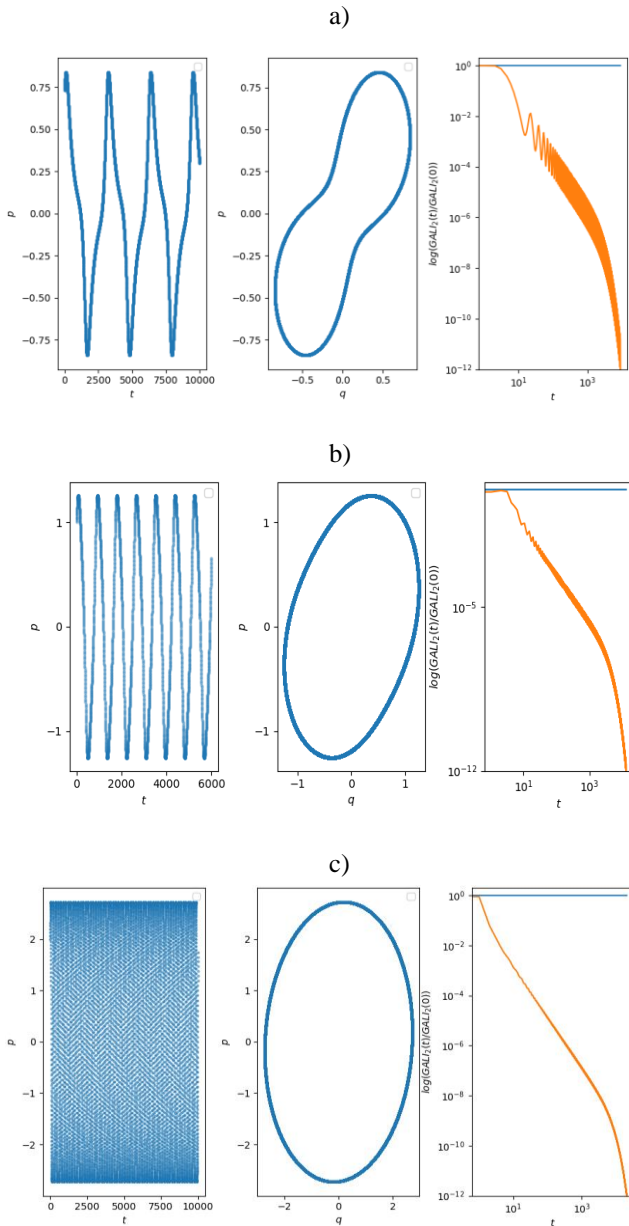
Thirring modele Heisenberg yaklaşımı uygulayarak bulunan spinör tipi instanton çözümleri baz alınarak GALI yöntemi ile yörüngelerin durumu araştırıldı. Şekil 1'deki faz diyagramında görüldüğü gibi denge noktaları (0.5,0.5), (-0.5,-0.5) tir. Kararlı noktalara çok yakın ve biraz daha uzaktaki yörüngelerin durumlarına bakıldı.



Şekil 2. $\beta=1$ sabit değeri; a) başlangıç koşulları (0.51, 0.49); sırasıyla Zaman Serisi, Faz Diyagramı, 10^5 iterasyon sayısına göre $GALI_2$ nin evrimi, b) başlangıç koşulları (-0.49, -0.51); sırasıyla Zaman Serisi, Faz Diyagramı, 10^5 iterasyon sayısına göre $GALI_2$ nin evrimi

(Figure 2. The constant value of $\beta=1$; a) initial conditions (0.51, 0.49); respectively, Time Series, Phase Diagram, evolution of $GALI_2$ according to the number of 10^5 iterations, b) initial conditions (-0.49, -0.51); respectively, Time Series, Phase Diagram, evolution of $GALI_2$ according to the number of 10^5 iterations.)

Şekil 2 de görüldüğü gibi a ve b denge durumları (0.5, 0.5), (-0.5,-0.5) (Canbaz ve ark., 2012) civarında periyodik yörüngelere sahip olduğu gözlenmektedir. Her iki kararlı noktalara yakın durumlarda zaman serisi ve faz diyagramında periyodik olarak hareket ettiği görülmektedir. GALI indisi uzun süre sabit kalmaktadır, sonrasında azalma eylemi göstermektedir. Bu durum denge noktaları etrafında periyodik bir yörüngeye sahip olduğunu sonucunu ortaya çıkarmaktadır.



şirasıyla Zaman Serisi, Faz Diyagramı, 10^5 iterasyon sayısına göre $GALI_2$ nin evrimi. (Figure 3. The constant value of $\beta=1$; a) initial conditions (0.73, 0.73); respectively, Time Series, Phase Diagram, evolution of $GALI_2$ according to 10^5 iteration number, b) initial conditions (1.0, 1.0); Time Series, Phase Diagram, evolution of $GALI_2$ according to 10^5 iteration number, respectively, c) initial conditions (1.99, 1.99); respectively, Time Series, Phase Diagram, evolution of $GALI_2$ according to the number of 10^5 iterations.)

Şekil 3'te görüldüğü gibi a, b ve c denge durumlarından (0.5, 0.5), (-0.5,-0.5) (Canbaz ve ark., 2012) uzaklaştıkça yörüngeler kaotiktir. Zaman serisi ve faz diyagramları net olarak periyodiklik veya kaotiklik hakkında bahsetmek mümkün değildir. a) grafiğindeki GALI indisi bir süre sonra düşmeye başlamıştır. b) grafiğindeki GALI indisi de aynı şekilde bir süre sonra düşmeye başlamıştır. c) grafiğindeki GALI de daha kısa bir süre sonra düşme eylemi başlamıştır. Bu durumlar kaotikliğin göstergesidir (Skokos ve Bountis, 2008). Şekil 3'te denge durumundan farklı 3 başlangıç değerine göre incelendiğinde; denge noktalarından uzaklaştıkça yörüngelerin kaotikleştiği görülmektedir.

4. Sonuç

İnstantonlar uzay-zamanda farklı topolojik vakumlar arasındaki tünellemeyi sağlayan kuantum alan teorisinde parçacık benzeri çözümlerdir. Kuantum ayar teorisinde vakumlar arası tünelleme önemlidir (Shifman, 1994). Bu çalışmada Thirring modele Heisenberg yaklaşımı uygulayarak bulunan spinör tipi instanton çözümlerinin dinamiğini daha iyi anlamak amaçlanmıştır. Bu dinamiği daha iyi anlamak için Genelleştirilmiş hizalama indeksi yöntemi kullanılmıştır. Genelleştirilmiş hizalama indeksi yöntemi yüksek boyutlu sistemlerde olduğu gibi düşük boyutlu sistemlerde de düzenli ve kaotik hareketi araştırmada uygun bir yöntem olarak seçilmiştir.

Daha önceki yapılan çalışmada faz uzayına bakıldı (Canbaz ve ark., 2012). Faz uzayı çekicileri gösterebilmektedir ancak yörüngeler hakkında detaylı bilgi vermemektedir. Zaman serisi ve faz diyagramı yörüngelerin düzenli veya kaotikliği hakkında kesin bir bilgi vermediğinden GALI yönteminden yararlanıldı. GALI yöntemi sayesinde yörüngelerin dinamiği hakkında daha detaylı bilgi verdiğinden bu çalışmada spinör tipi instanton çözümleri yörüngeleri hakkında daha fazla bilgiye sahip olduk. Denge durumu (0.5,0.5), (-0.5,-0.5) civarında düzenli olmasına karşın denge durumundan uzaklaştıkça yörüngeler kaotik olmaktadır.

İki boyutlu konformal invaryant saf fermiyonik spinör tipi instantonların başlangıç koşullarına hassas bağlılığı görülmektedir. Hem düzenli hem de kaotik olması dinamiğinin evriminin kaotik olduğu sonucunu göstermektedir. Bu çalışma kuantum alan teorilerinde vakum durumundaki çözümlerin kaotik özelliklere sahip olduklarına dair bir göstergedir.

5. Teşekkür

Bu taslağı hazırlarken verdiği destek için K. Gediz Akdeniz'e teşekkür ederim.

Şekil 3. $\beta=1$ sabit değeri; a) başlangıç koşulları (0.73, 0.73); sırasıyla Zaman Serisi, Faz Diyagramı, 10^5 iterasyon sayısına göre $GALI_2$ nin evrimi, b) başlangıç koşulları (1.0, 1.0); sırasıyla Zaman Serisi, Faz Diyagramı, 10^5 iterasyon sayısına göre $GALI_2$ nin evrimi, c) başlangıç koşulları (1.99, 1.99); e-ISSN: 2148-2683

Kaynakça

- Akdeniz, K. G., Smailagic, A., (1979). Classical solutions for fermionic models. *Il Nuovo Cimento A*, 51(3), 345–357
- Belavin, A.A., Polyakof, A.M., Schwartz, Schwartz, A.S., Tyupkin Yu.S., (1975). Pseudoparticle solutions of Yang-Mills equations. *Phys. Lett., B*, 59(1), 85-87
- Canbaz, B., Onem, C., Aydogmus, F., Akdeniz, K. G., (2012). From Heisenberg ansatz to attractor of Thirring Instanton. *Chaos, Solitons & Fractals*, 45(2), 188–191
- Christodoulidi, H., Bountis, T., (2006). Low-dimensional quasiperiodic motion in Hamiltonian systems. *ROMAI Journal* 2(2), 37-44.
- Dunajski, M., (2010). *Solitons, Instantons, and Twistors*. Oxford University Press, New York
- Fradkin, E., (2021). *Quantum Field Theory: An Integrated Approach*. Princeton University Press
- Manos, T., Skokos, C., Antonopoulos, C., (2012). Probing the local dynamics of periodic orbits by the generalized alignment index (GALI) method. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 22(9), 1250218
- Moges, H.T., (2020). *Investigating Chaos by the Generalized Alignment Index (GALI) Method*
- Shifman, M., (1994). *Instantons in Gauge Theories*. World Scientific Publishing Company
- Skokos, C., Bountis, T., Antonopoulos, C., (2007). Geometrical properties of local dynamics in Hamiltonian systems: The Generalized Alignment Index (GALI) method. *Physica D*, 231(1), 30-54
- Skokos, C., Bountis, T., Antonopoulos, C., (2008). Detecting chaos, determining the dimensions of tori and predicting slow diffusion in Fermi-Pasta-Ulam lattices by the Generalized Alignment Index method. *The European Physical Journal Special Topics*, 165(1), 5
- Skokos, C., Manos, T., (2016). The Smaller (SALI) and the Generalized (GALI) alignment indices: Efficient methods of chaos detection. *Lect. Notes Phys.* 915, 129
- Thirring W. E., (1958). A Soluble. Relativistic Field Theory *Anal. Phys.*, 3, 91.



Üretim Sistemlerinde Makine Öğrenmesi ile Kestirimci Bakım Uygulaması ve Modellemesi

Hakan Ceyhan^{1*}, Mustafa Cem Kasapbaşı²

^{1*} İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-1776-4827), hakanceyhan83@gmail.com

² İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6444-6659), mckasapbasi@ticaret.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 5 Kasım 2021 ve Kabul Tarihi 3 Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1019210)

ATIF/REFERENCE: Ceyhan, H., Kasapbaşı, M. C. (2022). Üretim Sistemlerinde Makine Öğrenmesi ile Kestirimci Bakım Uygulaması ve Modellemesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (33), 167-175.

Öz

Üretim sistemlerinin verimlilikleri söz konusu olduğunda bakım yaklaşımları son derece önemli bir role sahiptir. Geleneksel bakım yaklaşımları kısıtlı bir başarı sağlamış olsa da günümüz endüstriyel teknolojilerinin özellikle de Endüstri 4.0'ın itici gücü ile birlikte makinelerden belirli standartlar ile veriler gerçek zamanlı okunabilmekte ve bu verilerle makine öğrenmesi (Machine Learning - MÖ) aracılığı ile bakım zamanları optimize edilebilmektedir. Böylece kestirimci bakım anlayışı ile üretim sürecindeki herhangi bir bakım gerektiren arıza önceden öngörülerek bu durum yaşanmadan önüne geçilebilmektedir. Bu çalışmada döküm fabrikasındaki makinede, makine öğrenmesi ile kestirimci bakım uygulamasını gerçekleştirebilmek amacıyla veriler 6 ay boyunca toplanmıştır. Elde edilen veriler ile temel bileşen analizi (Principal Component Analysis - TBA) ve rastgele orman (Random Forest - RO) makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak, sırasıyla denetimsiz ve denetimli olarak bakım zaman tahminleri %85,17 başarı oranı ile gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Makine Öğrenmesi, Kestirimci Bakım.

Predictive Maintenance Application and Modeling With Machine Learning In Production Systems

Abstract

Maintenance approaches have an extremely important role when it comes to efficiency in production systems. Although traditional maintenance approaches have had limited success, with the driving force of today's industrial technologies, especially Industry 4.0, all maintenance data generated on production machines can be collected in real time, and maintenance times can be optimized through machine learning. Thus, with the predictive maintenance approach, any maintenance-required breakdown in the production process can be foreseen and prevented before this situation occurs. In this study, data were collected for 6 months in order to implement predictive maintenance with machine learning on the production machine in the casting factory. With the obtained data, using Principal Component Analysis and Random Forest machine learning methods, unsupervised and supervised maintenance time estimations were performed with an accuracy of 85.17%.

Keywords: Industry 4.0, Machine Learning, Predictive Maintenance.

* Sorumlu Yazar: hakanceyhan83@gmail.com

1. Giriş

Endüstri 4.0 çağında yapay zeka imalat endüstrisini dönüştürüyor. Nesnelerin interneti (Internet of Things - IoT) ve makine öğrenimi yöntemlerinin ortaya çıkmasıyla birlikte üretim sistemleri, insanlar, makineler, sensörler vb. ile gerçek zamanlı iletişim ve iş birliği yoluyla fiziksel süreçler izlenebilir ve akıllı kararlar alınabilir. Yapay zeka, üreticilerin deneyimlerden öğrenen makine öğrenimi teknolojilerini kullanarak ekipman arıza süresinin azaltılmasına, üretim hatalarının tespit edilmesine, minimum duruş süresi sağlayabilmesine ve tedarik zincirini iyileştirebilmesine olanak tanır (Angelopoulos vd., 2020). Bu teknolojilerin son uygulamalarından biri de kestirimci bakım (predictive maintenance) sistemleridir. Tahmine dayalı bakım, üretim ekipmanının bakıma ihtiyaç duyacağı tam zamanı tahmin etmek için endüstriyel IoT teknolojilerini makine öğrenimi ile birleştirerek sorunların çözülmesine ve uyarlanabilir kararların zamanında alınmasına olanak tanır (Carvalho vd., 2019).

Geçmişten günümüze yaşanan endüstriyel devrimler iş süreçlerinin verimliliğini artırmıştır. Büyük bir işgücü ve dolayısıyla düşük üretkenlik gerektiren görevleri yerine getirmede insanın kapasitesini artıran gelişmelere "Endüstri Devrimi" denir (Martins vd., 2020).

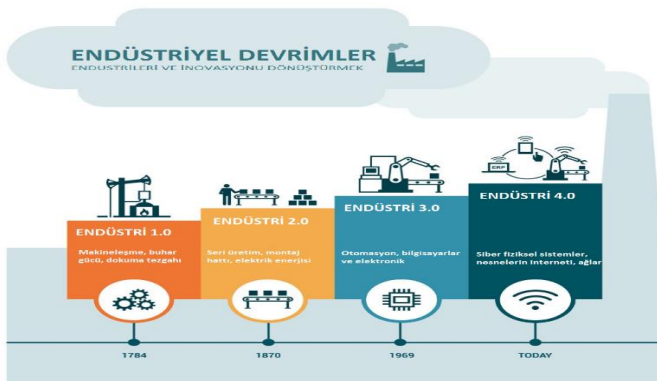
Yeni teknolojileri adapte etme ve kullanma ihtiyacı, endüstriyi yeni bir çağa doğru evrimleştirdi. Veri miktarı, yeni cihazlar, bağlantı teknolojileri, kişiselleştirme ve kontrollü üretim endüstri 4.0 olarak adlandırılan süreci doğurdu. Almanya'da endüstri alanında yenilik ve değişim taleplerini karşılayabilmek için oluşturulan terimin adı "dördüncü sanayi devrimi" olarak ilan edildi (Zonta vd., 2020).

Bu çalışmanın ana amacı, kestirimci bakım benzer modeli ile makine öğrenmesi metodolojisi kullanılarak makinenin sağlık durumunu tespit edebilmektir. Bu sayede makine arızalanmadan önce bir erken uyarı sistemi oluşturularak bakım sayısı ve zamanı optimize edilebilecektir.

Bu çalışmada anlatılacak olan kestirimci bakım sistemini anlayabilmek için endüstriyel devrim dönemleri de sonraki bölümlerde kısaca açıklanacaktır.

1.1. Endüstriyel Devrim Dönemleri

Endüstri, insan gücüne dayalı üretimden, üretim hızlarının ve kalitesinin arttığı çok daha kontrollü olduğu bugünün şartlarına ulaşırken aşağıdaki dönemlerden geçmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Endüstriyel Devrimler (Figure 1. Industrial Revolutions) (Agrawal, 2017)

Endüstri 1.0 (18. Yüzyıl)

Su ve buhar enerjisi ile çalışan mekanik üretim sistemlerinin ilk örnekleri ortaya çıkmıştır.

Endüstri 2.0 (20. Yüzyıl Başlangıcı)

İlk üretim hatlarının kurulduğu, iş bölümüne dayalı, elektrik enerjisinden faydalanılan kitlesel üretimin devreye girişi başlamıştır.

Endüstri 3.0 (1970'lerin Başı)

Otomasyon dönemini başlatan, ilk programlanabilir mantıksal denetleyicilerin (PLC) kullanıldığı, elektronik ve bilgi teknolojilerinin devreye girişi bu yıllardan sonra başlamıştır.

Endüstri 4.0 (21. Yüzyıl)

Otonom makineler, siber fiziksel sistemler, yatay dikey entegrasyon, nesnelerin interneti, makine öğrenimi, büyük veri ve analitiği, bulut bilişim, artırılmış gerçeklik, siber güvenlik, 3D yazıcılar bu son endüstriyel devrimin ürünleri olarak gösterilebilir.

Özellikle günümüzde endüstri 4.0 ile birlikte çeşitli alanlarda benzeri görülmemiş teknolojik ve bilimsel gelişmeler yaşanmaktadır. Bu gelişmeler ile birlikte nihai amaç iş süreçlerinin verimliliğini artırmaktır. Bilgiye erişim şekillerinde de değişiklik olmuş, çok çeşitli kaynaklardan (sensörler, akıllı kontrol sistemleri, giyilebilir teknolojiler vb.) çok daha hızlı bir şekilde veri toplanabiliyor olmasına rağmen artık daha karmaşık bir yapıya bürünmüştür. Bu karmaşık ve büyük verinin anlamlı bir hale getirilebilmesi amacıyla işlenmesi, günümüzde verimliliği artırmak için gerekli olan önemli parametrelerden biri haline gelmiştir. Özellikle sensör teknolojilerinin gelişmesi, makine-makine (M2M), makine-insan (HMI) haberleşmesi ve standartlarının olgunlaşması (OPC UA), nesnelerin interneti, yapay zeka ve büyük veri analitiği ile karmaşık sorunların üstesinden gelinebilmesi sağlanmıştır. Geleneksel bakım süreçleri de bu gelişmelerden nasibini almış, arıza bakım ve koruyucu periyodik bakım dışında makine verilerinin analizinden yola çıkarak arıza oluşmadan önceki sürecin tahmin edilmesiyle kestirimci bakım yapılabilmesi olanaklı hale gelmiştir.

Endüstriyel devrimler, endüstriyel üretkenliği ve karmaşıklığı artırmıştır. Mühendisler, belirli algoritmalarla kontrol edilebilen makineleri performansını iyileştirebilmek amacıyla kendi kendine öğrenebilen ve her geçen gün daha iyiyeye giden makinelerle dönüştürmeyi amaçlarlar. Bu amaç doğrultusunda da, öncelikle fabrikadaki hatlardan/makinelerden makine-makine ve makine-insan arabirimleri aracılığı ile sağlıklı bir şekilde verilerin toplanması ilk adımlardan biridir.

1.2. Haberleşme ve Veri Toplama

Bu çalışmada bahsi geçen döküm fabrikasındaki verileri toplamak için OPC UA haberleşme standardı kullanılmıştır. OPC UA (OLE for Process Control Unified Architecture), ham verilerin ve önceden işlenmiş bilgilerin üretim sahasından üretim planlama sistemlerine güvenilir şekilde taşınabilmesi için geliştirilmiş bir OPC Foundation teknolojisidir (Cavalieri ve Cutuli, 2010).

Günümüzde endüstriyel alanda her türden makineler farklı marka ve model adı altında makine-makine, makine-insan ve CRM (Customer Relationship Management) sistemleri ile sürekli iletişim sağlayabilmeleri gerekmektedir. Bu gereklilik ile her marka ve modelin kendi kapalı devre çözümleri maliyetli ve

sadece ilgili marka ve model için geçerli olmaktadır. OPC Foundation'ın Classic OPC ve OPC UA standartları, makineler arası iletişimi marka modelden bağımsız hale getiren standartlar olarak kabul görmüştür.

1.3. Kalan Faydalı Ömür

Kestirimci bakım, makinenin/ekipmanın belirli bir periyottaki sağlık durumunu tahmin etme süreci olarak tanımlanabilir. Bu tahmini yaparken de makineden sensörler vasıtası ile alınan sıcaklık, basınç, gürültü, titreşim, çekilen akım, ortam sıcaklığı gibi çeşitli verilerin analizinden elde ettiği sonuçları kullanır.

Arıza oluştuğundan sonra yapılan bakımlarda arıza tespiti, bakım süresinin uzayabilmesi, oluşan arızanın bir takım farklı arızaları tetikleyebilmesi unsurlarından dolayı verimliliği olumsuz etkileyebilmektedir. Buna karşılık arıza bakımı en aza indirmek amacıyla arıza oluşmadan önce yapılan periyodik bakımların sıklaştırılması ise toplam bakım süresini artırmakta ve verimliliği düşürebilmektedir. Kestirimci bakım tam da bu noktada yapılması gereken bakımın zamanını tespit etmeyi amaçlamaktadır.

Kestirimci bakımın amacı "Kalan Faydalı Ömür"ü (Remaining Useful Life - RUL - KFÖ) tahmin etmektir. Bu sayede makinenin sağlık durumu tespit edilebilir ve oluşabilecek arızalar önceden tahmin edilebilir. Bunun sonucunda da bakım planlaması yapılarak gereksiz bakımların önüne geçilmiş ve dolayısı ile makine verimliliğine ciddi ölçüde katkı sağlanmış olur.

KFÖ tahmini, makinelerin gelecekteki performansını tahmin etmek ve makinelerin arıza durumuna geçmeden önceki kalan süreyi elde etmek için tahmin yöntemlerini kullanan bir süreçtir (Lei vd., 2016).

KFÖ tahmininde genel olarak 3 model mevcuttur;

- **Hayatta Kalma Modeli:** Tam olarak arıza oluştuğu sıradaki veriler bilindiği takdirde,
- **Bozulma Modeli:** Elde arıza verileri yoksa ancak arızayı işaret eden bir eşik değeri bilindiği takdirde,
- **Benzer Modeli:** Makinenin/ekipmanın sağlıklı çalıştığı bilinen bir t zamanından itibaren arıza oluşuncaya kadar ki süreçte tüm veriler bilindiği takdirde uygulanır (Özkat, 2021).

Bu çalışmada bir döküm fabrikasında bulunan döküm makinesi verileri üzerinde izleme yapılarak elde edilen veriler üzerinde çalışılmıştır. Makinede 8 duruş tanımı mevcuttur.

- 1- Acil Stop
- 2- Termik Attı
- 3- Mikser Motoru Sürücü Arızası*
- 4- Hava basıncı düşük
- 5- Konveyör Arızası
- 6- Malzeme Sıkışması
- 7- Kalıp Bekleme
- 8- Mekanik Arıza

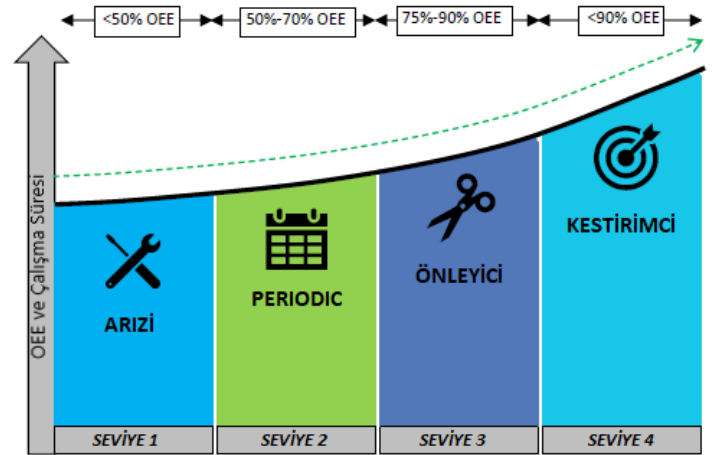
Mikser motoru sürücü arızası dışındaki duruş tanımlarının bir kısmı sistem dışından gelen müdahaleler, bir kısmı da ani oluşan üretim bandı duruşlarından kaynaklanmaktadır. Mikser motoru sürücü arızası karışım materyallerinin zaman içinde mikser ve bağlantı ekipmanlarının içinde akışkanlığını kaybetmesi sonucu oluşmaktadır. Mikser motoru sürücü arızası

oluştığında arıza bakım süresi hem uzun olabilmekte hem de başka mekaniksel arızalara sebebiyet verebilmektedir. Bu da verimliliği ciddi anlamda olumsuz etkilemektedir. Bu yüzden mevcut çalışmada yalnızca mikser motoru sürücü arızasının önceden tespit edilebilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışma 6 bölümden oluşmaktadır. 2. Bölümde bakım yaklaşımları incelenmiştir. 3. Bölümde makine öğrenmesi algoritma çeşitleri ve projede kullanılan makine öğrenmesi algoritmaları hakkında genel bilgiler yer almaktadır. 4. Bölümde projede kullanılan materyaller ve metotlar açıklanmaktadır. 5. Bölümde uygulanan projenin sonuçları irdelenmektedir. 6. Bölümde ise nihai sonuç açıklanmış ve çalışmanın geliştirilmesi ile ilgili tavsiyeler yer almaktadır.

2. Bakım Yaklaşımları

Üretim sistemlerinde verimliliği artırmanın en önemli koşullarından biri üretim sisteminin durmaksızın stabil olarak çalışmasını sağlamaktır. Bu amaçla bakım yaklaşımları hayati öneme sahiptir. Beklenmedik anlarda oluşan arızaların bakımları plansız bakım, arıza oluşmadan önce yapılan ve arızanın önüne geçmeyi amaçlayan bakımlar ise planlı bakımlar olarak ele alınır. Şekil 2'de bakım yaklaşımları ve bu yaklaşımların verimliliğe etkileri gösterilmiştir.



Şekil 2. Bakım Türleri (Figure 2. Types Of Maintenance)
(Çınar vd., 2020)

2.1. Arıza (Düzeltilici) Bakım (Reactive Maintenance)

Arıza bakımında sistem arızalandıktan sonra tekrar çalışır hale gelebilmesi için onarımlar yapılır (Özgür-Ünlüakın vd., 2019). Beklenmedik bir anda oluşan arızadan hemen sonra sistemin tekrar eski durumuna dönebilmesi amacıyla yapılan tamirat ve onarım çalışmalarıdır (Oktar, 2014). Sistemde öncelikle bir arıza veya performans düşüşü beklenir. Bu gerçekleşikten sonra yapılan bakıma arıza veya reaktif bakım denir. Plansız bir bakım türüdür. Bakım maliyeti düşük olsa da yapılan üretime göre meydana gelen arıza süresi göz önüne alındığında genel verimliliği düşürebilir. Arıza oluştuğunda bakıma müdahale ve bakım süresi önemlidir. Tespiti zor bir arıza veya tecrübesiz bakımçıların elinde bakım süresinin uzaması verimliliği olumsuz etkiler. Ayrıca yedek parça ihtiyacı söz konusu olduğunda depoda bu parça bulunmuyorsa tedarik süreci ile birlikte bu süre daha da uzayabilir. Bununla birlikte oluşan arızanın başka arızaları tetikleyebilme ihtimali de vardır.

2.2 Periyodik Bakım

Bu yaklaşımın amacı, arıza oluşmadan önce makinenin arızalanmasına sebep olabilecek bileşenlerinin bakımının yapılmasıdır (Gedikli vd.,2021). Çok sık yapılırsa işletme maliyetlerini artıran gereksiz bakımlara yol açabilir.

Üretim alanlarında bakım planlama biriminin belirlemiş olduğu, yağlama, parça değişimi gibi sistemin genel kontrollerinin yapıldığı düzenli olarak gerçekleştirilen bakımlardır. Sağlıklı bir planlama yapıldığı takdirde endüstride kullanılabilen uygunlukta ve üretimin sürekliliğini artıran bir yaklaşımdır (Calayır vd.,2021).

Endüstriyel ortamlarda en sık görülen bakım stratejilerindedir. Bakımı yapılacak ekipmanın belirli zaman veya üretim periyoduna göre düzenli olarak bakıma alınması esasına dayanır. Bu zaman dilimi hesaplanırken optimum zaman periyodunun belirlenebilmesi için ekipmanın iyi tanınması gerekir. Burada zaman periyodları belirlenirken minimum plansız bakım oluşmasının sağlanmasına gayret edilir. Periyodik koruyucu bakımın uzun aralıklarla yapılması plansız duruşlara neden olacağı gibi, kısa aralıklarla yapılması da bakım maliyetlerinin artmasına sebebiyet verecektir.

2.3 Duruma Dayalı Bakım (CBM)

Duruma dayalı bakımın (CBM) makine bakım stratejisini geliştirmek için etkili bir yöntem olduğu genel olarak kabul edilmektedir. Klasik bir yaklaşım olan arızalandıktan sonra bakım yapılan uygulamalardan, arıza gerçekleşmeden önce önleme yaklaşımına geçiş için etkili bir yöntem olduğu genel olarak kabul edilmektedir. Arıza bakım, sistemde arıza meydana geldiğinde yapılırken, kestirimci bakım, sistemde beklenmeyen arızaları önlemek amacıyla ardışık revizyonları planlamak için istatistiksel makine bilgisini ve operasyonel deneyimi kullanır (Tahan vd., 2017).

Duruma dayalı bakımda makine sürekli izlenir. Belirli parametreler için eşik değerler aşıldığı takdirde bakım yapılır. Periyodik bakımdaki gibi düzenli aralıklarla bakım yapılmaz.

2.4 Önleyici Bakım (Proaktif Bakım)

Arızaların kök nedenlerini tespit etmek ve ortadan kaldırmak için gerçekleştirilen bakım faaliyetidir. Kestirimci bakım ve önleyici bakım tanımları göz önünde bulundurulduğunda, kestirimci bakımın veri odaklı bir strateji olduğu, önleyici bakımın ise model tabanlı bir çözüme odaklandığı söylenebilir (Wang vd., 2020).

Önleyici bakımın amacı arızaya sebebiyet veren etkenleri mümkün olduğunca ortadan kaldırmaya yöneliktir. Tüm arızaların ortadan kalkması pek mümkün olmasa da plansız bakımların sayısını minimuma indirmeye yardımcı olur. Bu tür bir bakımda da önleyici bakımın uygulanabilmesi için yine ekipmanın iyi tanınması gerekmektedir. Örneğin nemden kaynaklı bir arıza oluşması söz konusu ise ekipmanların nemden arındırılması veya çalışma ortamının nem oranının kontrol altına alınması önleyici bakım kapsamındadır.

2.5 Kestirimci Bakım (Predictive Maintenance)

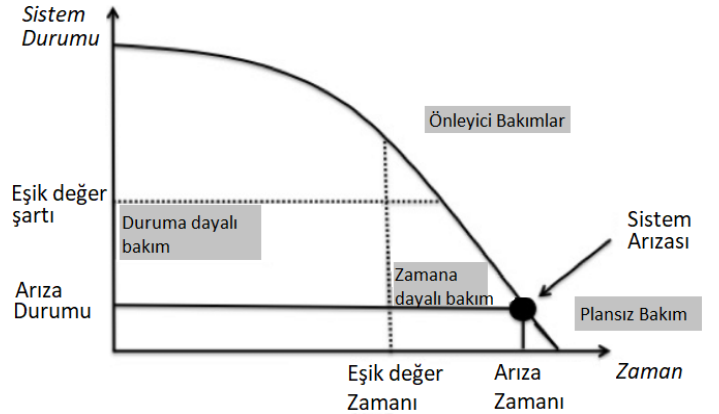
Kestirimci bakım, sistemlerin en olası arıza sonucunu tahmin etmek için verilerin, makine öğrenme tekniklerinin ve istatistiksel algoritmaların kullanılması olarak adlandırılır (Kimera ve Nangolo, 2020). Kestirimci bakım, bir makinenin sağlıklı çalışıp çalışmadığını tahminleme ve sensörler veya akıllı

kontrol cihazları ile elde edilen verileri makine öğrenimi algoritmalarıyla modelleyerek, bakım çalışmaları ile ilgili en iyi kararı verme süreci olarak tanımlanır (Özkat, 2021). Kestirimci bakımın özü, bir sonraki arızayı, arıza meydana gelmeden önce tahmin etmektir (Ayvaz vd.,2021).

Bir ekipmanın sağlık durumuna ilişkin tahmine dayalı olarak bakımının yapıldığı kestirimci bakım sistemleri, geçmiş veriler, tanımlanmış sağlık faktörleri, istatistiksel çıkarım yöntemleri ve mühendislik yaklaşımlarına dayalı tahmin araçları sayesinde, arızaların önceden tespit edilmesine ve arıza öncesi müdahalelere olanak tanır (Çınar vd., 2020).

Periyodik bakımın dezavantajlarından biri ekipmanlar daha uzun süre arızalanmadan işleyişine devam edebilecek ve sistem çalışmasını sürdürebilecek durumda olsa bile bakım yapılmasıdır. Bu da bakım maliyetlerini artırır. Bununla birlikte bakım esnasında üretim yapması gereken hat, bu süreci bakımda geçirdiği için bu hattın verimliliği düşer.

Endüstri 4.0 kavramı ile birlikte makinelerin/hatların gerçek zamanlı olarak izlenebilirliği sağlanabilmektedir. Sensörler aracılığı ile hattın çeşitli bilgileri gerçek zamanlı olarak izlenerek bakım yapılması gerekip gerekmediği öngörülebilir (Bektaş O., 2020). Kestirimci bakımın amacı sensörler aracılığı ile sistemin çeşitli bileşenlerini takip ederek, kalan faydalı ömrü tespit edip bakımın gerekip gerekmediğini öngörmektir. Şekil 3'de sistem şartlarına göre uygulanabilecek bakım türleri ve zamanları gösterilmiştir.



Şekil 3. Önleyici ve Arıza Bakım (Figure 3. Proactive And Reactive Maintenance) (Sirvio, 2015)

3. Machine Learning

Yapay zekanın bir alt dalı olan makine öğrenmesi, doğrudan programlama yapmadan, bunun yerine verilerden sisteme öğrenme ve öğrendiklerini geliştirebilme becerilerini kazandıran bir disiplindir.

Her gün büyük miktarda veri üretilir ve paylaşılır. Anlamli sonuçlar elde etmek için bu kadar büyük miktarda veriyi analiz etmek zahmetli bir iştir ve manuel olarak uygulamaya çalışmak imkansızdır. Verileri analiz ederek geliştirilen yöntemler ile kalıplar bulup buradan anlamli sonuçlara ulaşmak herhangi bir uygulama alanının bilinçli kararlar alabilmesi için gereklilik arz eder. Ancak daha iyi tahminler yapmak için rastgele orman, lojistik regresyon, destek vektör makinesi ve kümeleme algoritması gibi denetimli veya denetimsiz çeşitli makine öğrenme algoritmalarını uygulamak mümkündür (Chazhoor vd., 2020).

Amaca bağılı olarak kullanılabilen 4 farklı makine öğrenmesi yaklaşımı mevcuttur (Masani vd.,2019).

- Denetimli (Supervised) Öğrenme
- Denetimsiz (Unsupervised) Öğrenme
- Yarı-Denetimli (Semi-Supervised) Öğrenme
- Pekiştirmeli (Reinforcement) Öğrenme

Denetimli (Supervised) Öğrenme; makine öğrenimi etiketli veriler kullanılarak gerçekleştirilir. Denetimli makine öğreniminde bağımsız verilerle birlikte bağımlı değişken de verilerek eğitim sağlanır. Oluşturulan bu model daha sonra verilen bağımsız değişkenleri kullanarak hedef değişkeni tahmin eder. Sınıflandırma ve regresyon amaçlı kullanılır. Doğrusal regresyon (lineer regresyon), lojistik regresyon (logistic regression), naïve bayes, destek vektör makineleri (support vector machines), karar ağaçları (decision tree) gibi denetimli makine öğrenmesi algoritmaları mevcuttur.

Denetimsiz (Unsupervised) Öğrenme; etiketlenmemiş, belirsiz veriler üzerinde çalışır. Veriler etiketli olmadığından bu verileri kümeleyerek anlam çıkarmayı amaçlar. K-ortalamlar (k-means), k-en yakın komşu (k-nearest neighbour), apriori algoritması, temel bileşenler analizi (principal component analysis) birer denetimsiz makine öğrenme algoritmalarıdır.

Yarı-Denetimli Öğrenme; denetimli ve denetimsiz öğrenme tekniklerini içerisinde barındırır. Etiketlenmemiş büyük miktarda veri ile birlikte etiketlenmiş küçük miktarda veriyi kullanan bir yaklaşımdır.

Pekiştirmeli (Reinforcement) Öğrenme; deneme yanılma yolunu benimseyerek başarıya ulaşmayı hedefleyen bir yöntemdir. Bu öğrenme biçiminde ajan çevresini ölçebilir ve buna göre bir aksiyon alabilir. Bu aksiyona karşılık bir tepki bekler ve bu tepkiler ödül sistemi içerisinde değerlendirilir. Kazanılan ödül baz alınarak ajan eğitilmiş olur. Ödül-ceza sistemini baz alan bir yaklaşımdır.

3.1. Rastgele Orman (Random Forest)

Bu yöntem, birçok özelleşmiş karar ağacının birleşimi olarak ifade edilebilir. Girdi-çıkı ilişkisi, makine tarafından deneysel veriler yardımıyla belirli güven aralıklarında öğrenilir. Tahmin modelinin başarısı, makine tarafından yeterli öğrenme sağlandıktan sonra doğrulama verilerinin test edilmesiyle belirlenir.

Breiman tarafından önerilen rastgele orman yaklaşımı, birçok karar ağacına sahip bir makine öğrenme algoritmasıdır. Torbalama ve Rastgele Alt Uzaylar yöntemlerinin bir birleşimidir. Bu yöntem son yıllarda hem regresyon hem de sınıflandırma problemlerinde başarısını kanıtlamış ve birçok farklı alanda kullanılan en iyi makine öğrenmesi algoritmalarından biridir. RO algoritmasında veri seti öncelikle, öğrenme eğitim verisi (in-Bag) ve öğrenme düzeyini test etmek için test verisi (out of bag) olmak üzere rastgele iki kısma ayrılır. Daha sonra, veri setinden rastgele birçok karar ağacı oluşturulur. Her ağacın dallanması, düğüm noktalarında rastgele seçilir. RO nihai tahmini, her bir ağaçtan elde edilen tüm sonuçların ortalamasıdır. Bu nedenle, her bir ağaç belirli ağırlıklarda RO tahminini etkiler. Bu yöntemde her ağaç tek tek incelenmez. RO algoritması, alt kümelere rastgele eğitim verisi alma ve rastgele algoritma ile ağaç oluşturma özelliğinden dolayı diğer makine öğrenmesi algoritmalarından daha güçlüdür (Yeşilkanat, 2020).

3.2. Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis)

Birçok özelliğe sahip büyük veri kümelerinde bilgilerin çoğunu korurken bir dizi boyut küçültme tekniği kullanılarak değişkenlerin sayısını azaltmak mümkün olabilmektedir. Bunlar arasında en yaygın kullanılanı temel bileşenler analizidir (TBA) (Lauro ve Palumbo, 2000).

Temel bileşenler analizi, birçok değişkenden oluşan bir veri setinde bulunan bilgiyi daha az değişkenle ve minimum bilgi kaybıyla ifade etmeye çalışan bir tekniktir. Büyük boyutlu veri setleri içindeki boyutsallığı azaltır. Böylece minimum kayıpla boyut indirgenmiş olur. Üç amacı vardır; verilerin boyutunu azaltma, tahminleme, veri seti boyutunu küçülterek analiz yapılması amacıyla görüntülenmektedir.

4. Materyal ve Metot

Teknolojik gelişmeler ile son yıllarda veriye erişim şekillerinde de değişiklikler meydana gelmektedir. Geçmişte sınırlı cihazlardan veri alınabiliyorken, nesnelerin interneti kavramının hayatımıza girişiyle birlikte bugün çok çeşitli cihazlardan veri alınabilmektedir. Sadece kullanıcı girişleri ile elde edilen bilgiler değil, cihazlarla doğrudan haberleşerek gerçek zamanlı bilgiler elde edilebilmektedir. Bununla birlikte cep telefonları, giyilebilir teknolojiler (akıllı saatler, akıllı gözlükler, sensör teknolojileri...) de günlük hayatın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Özellikle endüstriyel ortamlarda sensörler aracılığı ile alınabilen veriler bize geniş bir çalışma alanı sunabilmektedirler.

Bir kestirimci bakım uygulaması yapılabilmesi için öncelikle ilgili makinenin verileri sensörler ve diğer akıllı kontrol sistemlerine erişim aracılığıyla alınabilmelidir. Bu uygulamada döküm makinesinin verilerinin toplanabilmesi için bir Siemens PLC S7-1200 kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan donanım ve yazılımların listesi aşağıdaki şekildedir.

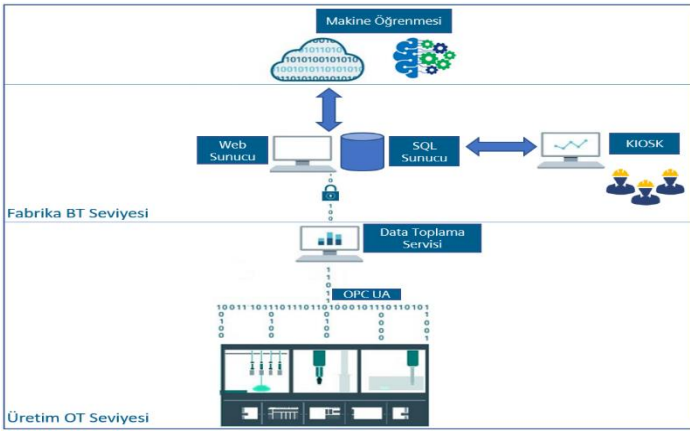
- PLC (Siemens S7 -300, Siemens S7-1200)
- Veri toplama servis yazılımı (Araştırmacı tarafından yazılmıştır.)
- Endüstriyel PC (Data Collection Box PC) Endüstriyel Box PC, Intel® Pentium® N4200 2.5 GHz, 2 HDMI, 2 GbE LANs, 6 USB 12V/36W AC/DC adapter and EU power cord, Win 10 IoT OS
- SQL Server 2018 Professional Edition
- MES (Manufacturing Execution System) arıza tanımlama arayüzü. (Araştırmacı tarafından yazılmıştır.)
- MES bakım arayüzü. (Araştırmacı tarafından yazılmıştır.)

PLC aracılığı ile makinenin bilgileri anlık olarak kaydedildi ve veri seti olarak hazırlandı. Bu çalışmada makineden, çalışma durumu, üretim sayısı (adet), üretim miktarı (kg), ürün üretim süresi, mikser motor durumu, reçete yükleme numarası, mikser motor titreşim, mikser sıcaklık, mikser hızı (rpm), mikser basınç, akım faz1, akım faz2, akım faz3, belirlenmiş 8 adet alarm durumu, tarih/saat gibi bilgiler alınmıştır. Aynı anda birden fazla alarm gelebildiğinden dolayı her alarm tipi için farklı bir alan belirlenmiştir.

Sistemin otomasyon teknolojileri tarafındaki kontrolünden sorumlu cihaz olan PLC S7-300 ile OPC UA aracılığı ile doğrudan haberleşme sağlanamayacağından PLC S7-300 ile

PLC S7-1200 arasında S7 bağlantı protokolü ile haberleşme sağlanmıştır. Yukarıda bu çalışma için ihtiyaç duyulabilecek veriler PLC üzerinden bu haberleşme protokolü ile PLC S7-1200'e taşınmıştır. Şekil 4'de de görüldüğü üzere elde edilen veriler PLC-1200 üzerinde toplanmış ve OPC UA destekli bu PLC (S7-1200) ile haberleşen endüstriyel bir bilgisayar üzerinde çalışan veri toplama servisi aracılığı ile saniyede bir bu veriye erişecek şekilde kodlanarak merkezi sunucu üzerindeki veri tabanına yazılmıştır.

Arıza oluştuğu takdirde makine arıza sebebi sistem tarafından otomatik olarak tespit edilemediyse belirsiz arıza bilgisi bir arayüz aracılığı ile operatörlere iletilir. Bu arayüz hem izleme hem de arıza bilgilerinin girişlerinin yapılabilmesini sağlayabilmektedir. Gelen uyarı ile operatörden bu arızanın sebebinin girilmesi talep edilir. Böylece oluşan duruşların sebepleri de kiosk aracılığı ile operatör tarafından belirlenmiş olur.



Şekil 4.Uygulama Çalışma Şablonu (Figure 4. Architectural Overview)

Veri seti:

16/04/2021-15/09/2021 tarihleri arasında gerçekleşen 3.801.250 satır veriden oluşur. Veri seti özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Veri Seti Özellikleri ve Açıklamaları (Table 1. Dataset)

ObjectID	Satır numarası
Machine_Working	Çalışma durumu
Production_Count	Üretim sayısı (Adet)
Production_Amount	Üretim miktarı (Kg)
Worktime	Ürün üretim süresi (sn)
Engine_Status	Mikser motor durumu
Charge	Reçete yükleme numarası
Mixer_Vibration	Mikser motor titreşim
Mixer_Actual_Temperature	Mikser sıcaklık
Mixer_Working_Speed	Mikser hızı (RPM)
Mixer_Actual_Pressure	Mikser basınç
Current_1	Akım Bilgisi Faz 1
Current_2	Akım Bilgisi Faz 2
Current_3	Akım Bilgisi Faz 3
Alarm_1	Acil Stop
Alarm_2	Termik Attı
Alarm_3	Mikser Motoru Sürücü Arızası
Alarm_4	Hava basıncı düşük
Alarm_5	Konveyör Arızası
Alarm_6	Malzeme Sıkışması
Alarm_7	Kalıp Bekleme
Alarm_8	Mekanik Arıza
Datetime	Tarih/Saat

Veri setimize öncelikle veri ön işleme adımları uygulandı. NULL değer içeren az sayıdaki veri, veri setinden çıkarıldı. Farklı tarih formatları düzenlendi. Makine çalışma saatleri ile uyumsuzluk gösteren veriler kirli veri olarak nitelendirilip veri setinden çıkarıldı. Elde edilen veri setinde, makinenin sağlıklı çalışmaya başladığı durumdan öngörmek istediğimiz arıza verisi gelene kadar ki veri blokları kullanıldı.

Keşirimci bakımda makinenin t anında yalnızca çalıştığı ya da arızalı olduğu bilgisini tahmin edebilmek yeterli değildir. Önleyici tedbirlerin zamanında alınabilmesi için o üretim sisteminin ihtiyaç duyduğu arızaya kalan süreyi doğru tahmin edebilmek gereklidir. Bu nedenle bu problem bir sınıflandırma probleminden ziyade bir regresyon problemi olarak ele alınabilir.

İlgili veri seti hem denetimli hem de denetimsiz makine öğrenmesi algoritmalarından birine ayrı ayrı uygulanmıştır. Literatür taraması sonucu regresyona uygulanabilir olan ve tahmin gücünün yüksek olduğu bilinen denetimli makine öğrenmesi algoritmalarından rastgele orman, denetimsiz makine öğrenmesi tarafında temel bileşen analizi kullanılmasına karar verilmiştir.

Makine çalışma parametreleri 6 ay boyunca izlendi. Bu arızalar gerçekleşinceye kadar ki sağlıklı makine çalışma parametreleri üzerinde çalışıldı.

Temel bileşen analizi tekniği ile 16 özellik içerisinde vibrasyon, akım ve sıcaklık parametrelerinin bilginin %99'unu kapsayan öznitelikler olduğu tespit edilmiştir. Her iki makine öğrenmesi yöntemi için bu 3 özellik dışındaki özellikler elenmiştir.

Rastgele orman modeli ile kullanılan metodolojide, arızanın oluştuğu zaman bilindiği için bu arızaya kadar ki kalan zamanı kalan faydalı ömür olarak hesaplayıp yeni bir sütun olarak veri setimize ekledik. Veri setimizi %54 eğitim (77.487 adet), %46 test (66.052 adet) veri seti olarak ikiye ayırdık. Denetimli makine öğrenmesi algoritmalarından rastgele orman algoritması ile modelimizi oluşturduk. Kalan faydalı ömrü bulmaya odaklı çalışma, alarm tespitine bir regresyon problemi olarak yaklaşabilmemizi sağlamıştır. Böylelikle arızaya ne kadar süre kaldığının tahmini yapılabilmektedir. Model oluşturulurken n_estimators (ağaç sayısı) parametresi olarak 1000 değeri alınmıştır.

Temel bileşen analizi modeli ile kullanılan metodolojide, temel bileşen analizi yardımıyla çalışma koşullarını belirleyen en etkili bileşenler tespit edildi. Burada veriyi en iyi açıklayan bileşenleri bulmak amaçlanmıştır.

Veri seti öznitelik mühendisliği (feature engineering) uygulamak amacıyla pencerelere ayrılır ve her pencere düzeyinde alanların kısa vadeli dağılımını tanımlayan bir dizi istatistiksel nicelik hesaplanır. Bu nicelikler, daha önce Metallinou ve ekibi tarafından sürekli izleme için başarıyla kullanılmış olan 11 fonksiyon; mean, standard deviation, skewness, kurtosis, range, minimum, maximum, first quantile, third quantile, median quantile ve inter-quantile range'den oluşur (Turker vd., 2017).

Veri üzerinde her bir kayıt için kendisinden önce gelen 12 saatin verisine dair istatistikler hesaplanarak mevcut özelliklerde zenginleştirilmeye gidilmiştir. Mean, standard deviation, skewness, kurtosis, range, minimum, maximum, first quantile, third quantile, median quantile ve inter-quantile range

istatistikleri veri setinin özellik bilgilerine ilave edilerek özellik sayısı 3'den 36'ye çıkarılmıştır.

Denetimsiz makine öğrenme algoritmalarında etiketli datalardan bahsedilemediği için veri seti %80 eğitim, %20 test olarak ayrılmış, metrik olarak da denklem (1) deki formül ile ifade edilen kare tahmin hatası (Squared Prediction Error - SPE) kullanılmıştır.

36 özellik arasında TBA uzayında %99 anlamlılık teşkil eden özellik sayısı 3 olarak tespit edilmiştir. TBA hesaplamasında çıkartılan öz vektörler büyükten küçüğe sıralanarak ilk 3 temel bileşen arasından her bir satır için SPE hesaplaması yapılmıştır.

$$SPE = \sqrt{\frac{\sum (y - y_p)^2}{n}} \quad (1)$$

Eğitim verisi içerisindeki SPE değerlerinin ortalaması üzerinden bir üst sınır belirlenmiş, bu üst sınır test veri setinde alarm üst sınırı olarak kullanılmıştır.

5. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

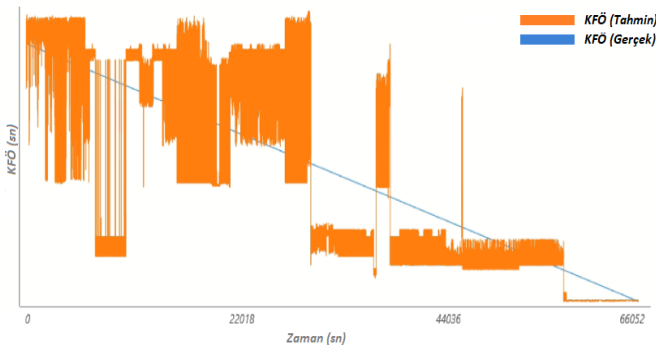
5.1. Random Forest ile Tahminleme Sonucu

Denetimli makine öğrenmesi algoritmalarından rastgele orman kullanılarak önce regresyon uygulanıp daha sonra KFÖ tahminlerini sınıflandırarak kategorik sonuçlar elde edilmiştir. Belirlenen kategoriler işletmenin ihtiyaçlarına göre farklılık gösterebilir. Mevcut işletme için bakım uyarı sistemi içerisinde makinenin arızalanmasına kalan süre için 3 kategori belirlenmiştir.

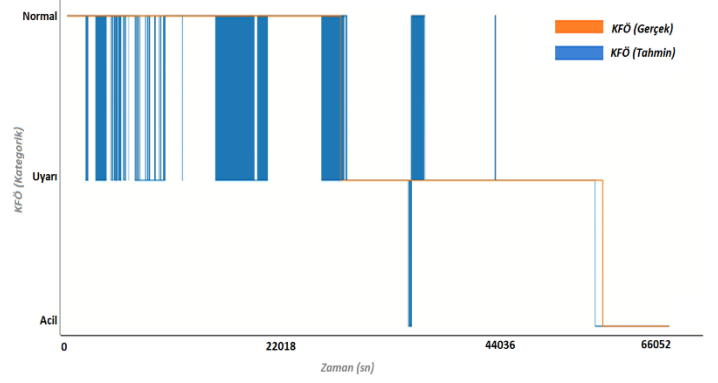
- Normal Çalışma (Arızaya kalan süre 10 saatten fazla)
- Uyarı (2 ile 10 saat arası)
- Alarm (2 saatten az)

Normal çalışma kategorisi; makinenin çalışma parametrelerinde herhangi bir anormallik olmadığını ve bakım gerektirmediğini, uyarı; bakımın yakında gerekli olabileceğini, alarm ise bakımın acilen gerekli olduğunu aksi takdirde mikser motor sürücüsü arızasının gerçekleşebileceğini belirtir.

Şekil 5'de saniye bazında tahmin edilen KFÖ değerleri ile gerçek KFÖ değerleri grafik üzerinde gösterilmiştir. Saniye bazında elde edilen doğruluk değeri (accuracy) %58,02 olmuştur. Bununla birlikte Şekil 6'da gösterildiği üzere tahmin ve gerçek KFÖ değerleri belirlenen kategorilere göre sınıflandırıldığında ise elde edilen doğruluk değeri %85,17'dir.



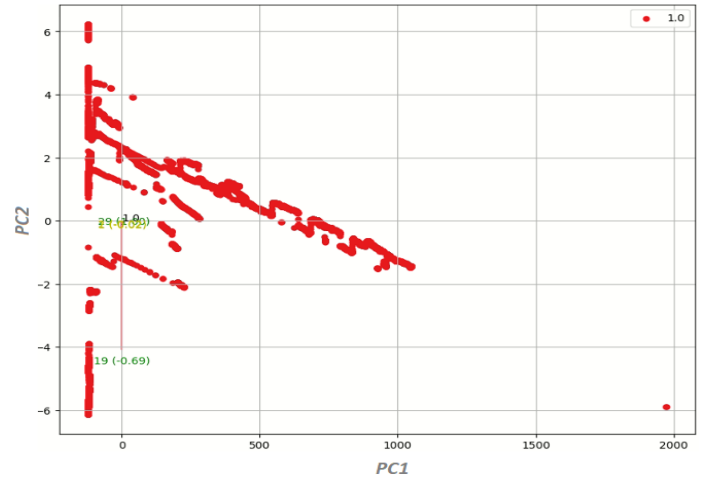
Şekil 5. Gerçek/Tahmin KFÖ Grafiği (saniye) (Figure 5. Truth/Prediction RUL Graph (second))



Şekil 6. Gerçek/Tahmin KFÖ Grafiği (kategorik) (Figure 6. Truth/Prediction RUL Graph (categorical))

5.2. Temel Bileşen Analizi ile Tahminleme Sonucu

Test veri seti modele uygulandığında modelin başarı tespiti için kare tahmin hatası (SPE) metriği kullanılmıştır. SPE metriği ile test verilerinin %73,4'ünde anomali tespit edilmiştir. Şekil 7 arızanın gerçekleştiği ana tekabül eden kayıtların PC1 (Principal Component 1), PC2 (Principal Component 2)'ye göre dağılım grafiğini ifade etmektedir.



Şekil 7. PC1/PC2 Dağılım Grafiği (Figure 7. PC1/PC2 Distribution Graph)

Bu çalışmada kullanılan veri seti, bir veri toplama sistemi ile döküm fabrikasından elde edildiğinden başka çalışmalarla doğrudan bir kıyaslama yapmak mümkün olmamıştır. Buna rağmen aşağıdaki tabloda bu çalışma ile benzer çalışmalarda elde edilmiş olan doğruluk değerlerinin karşılaştırmasına yer verilmiştir.

Tablo 2. Alternatif Çalışmalar ile Doğruluk Değerlerinin Karşılaştırılması (Table 2. Comparison of Alternative Studies and Accuracy Values)

Çalışmalar	Yöntem	Doğruluk Oranı
Mevcut Çalışma	RO	%85,17
Çalışma 1 (Çınar vd., 2020)	RO	%98,8
Çalışma 2 (Tessaro vd., 2020)	RO	%88,75

6. Sonuç

Geleneksel arızı, periyodik ve önleyici bakımlar, üretim endüstrilerinde hala yaygın olarak kullanılan bakım yöntemleridir. Arıza gerçekleşikten sonra arıza tespit süresinin uzun olması, yedek parça gereksinimi söz konusu olduğunda parça işletmede mevcut değilse tedarik süresinin uzayabilmesi, oluşan arızanın zincirleme olarak başka arızaları tetikleme ihtimali gibi unsurlar, bakım maliyetlerini artıran unsurlardır. Bununla birlikte periyodik olarak yapılan bakımların periyotları uzun tutulduğunda arıza bakımının artmasına sebep olduğu gibi, kısa tutulduğunda ise sistem uzun süre sorunsuz çalışabilecekken gereksiz bakımlara ve bu nedenle de üretim verimliliğinin düşmesine sebebiyet vermektedir. Mevzu bahis bakım yaklaşımlarının eksikliklerini gidermek ve bu çalışmada üretim endüstrisinde bakımını optimize edebilmek amacıyla makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak kestirimci bakım yaklaşımı uygulandı. Kestirimci bakım makineye ait verileri sürekli bir şekilde gerçek zamanlı olarak takip ederek değişen koşullara rağmen verimliliği en üst düzeyde tutacak şekilde makine bakımı için en uygun zamanı belirler. Böylece arıza oluşmadan önlem alınabilir ve gereksiz bakımların önüne geçilebilir.

Bu çalışmada, endüstriyel ortamda üretim yapan bir döküm makinesi üzerinde mikser motor sürücü arıza zamanı tahmini için kestirimci bakım uygulaması gerçekleştirildi. Uygulanan modellerin çıktıları göz önüne alındığında, denetimli makine öğrenme modeli rastgele orman ile nispeten daha başarılı sonuçlar elde edildiği gözlemlendi. Bu kapsamda kestirimci bakım uygulamamızın mikser motor sürücü arızasını gerçekleşmeden önce belirlenen kriterlere göre tahmin etme konusunda etkili olduğu söylenebilir. Bu sayede belirtilen arıza gerçekleşmeden önce önlem alınarak arızanın ve üretim verimliliğinin bu durumdan olumsuz etkilenmesinin önüne geçilebilir.

Kestirimci bakım için çalışma yapılacak olan alan ile ilgili veri setleri ve beklentilere göre farklı yaklaşımlar söz konusudur. Dolayısıyla tüm kestirimci bakım uygulamaları için tek bir yaklaşım söz konusu değildir. Bu çalışmada tek bir ürün tipi için farklı duruş sebeplerinden sisteme olumsuz etkileri ve maliyeti çok daha büyük olan mikser motor sürücü arızası gerçekleşme zamanı tahminlemesi üzerinde durulmuştur. Sonraki aşamada veri seti zenginleştirilerek farklı ürün tiplerinde ve farklı arıza tiplerini de tahmin edebilecek makine öğrenmesi modelleri geliştirilebilir.

Kaynakça

- Agrawal, G. (2017). Should India Stay Away from the Fourth Revolution?. Available at SSRN 3084256. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3084256>
- Angelopoulos, A., Michailidis, E. T., Nomikos, N., Trakadas, P., Hatziefremidis, A., Voliotis, S., & Zahariadis, T. (2020). Tackling faults in the industry 4.0 era—a survey of machine-learning solutions and key aspects. *Sensors*, 20(1), 109. <https://doi.org/10.3390/s20010109>
- Ayvaz, S., & Alpay, K. (2021). Predictive maintenance system for production lines in manufacturing: A machine learning approach using IoT data in real-time. *Expert Systems with Applications*, 173, 114598. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114598>

- Bektaş, O. Ğ. U. Z. (2020). Kestirimci Bakım İçin Döner Mekanizma Bozulma Eğrisinin Tanımlanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 420-428. <https://doi.org/10.31590/ejosat.708257>
- Calayır, G. N., & Kabak, M. (2021). Bakım için makine öğrenme tekniklerinin analizi ve bir uygulama. *Journal of Turkish Operations Management*, 5(1), 662-675.
- Carvalho, T. P., Soares, F. A., Vita, R., Francisco, R. D. P., Basto, J. P., & Alcalá, S. G. (2019). A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering*, 137, 106024. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106024>
- Cavalieri, S., & Cutuli, G. (2010, September). Performance evaluation of OPC UA. In *2010 IEEE 15th conference on emerging technologies & factory automation (ETFA 2010)* (pp. 1-8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ETFA.2010.5641184>
- Chazhour, A., Mounika, Y., Sarobin, M. V. R., Sanjana, M. V., & Yasashvini, R. (2020, October). Predictive Maintenance using Machine Learning Based Classification Models. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 954, No. 1, p. 012001). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/954/1/012001>
- Çınar, Z. M., Abdussalam Nuhu, A., Zeeshan, Q., Korhan, O., Asmael, M., & Safaei, B. (2020). Machine learning in predictive maintenance towards sustainable smart manufacturing in industry 4.0. *Sustainability*, 12(19), 8211. <https://doi.org/10.3390/su12198211>
- Gedikli, T., ERVURAL, B. Ç., & ŞEN, D. T. (2021). Bulanık TOPSIS ve Bulanık AHP Yaklaşımlarıyla En Uygun Bakım Stratejisinin Belirlenmesi: Bir Gıda İşletmesinde Uygulama. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 212-225. <https://doi.org/10.31590/ejosat.838168>
- Kimera, D., & Nangolo, F. N. (2020). Predictive maintenance for ballast pumps on ship repair yards via machine learning. *Transportation Engineering*, 2, 100020. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2020.100020>
- Lauro, C. N., & Palumbo, F. (2000). Principal component analysis of interval data: a symbolic data analysis approach. *Computational statistics*, 15(1), 73-87. <https://doi.org/10.1007/s001800050038>
- Lei, Y., Li, N., Gontarz, S., Lin, J., Radkowski, S., & Dybala, J. (2016). A model-based method for remaining useful life prediction of machinery. *IEEE Transactions on reliability*, 65(3), 1314-1326. <https://doi.org/10.1109/TR.2016.2570568>
- Martins, J. P. S., Rodrigues, F. M., & Henriques, N. (2020). Modeling system based on machine learning approaches for predictive maintenance applications. *KnE Engineering*, 2020, 857-871. <https://doi.org/10.18502/keg.v5i6.7105>
- Masani, K. I., Oza, P., & Agrawal, S. (2019). Predictive maintenance and monitoring of industrial machine using machine learning. *Scalable Computing: Practice and Experience*, 20(4), 663-668. <https://doi.org/10.12694/scpe.v20i4.1585>

- Oktar, Ş. (2014). Demiryollarında araç bakım ve onarımı. *Demiryolu Mühendisliği*, (1), 38-40.
- Özgür-Ünlüakın, D., Türkali, B., Karacaörenli, A., & Aksezer, S. Ç. (2019). A DBN based reactive maintenance model for a complex system in thermal power plants. *Reliability Engineering & System Safety*, 190, 106505. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.106505>
- Özkat, E. C. (2021). Makine Öğrenmesi Metodolojisi Kullanılarak Yüksek Hızlı Rulmanlarda Sağlık Göstergesinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 176-183. <https://doi.org/10.31590/ejosat.869285>
- Sirvio, K. M. (2015). Intelligent Systems in Maintenance Planning and Management. In *Intelligent Techniques in Engineering Management* (pp. 221-245). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-17906-3_10
- Tahan, M., Tsoutsanis, E., Muhammad, M., & Karim, Z. A. (2017). Performance-based health monitoring, diagnostics and prognostics for condition-based maintenance of gas turbines: A review. *Applied energy*, 198, 122-144. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.04.048>
- Tessaro, I., Mariani, V. C., & Coelho, L. D. S. (2020). Machine Learning Models Applied to Predictive Maintenance in Automotive Engine Components. In *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings* (Vol. 64, No. 1, p. 26). <https://doi.org/10.3390/IeCAT2020-08508>
- Turker, B. B., Yemez, Y., Sezgin, T. M., & Erzin, E. (2017). Audio-facial laughter detection in naturalistic dyadic conversations. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 8(4), 534-545. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2017.2754256>.
- Wang, Q., Bu, S., & He, Z. (2020). Achieving predictive and proactive maintenance for high-speed railway power equipment with LSTM-RNN. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 16(10), 6509-6517. <https://doi.org/10.1109/TII.2020.2966033>
- Yeşilkanat, C. M. (2020). Spatio-temporal estimation of the daily cases of COVID-19 in worldwide using random forest machine learning algorithm. *Chaos, Solitons & Fractals*, 140, 110210. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110210>
- Zonta, T., da Costa, C. A., da Rosa Righi, R., de Lima, M. J., da Trindade, E. S., & Li, G. P. (2020). Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 106889. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106889>



Kapsül Ağları ile Yüz Verilerinin Sınıflandırılması

Ayşe Çoban^{1*}, Fatih Özyurt²

^{1*} Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9922-8616), aysecoban9603@gmail.com

² Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Elazığ, (ORCID: 0000-0002-8154-6691), ozyurfatih@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi 22 Eylül 2021 ve Kabul Tarihi 23 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.999055)

ATIF/REFERENCE: Çoban, A. & Özyurt, F. (2022). Kapsül Ağları ile Yüz Verilerinin Sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 176-183.

Öz

Yüz verilerini sınıflandırma işlemi, üzerinde çok sayıda çalışma yapılan derin öğrenme konularından birisidir. Bu konuda evrişimli sinir ağları, kolay uygulanabilir olmaları ve başarılı sonuçlar vermeleri nedenlerinden ötürü tercih edilen derin öğrenme uygulamalarının başında gelmektedir. Buna karşın evrişimli sinir ağlarında bulunan havuzlama katmanı verilerde bilgi kaybına neden olmaktadır. Ayrıca evrişimli sinir ağları, verideki bileşenlerin birbirine göre durumlarını göz ardı ederek eğitim işlemini gerçekleştirmektedir. Bu duruma çözüm olarak kapsül ağları önerilen derin öğrenme yöntemlerindedir.

Bu çalışmada; 5 kişinin her biri için 200 veriden oluşan, toplam 1000 görüntü verisi içeren bir veri seti hazırlanmıştır. Hazırlanan veri seti ile sıkça kullanılan evrişimli sinir ağı yöntemlerinden olan AlexNet, Vgg16, Vgg19, ResNet50 algoritmalarının her biri ve önerilen kapsül ağlar yöntemi kullanılarak eğitim işlemi yapılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda evrişimli sinir ağı yöntemlerinin başarımları ile kapsül ağlar yönteminin başarımları karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kapsül Ağlar, Yüz Tanıma, Örüntü Tanıma.

Classification of Facial Data with Capsule Networks

Abstract

The process of classifying facial data is one of the deep learning topics that has been studied extensively. In this regard, convolutional neural networks are among the most preferred deep learning applications because they are easy to implement and give successful results. On the other hand, the pooling layer in convolutional neural networks causes information loss in the data. In addition, convolutional neural networks perform the training process by ignoring the relative states of the components in the data. As a solution to this situation, capsule networks are one of the recommended deep learning methods.

In this study; A data set consisting of 200 data for each of the 5 people and a total of 1000 image data was prepared. With the prepared data set, each of the AlexNet, Vgg16, Vgg19, ResNet50 algorithms, which are frequently used convolutional neural network methods, and the proposed capsule network method were used for training. As a result of the study, the performances of the convolutional neural network methods and the performances of the capsule networks method were compared.

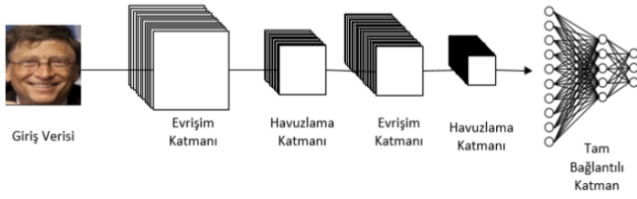
Keywords: Capsule Networks, Face Recognition, Pattern Recognition.

* Sorumlu Yazar: aysecoban9603@gmail.com

1. Giriş

Yüz verilerini sınıflandırma işlemi bir grup insanın yüz görüntülerinden oluşan verilerin belirlenen sınıflara göre sınıflandırılmasıdır. Yüz verilerini sınıflandırma işlemi örüntü tanımanın ilgilendiği önemli problemlerden birisidir. Yüz verileri günümüzde yoğun olarak evrişimli sinir ağları kullanılarak sınıflandırılmaktadır.

Evrişimli sinir ağları temel olarak Şekil 1'de gösterildiği gibi; evrişim katmanı ardından havuzlama katmanı ve tam bağlantılı katman dediğimiz katmanlardan oluşur (İnik ve Ülker, 2017).



Şekil 1. Evrişimli sinir ağı katmanları (Figure 1. Convolutional neural network layers)

Evrişim katmanı, giriş olarak alınan görüntülerin belirlenen boyutlarda ve sayılarda filtrelerden geçirildiği katmandır. Bu katman sayesinde görüntünün belirli sayıda filtreden geçirilmiş formları elde edilir. Bu katman bir veya birden fazla kez art arda uygulanabilir.

Evrişimli sinir ağlarının mimarisinde evrişim katmanından sonra havuzlama katmanı gelmektedir. Havuzlama katmanında evrişim katmanından alınan görüntülere farklı çeşitleri bulunan havuzlama işlemlerinden (maksimum, minimum, ortalama havuzlama) seçilen bir havuzlama yöntemi uygulanır. Burada amaç görüntüde istenmeyen öz niteliklerin boyut olarak sistemi verimsiz hale getirmemesi için en aza indirilmesidir. Bu katman sonucunda havuzlama katmanının parametrelerine göre boyutları azaltılan ve istenilen öz niteliklere sahip görüntüler elde edilir. Bu katman da modelin yapısına göre bir veya birden fazla kez tekrarlanabilir.

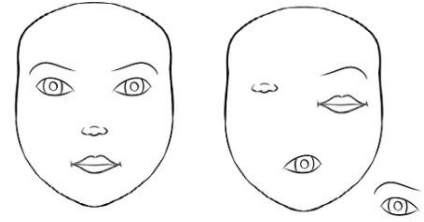
Son olarak tam bağlantılı katman gelmektedir. Bu katman basit anlamda bir yapay sinir ağıdır ve elde edilen görüntü matrisleri bir düzleştirme işleminden geçerek bu katmana iletilir. Bu katman sonunda bazı doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonları aracılığıyla sınıflandırma işlemi gerçekleştirilir.

Evrişimli sinir ağlarının kabul görmüş birçok modeli bulunmaktadır. İlk olarak 2012'de düzenlenen ImageNet yarışmasında önerilen AlexNet modeli sınıflandırma başarımı ile evrişimli sinir ağları literatüründe yerini almıştır (Krizhevsky vd., 2017). AlexNet modelinin sınıflandırma üzerinde evrişimli sinir ağlarına olan ilgiyi büyük ölçüde arttırarak, bu alanda yeni modeller geliştirilmesine neden olmuştur. Düzenlenen ImageNet yarışmaları ile 2014 yılında birinci olan VGGNet (Simonyan ve Zisserman, 2014) ve 2016 yılında birinci olan ResNet (He vd., 2016) modelleri literatürde yerini alan diğer yüksek başarılı modellerdendir.

Evrişimli sinir ağlarının sınıflandırma üzerine olan bu başarımları ilgili verilerin farklı perspektiflerden örneklerinin alınması durumunda düşmektedir. Bu sorunun başlıca nedeni evrişimli sinir ağlarında kullanılan havuzlama katmanının

verilerde bilgi kaybına neden olmasıdır (Sabour vd., 2017). Bu kayıp, yüz verilerinin sınıflandırılmasında, sınıflandırma işlemine etkisi olabilecek bazı öz niteliklerin de kaybının olabileceği anlamına gelmektedir. Bu sorunun çözümü olarak kapsül ağları tercih edilen yöntemlerdendir. Kapsül ağlar verilerdeki bileşenlerin birbirine göre konum, açı, yönelim gibi özellikleri göz önüne alınarak eğitim işlemi yapılan ağlardır.

Ayrıca Evrişimli sinir ağları görüntüyü anlamlandıran nesnelerin birbiriyle olan durumlarını göz önüne almadan eğitilmektedir (Toraman, 2020). Örneğin bir yüz görüntü verisinde yüzü oluşturabilmesi için gözler, burun, ağız gibi bileşenlerin belirli bir konumu vardır. Bunların birbirlerine göre Şekil 2'de gösterildiği gibi yanlış konumlarda bulunması halinde söz konusu görüntü bir yüzü tanımlayamaz. Bu durumda bu bileşenlerin birbirine göre konum, durum, yönelim gibi özelliklerinin göz ardı edilmemesi gerekmektedir.

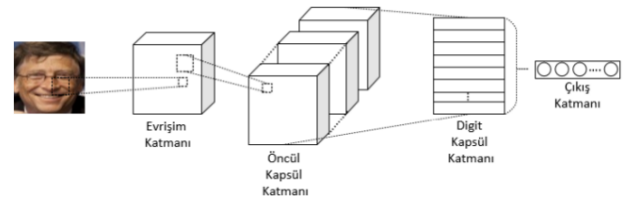


Şekil 2. Yüz bileşenlerinin birbirine göre durumları (Figure 2. The relative states of the facial components)

Bu problemlere bir çözüm olarak 2017 yılında Geoffrey Hinton, Sara Sabour ve diğerleri tarafından kapsül ağlar ve dinamik yönlendirme algoritması önerilmiştir (Sabour vd., 2017).

Kapsül ağlar mimarisinde evrişim katmanları kullanılması yönüyle evrişimli sinir ağlarına benzemektedir. Kapsül ağının ilk aşamasında kullanılan evrişim katmanı, evrişimli sinir ağlarındakiyle aynıdır. Fakat bu evrişim katmanından sonra gelen evrişim katmanında ve diğer katmanlarda dinamik yönlendirme algoritması uygulanmaktadır.

Evrişimli sinir ağlarındaki nöronların yerine kapsül ağlarda kapsüller kullanılır. Kapsül ağı katmanları temel olarak Şekil 3'de gösterildiği gibidir.



Şekil 3. Kapsül ağı katmanları (Figure 3. Capsule network layers)

Kapsül ağları giriş olarak aldığı verileri özelliklerine göre parametrelendirerek vektörel olarak ele alır, dinamik yönlendirme algoritması sayesinde de özelliklerine göre birine bağlı kapsüllerle eğitim gerçekleştirir. Kapsül ağlarının bu özellikleri sayesinde farklı perspektiflerden bakılan görüntüler aynı başarımlarla daha doğru sonuçlar üretebilmektedir.

Kapsül ağlar dolayısıyla evrişimli sinir ağlarına göre veriyi oluşturan parçalardan daha fazla bilgi alır (Toraman, 2020).

Dinamik yönlendirme algoritması ile de girişleri benzer kapsüllerin birbiri ile bağlantılı aktive olmalarını sağlar.

Bu çalışmada yüksek başarımları nedeniyle kabul gören AlexNet, Vgg16, Vgg19, ResNet50 evrişimli sinir ağı modelleri ve kapsül ağılar modeli ile yüz verileri üzerinde sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen uygulamaların sonuçlarına bakılarak kapsül ağılar ile evrişimli sinir ağlarının yüz verilerini sınıflandırma problemi üzerinde başarımları, verimliliği karşılaştırılmıştır.

2. Kapsül Ağlar

Evrişimli sinir ağları örüntü tanıma problemlerinde sıkça tercih edilen ve başarılı sonuçlar elde eden bir yöntemdir. Fakat eğitilmiş bir evrişimli sinir ağı görüntüdeki nesnelere birbirine olan durumunu, açısını, derinliğini tanımlamak için yeterince elverişli bir yöntem değildir. Bu sorun evrişimli sinir ağları mimarisinde kullanılan havuzlama katmanlarından kaynaklanmaktadır. Havuzlama katmanında görüntü, boyutları düşürülürken görüntüde bulunan bazı önemli öz nitelikleri kaybeder. Nesnelere göre açı, derinlik gibi olgularının o nesneyi ayırt etmek için önemli olduğu durumlarda özelleştirilmiş bir evrişimli sinir ağı mimarisi olarak bilinen kapsül sinir ağları ve dinamik yönlendirme algoritması kullanılmaktadır.

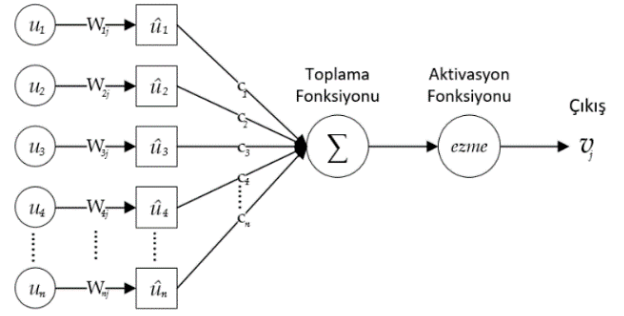
Kapsül ağlar, nöronlardan ziyade kapsüllerden oluşmaktadır. Bir kapsül ise, görüntünün belirli bir bölgesinde bulunan belirli bir nesneyi (örneğin göz) algılamayı öğrenen bir grup nörondan oluşur. Kapsül ağlarının mimarisi ilk olarak alınan verilere bir evrişim katmanı uygulanması ile başlamaktadır. Burada ilk kullanılan evrişim katmanı evrişimli sinir ağlarında kullanılan evrişim katmanlarının aynısıdır (Öztürk ve Özkaya, 2020). Daha sonra öncül kapsül katmanı adı verilen katmana geçilir. Bu katmanda da yine bir evrişim işlemi uygulanır. Uygulanan evrişim işleminin önceki evrişim işleminden farkı bu katmana gelen görüntüleri vektörel hale getirmek amacıyla bir yeniden boyutlandırma işlemi uygulanması ve ardından aktivasyon fonksiyonu olarak ezme aktivasyon fonksiyonunun kullanılmasıdır. Bu işlemlerin sonunda dinamik yönlendirme algoritmasının bulunduğu kapsül katmanı yer almaktadır. Bu katmanın sonucunda DigitCaps adı verilen vektörler elde edilmektedir. DigitCaps vektörlerinin sayısı sınıflandırma işlemi için belirlenen sınıf sayısı kadardır.

2.1. Dinamik Yönlendirme Algoritması

Dinamik yönlendirme algoritması, girişleri benzer alt seviyede bulunan kapsülleri, girişleri benzer üst seviyede bulunan kapsüller ile eşleştiren bir algoritmadır.

Evrişimli sinir ağlarında, evrişim katmanlarının çıkışlarında genel olarak doğrusal olmayan ReLU aktivasyon fonksiyonu kullanılmakta ve çıkışlar skaler olarak ifade edilmektedir (Özyurt vd., 2018). Kapsül ağlarda ise ReLU fonksiyonuna karşılık ezme fonksiyonu (squash) denilen bir aktivasyon fonksiyonu kullanılır ve çıkışlar skaler değil vektörel olarak ifade edilir. Buradaki vektörler alınan veri bileşeninin, hedef sınıfta bulunma olasılığını ve ayrıca durumunu başka bir deyişle parametrelerini ifade etmektedir. Görüntüde istenilen nesnenin olduğu alanlarda vektör uzunluğu büyük olmadığı alanlarda ise küçüktür (Beser vd., 2018). Ezme fonksiyonu vektörlerin uzunluğuna göre vektör uzunluklarının sıfır ile bir arasında bir

değer almalarını sağlar. Söz konusu vektörün yönü ise bileşenin durumunu (açı, yönelim, kalınlık vb.) ifade etmektedir. Dinamik yönlendirme algoritmasının uygulanması havuzlama yöntemlerinin uygulanmasına göre öznelik çıkarımında daha etkili bir yöntemdir (Kınlı ve Kıracı, 2020).



Şekil 4. Kapsül giriş ve çıkışları (Figure 4. Capsule inputs and outputs)

Kapsülün girişleri u_i vektörleri olmak üzere bu vektörlere bir dönüşüm matrisi W_{ij} uygulanır. Böylece tahmin vektörü olarak bilinen \hat{u}_{ij} elde edilir. Daha sonra tahmin vektörünün, kapsül i 'nin kapsül j 'yi ne kadar aktive edebileceğinin ölçümü olan c_{ij} ile çarpımlarının toplamı alınır, bu bize ağırlıklı bir toplam olan s_j 'yi verir.

$$s_j = \sum_i c_{ij} \hat{u}_{ij} \quad (1)$$

$$\hat{u}_{ij} = W_{ij} u_i \quad (2)$$

Hesaplanan bu değerlere ezme fonksiyonunun uygulanması ve kapsül çıkışı olan v_j 'nin elde edilmesi denklem 3'de gösterilmiştir.

$$v_j = \frac{\|s_j\|^2 s_j}{1 + \|s_j\|^2 \|s_j\|} \quad (3)$$

Tahmin vektörü \hat{u}_{ij} ile kapsül çıkışının v_j skaler çarpımlarının alınmasıyla benzerlik b_{ij} hesaplanır.

$$b_{ij} \leftarrow \hat{u}_{ij} v_j \quad (4)$$

Daha sonra b_{ij} 'ye softmax uygulanması ile c_{ij} 'nin yeni değeri denklem 5'deki gibi hesaplanır.

$$c_{ij} = \frac{\exp(b_{ij})}{\sum_k \exp(b_{ik})} \quad (5)$$

b_{ij} daha doğru bir hale getirilmek için yinelemeli olarak (genel olarak 3 adımda) güncellenir.

$$b_{ij} \leftarrow b_{ij} + \hat{u}_{ij} v_j \quad (6)$$

Genel olarak dinamik yönlendirme algoritması Tablo 1’de gösterildiği gibi kaba kod yardımıyla özetlenebilir.

Tablo 1. Dinamik Yönlendirme Algoritması

1.	algoritma Yönlendirme (\hat{u}_{ij}, r, l)
2.	tüm kapsüller i , katmanlar l ve bulunulan kapsül katmanı j olmak üzere ($l + 1$): $b_{ij} \leftarrow 0$
3.	for r iterasyon do
4.	tüm kapsüller için i . katman l : $c_i \leftarrow \text{softmax}(b_i)$
5.	tüm kapsüller için j . katman ($l + 1$): $s_j \leftarrow \sum_i c_{ij} \hat{u}_{ij}$
6.	tüm kapsüller için j . katman ($l + 1$): $v_j \leftarrow \text{ezme}(s_j)$
7.	tüm kapsüller için i . katman ve l kapsül j . katman ($l + 1$): $b_{ij} \leftarrow b_{ij} + u_{ji} v_j$
	return v_j

İlk satır, r defa algoritmayı yenilenerek, l seviyesindeki tüm kapsülleri ve bunların çıktılarını (\hat{u}_{ij}) aldığını ifade etmektedir. En son satır ise algoritmanın sonucunda daha yüksek seviyeli bir kapsül çıktısını (v_j) üreteceğini ifade eder.

b_{ij} katsayısı, yinelemeli olarak güncellenecek geçici bir değerdir ve prosedür bittikten sonra değeri c_{ij} ’de saklanacaktır. Eğitimin başlangıcında b_{ij} değeri sıfırdan başlatılır.

4. satırdaki adım, daha düşük seviyeli bir kapsül i için tüm yönlendirme ağırlıkları olan c_i vektörünün değerini hesaplar. Bunu yaparken ise b_i değerlerini softmax fonksiyonundan geçirir. Tüm düşük seviyeli kapsüller için bu işlem yapılır. İlk yinelemede, tüm c_{ij} katsayılarının değeri eşit olacaktır, çünkü ikinci satırda tüm b_{ij} değerleri sıfıra ayarlanmıştır. Sürec tekrarlandıkça bu tek tip dağılımlar değişecektir.

Tüm düşük seviyeli kapsüller için tüm ağırlıklar (c_{ij}) hesaplandıktan sonra, daha yüksek seviyeli kapsüllere bakılması için 5. satıra geçilir. Bu adımda, önceki adımda belirlenen c_{ij} yönlendirme katsayıları ile ağırlıklandırılan girdi vektörlerinin doğrusal bir kombinasyonunu hesaplar. Bu da s_j çıktı vektörünü üretir. Tüm yüksek seviyeli kapsüller için bu işlem yapılır.

Son adımdaki vektörler, vektörün yönünün korunmasını sağlar ve uzunluğunun 1’den fazla olmamasını sağlayan ezme doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonundan geçirilir. Bu adım, tüm yüksek seviyeli kapsüller için v_j çıktı vektörünü üretir. Bu adımlar, her bir yüksek seviyeli kapsül j ’ye bakar ve ardından her girişi inceler ve formüle göre karşılık gelen b_{ij} ağırlığını günceller. Böylece düşük seviyeli kapsül, çıktısını benzer olan daha yüksek seviyeli kapsüle gönderecektir. Bu benzerlik, iç çarpım tarafından yakalanmaktadır.

Bu algoritma, sonraki yinelemelerde 3. adımdan başlar ve işlemleri r kez tekrar eder. Böylece evrişimli sinir ağlarından farklı olarak nesnelerin birbirine göre olan durumları da hesaba katılmış olur.

2.1.1. Kayıp Hesaplama

Eğitim sırasında her bir eğitim örneği için kayıp, denklem 7’deki eşitliğe göre 5 vektörün her biri için hesaplanacak ve ardından son kaybı hesaplamak için bu hesaplanan 5 değer toplanacaktır. Kayıp fonksiyonu formülünde sınıf tahmini, T_c ’nin değerini belirler. Sınıf doğru tahmin edilmiş ise T_c ’nin değeri 1 aksi halde 0 olur.

$$L_c = T_c \max(0, m^+ - \|v_c\|)^2 + \lambda(1 - T_c) \max(0, \|v_c\| - m^-)^2 \quad (7)$$

Formüle göre, bir örneğin sınıfı doğru tahmin edildiğinde bir doğru sınıf ve dört yanlış sınıf oluşur. Doğru sınıfın T_c değeri 1 ve geri kalan sınıfların T_c değeri 0 olacaktır. Bu durumda doğru sınıfın kayıp değeri hesaplanmak istendiğinde eşitliğin birinci kısmı kullanılacaktır (Denklem 8).

$$L_c = T_c \max(0, m^+ - \|v_c\|)^2 \quad (8)$$

Doğru tahmin durumunda digit kapsülün kaybını hesaplamak için, digit kapsülün çıkış vektörü m^+ ’dan (0.9 sabit değer) çıkarılır. Ardından, elde edilen değerın karesi alınır. Bu işlem ile kapsül çıkışı 0.9 değerinden fazla olduğu durumlarda hata sıfır, diğer durumlarda sıfırdan büyük bir sayı elde edilir.

Doğru etiketle eşleşmeyen digit kapsüller için T_c değeri sıfır olacak ve bu nedenle eşitliğin ikinci kısmı kullanılacaktır (Denklem 9).

$$L_c = \lambda(1 - T_c) \max(0, \|v_c\| - m^-)^2 \quad (9)$$

Yanlış tahmin durumunda digit kapsülün kaybını hesaplamak için, digit kapsülün çıkış vektöründen m^- (0.1 sabit değer) değeri çıkarılır. Ardından, elde edilen değerın karesi alınır. Bu işlem ile kapsül çıkışı 0.1 değerinden az olduğu durumlarda hata sıfır, diğer durumlarda sıfırdan büyük bir sayı elde edilir.

Son olarak, formüle, eğitim sırasında sayısal kararlılık için lambda katsayısı (0.5 sabit değer) dâhil edilmiştir.

Kapsül ağırları evrişimli sinir ağlarının havuzlama katmanından kaynaklı oluşturduğu sorunlara, dinamik yönlendirme algoritmasıyla yeni bir yaklaşım öneren bir yöntemdir. Diğer bir deyişle evrişimli sinir ağlarında bulunan havuzlama katmanının yerini kapsül ağlarda dinamik yönlendirme algoritması almaktadır. Dinamik yönlendirme algoritması sayesinde verilerden ve söz konusu verileri oluşturan bileşenlerinden daha fazla bilgi öğrenilir. Bu özelliklerinden ötürü kapsül ağları öğrenilecek veride; derinlik, örtüşme, kalabalık gibi eğitim işlemini zorlaştıran durumlarda tercih edilen yöntemlerdendir.

3. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, yüz tanıma ve sınıflandırma işlemi evrişimli sinir ağları algoritmalarından olan AlexNet, Vgg16, Vgg19, ResNet50 modelleri ve kapsül ağları kullanılarak Google Colaboratory çalışma ortamında Tesla K80 donanımı ile gerçekleştirilmiştir. Vgg16, Vgg19 ve ResNet50 modelleri Keras kütüphanesinin uygulamalarından alınarak Python programlama dilinde oluşturulmuştur. AlexNet ve Kapsül ağlar modeli ise Tensorflow ve Keras kütüphaneleri kullanılarak Python programlama dilinde oluşturulmuştur.

3.1. Veri Seti

Bu çalışma için 5 kişinin her biri için 200 tane olmak üzere kişilerin yüz verilerini içeren 64x64 boyutunda toplam 1000

renkli görüntüden oluşan bir veri seti, internet ortamından ünlü kişilerin yüz görüntüleri toplanarak hazırlanmıştır. Hazırlanan veri setinin bir örneği Şekil 5’de gösterildiği gibidir.



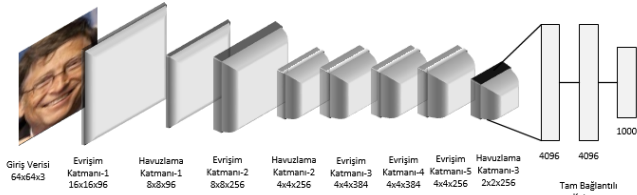
Şekil 5. Hazırlanan veri setine dair bir örnek (Figure 5. An example of the prepared data set)

Hazırlanan veri setinin %60’ı eğitim işlemi için, % 20’si doğrulama işlemi ve kalan %20’si ise test işleminde kullanılmak üzere ayrılmıştır.

3.2. Evrişimli Sinir Ağları Modelleri Yapısı

3.2.1. AlexNet Modeli

AlexNet modeli başarılarını kanıtlamış başlıca evrişimli sinir ağı algoritmalarından birisidir. Bu modelde 5 adet evrişim katmanı, 3 adet havuzlama katmanı ve 3 adet tam bağlantılı katman yer almaktadır (Toğaçar vd., 2020). Modelin yapısı Şekil 6’daki gibidir.



Şekil 6. AlexNet modeli yapısı (Figure 6. AlexNet model structure)

3.2.2. Vgg16 Modeli

Vgg16 modeli toplam 16 katmandan oluşan bir evrişimli sinir ağı yöntemidir. Modelin yapısı AlexNet modelinin yapısına oldukça benzemektedir. Bu model, yapısında 13 adet evrişim katmanı ve 3 adet tam bağlantılı katman bulundurmaktadır.

3.2.3. Vgg19 Modeli

Vgg19 modeli toplam 19 katmandan oluşan bir evrişimli sinir ağı yöntemidir. Yöntemin yapısı basit bir deyişle Vgg16 modelinin yapısının daha derinleştirilmiş bir halidir. Modelin yapısında 16 adet evrişim katmanı ve 3 adet tam bağlantılı katman yer almaktadır.

3.2.4. ResNet50 Modeli

ResNet50 modeli diğer evrişimli sinir ağları modellerinden farklı olarak ardışık ağı mimarisi yerine bünyesinde artık blok

yapısı bulundurmaktadır (Doğan, 2018). Bu yapının kullanılmasının nedeni, ağı yapısı derinleştikçe başarımın düşmesine engel olmak, başarımın düşeceği durumlarda aynı kalmasını sağlamaktır.

3.3. Kapsül Ağları Model Yapısı

Yüz verilerini sınıflandırma işleminde kullanılan model temel olarak altı katmandan oluşturulmuştur.

3.3.1. Giriş Katmanı

Giriş katmanı modelin ilk katmanıdır ve 64x64 boyutunda olan 3 kanallı (rgb) eğitim görüntü verilerinden oluşur. Giriş olarak alınan bu veriler evrişim katmanına gönderilir.

3.3.2. Evrişim Katmanı

Girişler evrişim katmanına iletilir. Bu katman evrişimli sinir ağları mimarisinde bulunan evrişim katmanlarının aynıdır. Evrişim katmanının parametreleri Tablo 2’de gösterildiği gibidir. Bu katmandan sonra özellik kapsül katmanı olarak adlandırdığımız öncül kapsül katmanı gelmektedir.

Tablo 2. Evrişim Katmanı Parametreleri

Evrişim Katmanı Parametreleri	
Filtre Sayısı	256
Çekirdek Boyutu	9
Kaydırma Adımı	1
Doldurma	Valid
Aktivasyon Fonksiyonu	ReLU

Görüntü verilerinin boyutu evrişim katmanından sonra (çekirdek boyutu - 1 = 8) 8 piksel kaybeder. Uygulanan evrişim katmanından sonra görüntü boyutları 56x56 piksele düşmüştür. Daha sonra elde edilen bu görüntülere özellik kapsülü katmanı uygulanmıştır.

3.3.3. Özellik Kapsülü Katmanı

Bu katman evrişim katmanı çıkışlarını giriş olarak almaktadır. Evrişim katmanından farklı olarak bu katmanda yeniden boyutlandırma işlemi ve ezme aktivasyon fonksiyonu uygulanmaktadır. Özellik kapsülünün parametreleri Tablo 3’de verildiği gibidir.

Tablo 3. Özellik Kapsülü Katmanı Parametreleri

Özellik Kapsülü Katmanı Parametreleri	
Kapsül Boyutu	16
Çekirdek Boyutu	5
Kaydırma Adımı	2
Doldurma	Valid

Evrişim katmanı ile 56x56 boyutlarına indirgenen görüntünün özellik kapsülü katmanının kaydırma adımı 2 olan parametresi ile boyutları 28x28 (2’ye bölümü) boyutlarına düşürülmüştür. Bununla birlikte çekirdek boyutu 5 alınarak (çekirdek boyutu - 1 = 4 / 2 = 2) görüntü 2 piksel daha kaybedip bu katman çıkışında 26x26 boyutuna gelmiştir. Ayrıca bu katmanda test edilerek model için en optimum değer olarak kabul edilen 0.3 değerinde Dropout işlemi uygulanmıştır.

Daha sonra bu görüntüleri 16 boyutlu vektörler haline getirmek için bir yeniden boyutlandırma işlemi uygulanarak görüntüler vektör boyutuna indirgenmiştir (26x26x16x16).

Özellik kapsül katmanı, digit kapsül katmanına tamamen bağlı olduğundan, çıkış vektörlerinin ezme (squash) aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesi gerekir. Bu aşamada ezme fonksiyonuna, görüntüyü tekrar oluşturma kaybı olan küçük bir epsilon değeri eklenmelidir. Model için bu değer 0.005 olarak seçilmiştir. Ezme fonksiyonunun çıktısı digit kapsül katmanına iletilir.

3.3.4. Digit Kapsül Katmanı

Bu katmanındaki kapsül sayısı, tahmin edilmesi gereken sınıfların sayısı (5) ile belirlenir. Ayrıca bu katmanda bulunan kapsüller, özellik yönelimlerine dayalı olarak sınıflar hakkında tahminlerde bulunacaktır. Ancak bu tahminlerin öncül kapsüller tarafından yapılan tahminlere uyması gerekir ve bu yöntem, dinamik yönlendirme algoritması ile sağlanır.

Bu katmanda giriş, özellik kapsül katmanının çıktısı olan (26x26x16x16) 16 boyutlu vektörlerdir. Kapsülün iç işleyişine göre, giriş vektörlerinin her biri, 16 boyutlu girdi uzayını 32

boyutlu kapsül çıktı uzayına eşleyen kendi 16x32 boyutlu ağırlık matrisini alır. Dolayısıyla, bu katmanda (26x26x16x16x32x5) 27.688.960 parametre bulunmaktadır. Modelin katmanları ve parametreleri Tablo 4'de gösterildiği gibidir.

3.3.5. Kod Çözücü

Kod çözücü, 32 boyutlu bir vektörü doğru digit kapsülden alır ve onu etiketli bir görüntüye dönüştürmeyi öğrenir. Kod çözücü bir düzenleyici olarak kullanılır, doğru digit kapsülün çıktısını girdi olarak alır ve 64'e 64 piksellik bir görüntüyü yeniden oluşturmayı amaçlar.

Kayıp işlevi, yeniden yapılandırılmış görüntü ile giriş görüntüsü arasındaki Öklid mesafesidir. Kod çözücü; kapsülleri, orijinal görüntüyü yeniden oluşturmak için yararlı olan özellikleri öğrenmeye zorlar. Yeniden yapılandırılmış görüntü, giriş görüntüsüne ne kadar yakınsa o kadar iyidir. Bu katmanda da 66.879 parametre kullanılmaktadır.

Sonuç olarak bu aşamada kullanılan toplam parametre sayısı 29.456.959'dir. Toplanan yüz görüntüsü verileri oluşturulan modelde kullanılarak eğitim, doğrulama ve test işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4. Model katmanları ve parametreleri

Katman	Giriş	Parametre	Çıkış
Giriş Katmanı	64x64 resim	0	64x64x3
Evrişim Katmanı	64x64 resim	62464	56x56x256
Özellik Kapsülü Katmanı Evrişim	56x56x256 tensor	1638656	26x26x256
Özellik Kapsül Katmanı Yeniden Boyutlandırma	26x26x 256 tensor	0	10816x16
Digit Kapsül Katmanı	26x26x16x16 tensor	27688960	32x5
Kod Çözücü	32x5 matris	66879	64x64

4. Sonuçlar

4.1. Evrişimli Sinir Ağı Modelleri Sonuçları

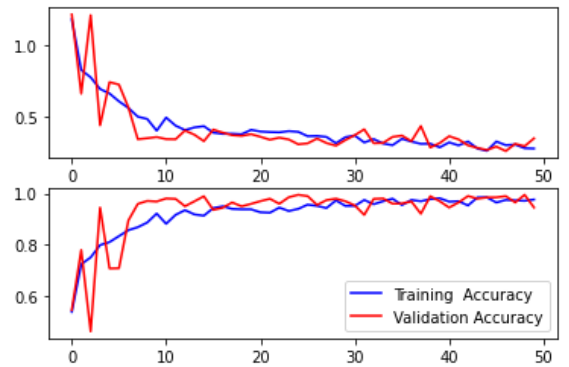
Hazırlanan yüz görüntüleri veri seti, 4 farklı evrişimli sinir ağı modeli ile eğitim işleminden geçirilerek, her biri için test işlemi başarımları sonuçları alınmıştır.

Modellerin her biri için eğitim işlemi 50 adımda (epochs) gerçekleştirilirken yalnızca ResNet50 modeli 100 adımda eğitim işleminden geçirilmiştir. Yapılan uygulamadan elde edilen sonuçlar Tablo 5'de gösterildiği gibidir.

Tablo 5. Evrişimli sinir ağı modelleri sonuçları

Model	Başarımları
AlexNet	%94
VGG16	%91
VGG19	%93.5
ResNet50	%75

Modeller arasında en iyi sonucu veren AlexNet modelinin eğitim ve doğrulama işlemleri üzerindeki kayıp ve başarımları grafiği Şekil 7'de gösterildiği gibidir.

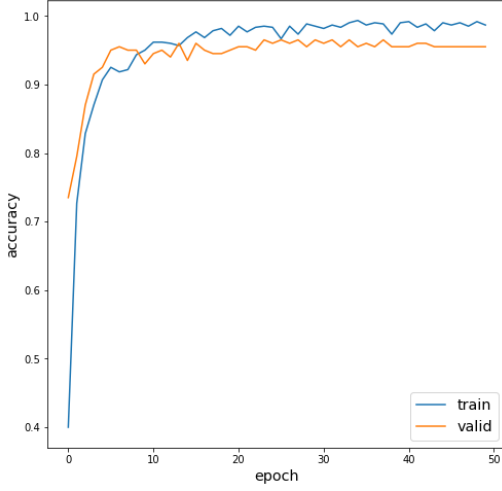


Şekil 7. AlexNet modeli eğitim ve doğrulama grafiği (Figure 7. AlexNet model training and validation graph)

Diğer modellere görece AlexNet modelinin hazırlanan veri kümesi üzerindeki yüksek sınıflandırma başarımı, ağın derinliği arttıkça başarımın her zaman artmadığını göstermektedir.

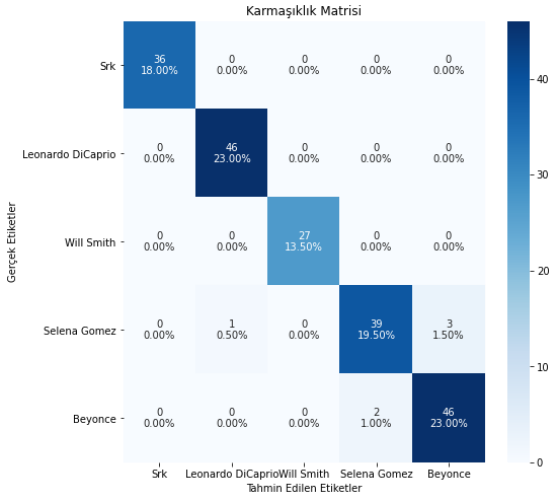
4.2. Kapsül Ağı Model Sonuçları

Kapsül ağlar ile hazırlanıp eğitilen bu modelde test işlemi %97 başarımla sonuçlanmıştır. Modelin eğitim ve doğrulama süreci grafiği Şekil 8'de gösterildiği gibidir.



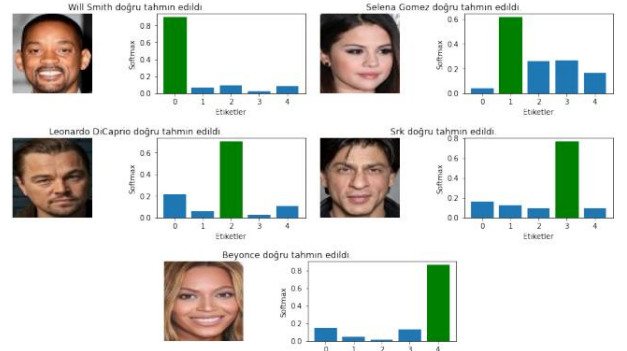
Şekil 8. Kapsül ağlar modeli eğitim ve doğrulama grafiği (Figure 8. Capsule networks model training and validation graph)

Bu başarımların değerleri modelin çok kez çalıştırılmasıyla elde edilen 5 en iyi sonucun ortalaması olan değerlerdir. Modelin sonucunda ortaya çıkan karmaşıklık matrisi Şekil 9'da gösterildiği gibidir.



Şekil 9. Kapsül ağlar modeli karmaşıklık matrisi (Figure 9. Capsule networks model complexity matrix)

Modelin, kullanılan yüz verilerinden bazılarının sınıflarını tahmin etmesine dair bir örnek Şekil 10'daki gibidir.



Şekil 10. Kapsül ağlar modeli tahminleme örnekleri (Figure 10. Capsule networks model estimation examples)

Modelin kullanılan veri seti üzerinde sınıflandırma işlemini başarılı bir şekilde gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

5. Sonuç ve Öneriler

Yapılan uygulamalar sonucunda kapsül ağlar ile hazırlanan modelin test doğruluğu evrişimli sinir ağları modellerine kıyasla daha yüksek sonuçlanmıştır. Bunun nedeninin evrişimli sinir ağlarında bulunan havuzlama katmanının verilerde öznitelik kaybına neden olması olduğu tahmin edilmektedir. Buna bağlı olarak kapsül ağların yüz verilerini sınıflandırma problemi üzerinde başarılı sonuçlar verebileceği gözlemlenmiştir.

Tablo 6. Modellerin eğitim işlemi tamamlama süreleri

Model	Eğitim Süresi
Kapsül Ağlar	13 dakika 44 saniye
AlexNet	2 dakika 47 saniye
VGG16	1 dakika 25 saniye
VGG19	1 dakika 29 saniye
ResNet50	6 dakika 50 saniye

Buna karşılık Tablo 6'da verilen modellerin eğitim işlemini tamamlama sürelerine bakıldığında ise kapsül ağlar modelinin diğer modellere göre daha uzun sürede bu işlemi gerçekleştirdiği görülmektedir. Modellerin eğitim tamamlama sürelerinden yola çıkılarak daha büyük veri kümelerinde kapsül ağlar modeli ile yapılacak eğitim işlemlerinin daha maliyetli olacağı göz önünde bulundurulabilir.

Modelde evrişim katmanlarının sayısı veya hiperparametreleri değiştirilerek daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca modelde özniteliklerin çıkarılması aşamasında farklı teknikler kullanılarak sonuçların incelenmesi, kapsül ağların gelişimi için önemli bir adım olacaktır.

Çalışmada yüz verilerini sınıflandırma işlemi küçük bir veri seti üzerinde incelenmiştir. Söz konusu veri setini kullanarak dahi kapsül ağlar başarılı bir sınıflandırma işlemi gerçekleştirmiştir. Gelecekte farklı boyut ve çeşitlikte veri setleri üzerinde kapsül ağlar ile oluşturulmuş bir model deneyerek daha gelişmiş bir analiz yapılabilir.

6. Teşekkür

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi MF.21.54 numaralı Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Beser, F., Kizrak, M. A., Bolat, B., Yildirim, T. (2018). Kapsül Ağları ile İşaret Dili Tanıma Recognition of Sign Language using Capsule Networks. *26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 1-4. doi:10.1109/SIU.2018.8404385.
- Doğan, F. ve Türkoğlu, İ. (2018). Derin Öğrenme Algoritmalarının Yaprak Sınıflandırma Başarımlarının Karşılaştırılması. *Sakarya University Journal of Computer and Information Sciences*, 1(1), 10-21.
- He, K., Zhang, X., Ren, S. and Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. *In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 770-778.
- İnik, Ö., Ülker, E. (2017). Derin Öğrenme ve Görüntü Analizinde Kullanılan Derin Öğrenme Modelleri. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6(3), 85-104.
- Kınlı, F., Kırac, F. (2020). FashionCapsNet: Clothing Classification with Capsule Networks. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 13(1), 87-96. doi:10.17671/gazibtd.580222.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., and Hinton, G. E. (2012). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 25.
- Özyurt, F., Tuncer, T., Avcı, E., Koç, M., Serhatlıoğlu, İ. (2019). A Novel Liver Image Classification Method Using Perceptual Hash-Based Convolutional Neural Network. *Arab J Sci Eng*, 44(4), 3173–3182. doi: 10.1007/s13369-018-3454-1.
- Öztürk, Ş., & Özkaya, U. (2020). Skin lesion segmentation with improved convolutional neural network. *Journal of digital imaging*, 33(4), 958-970. doi: 10.1007/s10278-020-00343-z.
- Sabour, S., Frosst, N. and Hinton, G. E. (2017). Dynamic Routing Between Capsules. *arXiv preprint*, arXiv:1710.09829.
- Simonyan, K., and Zisserman, A. (2014). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *arXiv preprint*. arXiv:1409.1556.
- Toğaçar, M., Ergen, B., Cömert, Z., Özyurt, F. (2020). A Deep Feature Learning Model for Pneumonia Detection Applying a Combination of mRMR Feature Selection and Machine Learning Models. *IRBM*, 41(4), 212-222. doi: 10.1016/j.irbm.2019.10.006.
- Toraman, S. (2020). Kapsül Ağları Kullanılarak EEG Sinyallerinin Sınıflandırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 32(1), 203-209. doi: 10.35234/fumbd.661955.



Hekimlerin Defansif Tıp Farkındalık Düzeylerinin, Pozitif ve Negatif Defansif Tıp Tutumlarına Etkilerinin Görev Yaptıkları İşletmelerde İsrar Faktörü ve Hekim Tututmları Açısından İncelenmesi

Menekşe Kılıçarslan^{1*}, Muhammed Talha Narcı²

^{1*}İstanbul Ayyansaray Üniversitesi, Sosyal Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0580-8645),
meneksekilicarslan@ayvansaray.edu.tr

²İstanbul Aydın Üniversitesi, Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu, Lojistik Programı, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2103-4037),
muhammedtalhanarci@aydin.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 9 Kasım 2021 ve Kabul Tarihi 3 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1005029)

ATIF/REFERENCE: Kılıçarslan, M., Narcı, M.T., (2022). Hekimlerin Defansif Tıp Farkındalık Düzeylerinin, Pozitif ve Negatif Defansif Tıp Tutumlarına Etkilerinin Görev Yaptıkları İşletmelerde İsrar Faktörü ve Hekim Tututmları Açısından İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 184-191.

Öz

Defansif tıp uygulamaları hem dünyada hem de Türkiye'de hekimlerin, malpraktis nedeninden ötürü soruşturma/dava açılma endişesi ile sıklıkla başvurduğu uygulamalardır. Defansif tıp uygulamalarını konu alan bu çalışma tanımlayıcı nitelikte olup, hekimlerin defansif tıp bilgi düzeyinin, pozitif ve negatif defansif tıp tutumlarına etkilerini ortaya koyma amacı ile oluşturulmuştur. Çalışma 2021 yılı Mart ayında İstanbul'da görev yapan 63 kardioloji hekimi üzerinde yüz yüze anket tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerden hareketle, hekimlerin defansif tıp bilgi düzeyi ile pozitif ve negatif defansif tıp tutumları arasında anlamlı pozitif ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada ayrıca hekimlerin defansif tıp bilgi düzeyinin pozitif ve negatif defansif tıp tutumlarına etkisinin olduğu elde edilen verilerin analizi ile istatistiksel olarak kanıtlanmıştır. Hekimlerce başvuru defansif tıp uygulamaları, ekstra maliyet unsuru olarak buldukları sağlık işletmelerine ve ulusal kaynaklara olumsuz etkisi olduğundan, literatürde yapılan daha önceki araştırmalar gibi israfı yol açtığı bu çalışmada da ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Defansif Tıp Bilgi Düzeyi, Pozitif Defansif Tıp, Negatif Defansif Tıp.

Investigation of the Effects of Physicians' Defensive Medicine Awareness Levels on their Positive and Negative Defensive Medicine Attitudes in Terms of Waste Factor and Physician Attitudes in the Businesses They Work

Abstract

Defensive medicine practices are the practices that doctors frequently resort to, both in the world and in Turkey, with the concern of being investigated / sued for malpractice. This study on defensive medicine practices is descriptive and was created with the aim of revealing the effects of doctors' level of defensive medicine knowledge on positive and negative defensive medicine attitudes. The study was carried out by using face-to-face survey technique on 63 cardiology doctors who working in Istanbul in March 2021. Based on the data obtained, it was concluded that there was a significant positive relationship between the doctors' level of defensive medicine knowledge and positive and negative defensive medicine attitudes. In the study, it also has been proved statistically by the analysis of the data that the doctors' level of defensive medicine knowledge has an effect on positive and negative defensive medicine attitudes. This study also revealed that the defensive medicine practices applied by doctors, as an extra cost element, have a negative effect on the health institutions where they work and national resources they are in, and lead to waste, just like the previous studies in the literature.

Keywords: Defensive Medicine Knowledge Level, Positive Defensive Medicine, Negative Defensive Medicine.

* Sorumlu Yazar: meneksekilicarslan@ayvansaray.edu.tr

1. Giriş

Bilgi çağını yaşayan bireylerin daha bilinçli olması ile alınan her hizmetin farklı bir boyut kazandığı günümüzde, diğer alanlarda olduğu gibi sağlık hizmetinden yararlanan insanların karşılaştıkları herhangi bir sorun karşısında haklarını arama yolları artmıştır. Bu bağlamda, doktorların da sağladıkları hizmetlerden ötürü, herhangi bir hukuki yaptırımla karşılaşmamak için defansif tıp uygulamalarına başvurdukları bir gerçektir.

Defansif tıp, hastaları malpraktis şikayetinden vazgeçirmek, yasal süreçte hekimlik faaliyetlerinin gerektiği şekilde yapıldığı konusunda ikna ederek olumsuz sonuçları azaltmak için marjinal ya da tıbbi değeri olmayan ilave tanı testler, prosedürler ve tedavi tetkiklerinin uygulanması durumudur (Aydaş, 2014:70). Bu çalışmada hekimlerin defansif tıp bilgi düzeylerini ölçmek ve bu bağlamda pozitif ve negatif defansif tıp tutumlarına etkilerini araştırmak hedeflenmektedir.

2. Malpraktis Uygulamaları, Pozitif ve Negatif Defansif Tıp Tutumu

Malpraktis, Latince'den türemiş olup; meslek mensubunun, mesleğini uyguladığı sırada ortaya çıkan "kötü, hatalı uygulama" anlamında kullanılmaktadır. Tıbbi malpraktis; tıp mesleği mensuplarının hatalı, kusurlu hareketleri sonucu oluşan zarar olarak tanımlanmaktadır (Çetin, 2006: 31). Dünya Tabipler Birliği ise tıbbi malpraktisi; "Ortalama bir hekimin tedavi sırasında beklenen standart güncel uygulamayı yapmaması, kasıtlı veya kasıtlı olmayarak hastaya gereken tedaviyi vermemesi, bilgi veya beceri eksikliğinde hastada oluşan zarar" şeklinde tanımlamaktadır (Yorulmaz, 2005: 3).

Malpraktis neticesinde maaş kaybı, tıbbi ve yaşam bakım maliyetleri gibi maddi zararlar; görme kaybı, organ ya da uzuv kaybı, yetersizlik hissi veya sevgisizlikten kaynaklı hayattan zevk almada azalma, şiddetli ağrı ve duygusal bozukluklar şeklinde kendini gösteren fiziksel ve psikolojik sıkıntılar maddi olmayan zararlar şeklinde ortaya çıkan zararlardır (Yıldırım vd., 2009: 357).

Türk Ceza Kanunu'nda hekimlerin tıbbi uygulama hatalarına yönelik yeni kavram ve yasal düzenlemelerin eklenmesi ve malpraktis davalarının yüksek tazminat bedelleriyle neticelenmesi nedenleri, hekimleri defansif tıp uygulamalarına yöneltmiştir.

Defansif tıp, hastaları malpraktis şikayetinde bulunmaktan vazgeçirmek, yasal süreçte hekimlik faaliyetlerinin gerektiği şekilde yapıldığı konusunda ikna ederek olumsuz sonuçları azaltmak için marjinal ya da tıbbi değeri olmayan ilave tanı testler, prosedürler ve tedavi tetkiklerinin uygulanması (Aydaş, 2014: 70) veya gerekli tanı, tedavi ve prosedürlerden kaçınma olarak tanımlanmaktadır.

Hekimleri defansif tıp uygulamalarına yönelten etmenler ise:

- Muhtemel istenmeyen sonuç karşısında ihmal iddiaları,
- Hasta veya hasta yakınlarının şikâyet etme durumları,
- Malpraktis riski,
- Sağlık sigortası maliyetleri (Teke vd., 2007: 67),
- Giderek yükselen tazminat ödeme oranları,

- Hastaların seslerini yükseltmesi yönünde teşvik eden güvenlik kampanyaları,
- Hekimlerin artan idari görevleri (Studdert vd., 2015: 2616),
- Sağlık hukuku alanında uzmanlaşan avukatlar (Aydaş, 2014: 61),
- Hekimlerin yargılanma korkusu,
- Bozuk iletişim,
- Performans düzeni,
- Sağlık düzeni ile sağlık politikalarının etkisi,
- Hekimler arası sorumluluk atma,
- Ünlenme ve kusursuz olma isteği,
- Basın yayın kurumlarının etkisi (Selçuk, 2015: 16) olarak sıralanmaktadır.

Defansif tıp uygulamalarındaki artış, hastaları fiziksel ve ruhsal yönden olumsuz etkileyerek sağlık hizmetlerinin kalitesini düşürmekte, toplam sağlık harcamalarına yük getirmekte (Yılmaz vd., 2014: 45) ve hekimlerin birincil amaçları olan hastaları iyileştirme fikrinden uzaklaştırmada etkisi olduğu görülmektedir (Başer vd., 2014: 17).

Defansif tıp uygulamaları pozitif defansif tıp ve negatif defansif tıp olarak iki gruba ayrılmaktadır. Pozitif defansif tıp, hekimin sorumluluktan kaçmak ve tıbbi açıdan herhangi bir faydası olmamasına karşın gerekenden fazlasını yaptığını göstermek amacıyla hasta için izlenecek prosedürlerin artırılması tarzında olan güvence davranışıdır (Yılmaz vd., 2014: 21). Diğer bir tanımda ise pozitif defansif tıp uygulamaları; hekimin kendi hukuki güvenliğini düşündüğü ve hastanın menfaatlerini dikkate almaksızın tıbben gereksiz ya da fazla gerekli olmayan prosedürleri uygulaması veya standart prosedürlerin uygulanması sürecine daha çok dikkat etmesi olarak nitelendirilmektedir (Yılmaz vd., 2014: 21).

Pozitif defansif tıp, hasta kayıtlarının sıkı tutulması alışkanlığı kazandırmasının yanlış hastaya müdahale veya yanlış taraf cerrahisi gibi olumsuz durumları ortadan kaldırması yada teşhis ve tedaviye yönelik hastadan ekstra olarak istenen görüntüleme teknikleri ve tahlillerin beklenmedik bir hastalığın teşhisinde önemli olabilmektedir (Bergen, 1974: 1189).

Pozitif defansif tıp uygulamaları;

- Hastaneye yatması gerekmeyen hastanın yatırılması,
- Gerekmeyen tahlillerin yapılması,
- Gerekmeyen görüntüleme incelemelerinin yapılması,
- Gerekmeyen ilaçların yazılması,
- Gerekmeyen konsültasyonların istenmesi,
- Sık viziye yapma,
- Gerekmeyen ameliyatların yapılması,
- Ayrıntılı kayıt tutma,
- Hasta ve yakınlarının memnuniyetine aşırı özen gösterme,
- Hasta ve yakınlarını bilgilendirmeye aşırı özen gösterme,
- Aydınlatılmış onam belgelerine aşırı özen gösterme,
- Hastayla ilgili olumsuzlukları fazla ayrıntılı olarak tutanağa dökme (Selçuk, 2015: 10) olarak sıralanabilmektedir.

Negatif defansif tıp ise, hekimlerin malpraktis iddialarından korunma endişesinden kaynaklı, hasta açısından gerekli görülen bazı tehlikeli tıbbi tedavi ve prosedürlerden kaçınma davranışları

olarak tanımlanmaktadır (Bergen, 1974: 1189). Negatif defansif tıp sadece yüksek riskli hastalardan kaçınmak amacını değil, olası yaralanmayı önleyebilme ve ihmali azaltabilme inancını da barındırmaktadır (Aydaş, 2014: 79).

Negatif defansif tıp uygulamalarının sağlık hizmeti maliyetlerine etkisi çok az olup, potansiyel faydalı tanı veya tedavi yöntemlerinin uygulanmamasından kaynaklı hasta sağlığının düzelmesi normalin altında yada kötü olarak sonuçlanabilmektedir (Aydaş, 2014: 83)

Negatif defansif tıp uygulamaları;

- Riskli hastalardan kaçınma,
- Riskli tedavi yöntemlerinden kaçınma,
- Riskli inceleme yöntemlerinden kaçınma,
- Riskli cerrahi girişimlerden kaçınma,
- Riskli hastaları başka yere sevk etme,
- Riskli hastaların gözünü olası yan etkilerle korkutup kaçırma,
- Riskli hastaları başka sağlık kurumlarını överek kaçırma,
- Girişimlerden önce olası bir olumsuzlukta hasta ve yakınlarının tepkilerinden korunmak için girişimlerin riskini abartma (Selçuk, 2015: 13),
- Dava etme ihtimali olan hastalardan kaçınma,
- Kompleks medikal problemleri bulunan hastalardan kaçınma (Project, 1971: 949),
- Doğum gibi tıbbi uygulamaları gerçekleştirilmeyi bırakma (Bergen, 1974: 1189) olarak sıralanmaktadır.

Defansif tıp uygulamalarında mevcut ve gelişen teknolojinin önemli bir payı bulunmaktadır. Tanı ve teşhise dayalı teknolojinin kullanılması belirli hastalığın var olup olmama durumunu ortaya koymada yardımcı niteliğinin yanında hekimin kendine güvenini güçlendirdiği de düşünülmektedir (Studdert vd., 2015: 2616).

Olumlu yönlerin yanı sıra tanı ve tedavi yöntemlerinin aşırı kullanımına bağlı sağlık bakım masraflarını artırması ve tıbbi uygulamaların kendilerinden kaynaklanan farklı boyutlardaki komplikasyon veya beklenmeyen risklerde mevcuttur (Tancredi ve Barondess, 1978: 881)

Defansif tıp uygulamaları ülkelerin sağlık hukukunu düzenleyen yaptırımların özelliklerine, çalışılan sağlık kuruluşunun konumuna, hekimin branşına, çalışma şartlarına, hangi basamakta çalıştığı ve hastanın özelliklerine göre değişiklik göstermekle beraber çalışmalarda benzer uygulamalar olduğu görülmektedir (Aydaş, 2014: 77).

3. Literatür Taraması

Defansif tıp uygulamaları hem dünyada hem de Türkiye’de hekimlerin başvurduğu yöntemlerdir. Bu uygulamaların ne düzeyde gerçekleştiğine dair yapılan araştırmalar, çalışmanın bu bölümünde ilk olarak pozitif defansif tıp, ardından da negatif defansif tıp uygulamaları bağlamında ele alınacaktır.

Summerton (1995) İngiltere’de defansif tıp uygulamalarına yönelik yaptığı çalışmada, katılımcıların defansif tıp uygulama yüzdesini % 98 olarak belirtmiştir. Aynı çalışmada pozitif defansif tıp uygulamalarına bakıldığında; “Hastalara prosedürler hakkında detaylı açıklama yapmak” %98 oranla en fazla gerçekleştirilen uygulama olmakla birlikte, %29.3 oranıyla “Gerekli Olandan Fazla İlaç Önermek” en az uygulanan yöntem olduğu görülmektedir. Studdert vd. (2005) ise ABD’de 1333 kişi üzerinde yaptığı çalışmada, katılımcıların defansif tıp uygulamalarını %93 oranında gerçekleştirdiğini belirtmiştir. Çalışmada pozitif defansif tıp uygulamalarına yönelik %92

oranıyla “Gerekli Olandan Daha Fazla Tanı Testi İstemek” en fazla, %69 oranıyla “Gerekli Olandan Fazla İlaç Önermek” en az uygulanan pozitif tıp defansif uygulamaları olduğu görülmektedir.

Hiyama vd. (2006) Japonya’da 171 kişi üzerinde yaptığı çalışmada, defansif tıp uygulamalarının %90 oranında kullanıldığı belirmiştir. Çalışmada “Bir Uzmana Gereksiz Sevk Yapılması” %68 oranıyla en fazla, “Gerekli Olandan Daha Fazla Tanı Testi İstemek” %36 ile en az uygulanan pozitif defansif tıp uygulama alanları olduğu belirtilmiştir.

Ortashi vd. (2013) Birleşik Krallık’ta 300 kişi üzerinde yaptığı çalışmada, defansif tıp uygulama yüzdesi %89 olduğunu belirterek, “Gerekli Olandan Daha Fazla Tanı Testi İstemek” %59.3 ile en fazla uygulanan pozitif defansif tıp uygulaması iken, %23 ile “Gerekli Olandan Fazla İlaç Önermek” en az gerçekleştirilen uygulama olduğunu belirtmiştir. Reuveni vd. (2016) İsrail’de 213 kişi üzerinde yaptığı çalışmada ise, %62,1 oranında katılımcıların defansif tıp uygulaması yaptığını belirterek, en yüksekte en aza sırasıyla pozitif defansif tıp uygulamaları %75.6 “Takip Süresini Uzatmak”, %10.4 “Gerekli Olandan Fazla İlaç Önermek” şeklinde olduğunu belirtmiştir.

Pozitif defansif tıp uygulamaları ile ilgili dünyada yapılan bu çalışmalara paralel olarak, Türkiye’de de bazı çalışmalar yapılmıştır. Aynacı (2008) 798 katılımcı üzerinde yaptığı çalışmada, defansif tıp uygulamalarının %78.4, pozitif defansif tıp uygulamalarından %96.4 oranıyla en fazla “Hasta Kayıtlarını Daha Detaylı Tutmak” , %50 oranıyla en az “Hastaneye Yatırma (Bir Hastanın Ayakta Tedavi Edilebileceği Durumda)” uygulamalarının gerçekleştirildiğini belirtmektedir. Yılmaz (2012) 208 katılımcı üzerinde yaptığı çalışmada ise, defansif tıp uygulama yüzdesine %83.3 olduğunu belirtmiştir. “Hasta ve Yakınlarını Aydınlatma İşleminde Özen Gösterme” %98.1 oranıyla en fazla, “Hastaneye Yatırma (Bir Hastanın Ayakta Tedavi Edilebileceği Durumda)” %63.2 oranıyla en az uygulanan pozitif defansif tıp uygulamaları olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Başer vd. (2014) aile hekimleri ve diş hekimleri üzerinde yaptığı çalışmada, katılımcıların %100 oranında defansif tıp uygulamalarını gerçekleştirdikleri sonucuna ulaşmıştır. Aile hekimlerinin pozitif defansif tıp uygulamaları, %96.3 oranıyla en fazla “Hasta Kayıtlarını Daha Detaylı Tutmak”, % 67.9 oranıyla en az “Gerekli Olandan Daha Fazla Tanı Testi İstemek” olduğu; diş hekimlerinin pozitif defansif tıp uygulamalarında ise, %98.5 oranıyla en fazla “Bir Uzmana Gereksiz Sevk Yapılması”, %83.3 oranıyla en az “Gerekli Olandan Fazla İlaç Önermek” olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Selçuk (2015) 240 katılımcı üzerinde yaptığı çalışmada defansif tıp uygulama yüzdesinin %84 olduğunu belirtmiştir. Çalışmada %97.7 oranıyla “Hasta ve Yakınlarını Aydınlatma İşleminde Özen Gösterme” ve “Onam Belgelerine Özen Göstermek”, en az ise %64.5 oranıyla “Gerekli Olandan Fazla İlaç Önermek” olarak pozitif defansif tıp uygulamalarının yapıldığı sonucuna ulaşmıştır. Mete vd. (2017) ise, 234 katılımcı üzerinde yaptığı çalışmada pozitif defansif tıp uygulamalarından %98.3 oranıyla en fazla “Hasta Kayıtlarını Daha Detaylı Tutmak” , %62.8 oranıyla en az “Hastaneye Yatırma (Bir Hastanın Ayakta Tedavi Edilebileceği Durumda)” uygulamalarının gerçekleştirildiği sonucuna ulaşmıştır.

Hekimlerin pozitif defansif tıp uygulamalarına başvurması ile ilgili literatürde yapılan çalışmalara yukarıda değindik. Literatürden hareketle bu çalışmada pozitif defansif tıp ile ilgili aşağıdaki hipotezler oluşturulmuştur.

H1: Hekimlerin defansif tıp bilgi düzeyi ile, pozitif defansif tıp tutumu arasında pozitif ilişki vardır.

H2: Hekimlerin defansif tıp bilgi düzeyi, pozitif defansif tıp tutumunu etkiler.

Pozitif defansif tıp uygulamaları kadar, hem dünyada hem de Türkiye’de negatif defansif tıp uygulamalarına da hekimler başvurmaktadır. Genellikle araştırmalar pozitif ve negatif defansif tıp tutumlarını birlikte ele almıştır. Yukarıda pozitif defansif tıp tutumlarını ele aldığımız çalışmalarda, aynı zamanda negatif defansif tıp tutumları da bu bağlamda ele alınmıştır. Yukarıda verilen literatürden hareketle, aşağıda da negatif defansif tıp tutum ilgili yapılan araştırmalara da değinilecektir.

Summerton’un (1995) yaptığı çalışmada %41.9 oranla “Bazı Prosedürlerden veya Müdahalelerden Kaçınma” en çok, %25 oranla “Riskli Hastalara Tedavi Uygulamaktan Kaçınmak” en az uygulanan negatif defansif tıp uygulamaları olduğunu belirtmiştir. Studdert vd. (2005) ise, negatif defansif tıp uygulamalarından “Bazı Prosedürlerden veya Müdahalelerden Kaçınma” %71 ile en fazla, “Riskli Hastalara Tedavi Uygulamaktan Kaçınmak” %65 ile en az uygulanan yöntem olduklarını gözlemlemiştir.

Hiyama vd. (2006) negatif defansif tıp uygulaması olarak ele alınan “Bazı Prosedürlerden veya Müdahalelerden Kaçınma” ve “Riskli Hastalara Tedavi Uygulamaktan Kaçınmak” ifadeleri %76 oranında uygulandığını belirtmiştir. Ortashi vd. (2013) ise, negatif defansif tıp uygulaması olarak ele alınan “Hastaya Fayda Sağlayabilecek Riskli Prosedürlerden Kaçınmak” %20.6 oranıyla en fazla, “Riskli Hastalara Tedavi Uygulamaktan Kaçınmak” %9.3 oranı en az görülen uygulamalar olduğu sonucuna varmıştır.

Negatif defansif tıp uygulamaları, Türkiye’de de hekimler tarafından başvuru uygulamalar olarak yapılan araştırmalarca belirtilmiştir. Bu araştırmalardan Aynacı’nın (2008) yaptığı çalışmada negatif defansif tıp uygulamalarındaki yüzdelik durum %83.9 oranıyla en fazla “Komplikasyon Oranları Yüksek Tedavi Protokollerinden Kaçınma” %70.7 oranıyla “Tanı ve Tedavisi Güç, Karmaşık Hastalardan Kaçınma” sonucuna ulaşılmıştır. Yılmaz (2012) ise, negatif defansif tıp uygulamalarının en çoktan en aza uygulanış biçimini “Şikâyet Etme Olasılığı Yüksek Hastalardan Kaçınma” (%85.6), “Endikasyon Dışındaki Nedenlerle Hastaları Sevk Etmek” (%70.2) olarak sıraladığını belirtmiştir.

Başer vd. (2014) negatif defansif tıp uygulaması olarak ele alınan “Komplikasyon Oranları Yüksek Tedavi Protokollerinden Kaçınmak” %91.4 oranıyla en fazla, “Şikâyet Etme Olasılığı Yüksek Hastalardan Kaçınma” ve “Komplikasyon Olasılığı Yüksek Hastalardan Kaçınma” %80.2 oranı ile aile hekimlerinin en az gerçekleştirdikleri uygulamalar olarak aile hekimlerince başvuru uygulamalar olduğunu belirtirken; aynı çalışmada diğ hekimleri açısından negatif defansif tıp uygulamalarına bakıldığında, %92.4 oranıyla en fazla “Komplikasyon Olasılığı Yüksek Hastalardan Kaçınma”, % 80.3 oranıyla en az “Girişimsel Olmayan Yöntemleri Tercih Etmek” uygulamalarına başvurulduğu belirtilmiştir.

Selçuk (2015) negatif defansif tıp uygulamalarından “Şikâyet Etme Olasılığı Yüksek Hastalardan Kaçınma” uygulaması %84.1 oranıyla en fazla, “Tanı ve Tedavisi Güç, Karmaşık Hastalardan Kaçınma” uygulaması ise %74.1 oranı ile en az başvuru uygulamalar olduğu sonucuna ulaşmıştır. Mete vd. (2017) ise negatif defansif tıp uygulamalarındaki yüzdelik

durumu % 87.6 oranıyla en fazla “Komplikasyon oranları Yüksek Tedavi Protokollerinden Kaçınma” ve %83.8 oranıyla “Komplikasyon Olasılığı Yüksek Hastalardan Kaçınma” uygulamaları olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Negatif defansif tıp uygulamaları ile ilgili literatürde yapılan çalışmalardan hareketle, bu çalışma için aşağıdaki hipotezler oluşturulmuştur:

H3: Hekimlerin defansif tıp bilgi düzeyi ile, negatif defansif tıp tutumları arasında pozitif ilişki vardır.

H4: Hekimlerin defansif tıp bilgi düzeyi negatif defansif tıp tutumlarını etkiler.

4. Materyal ve Metot

Defansif tıp uygulamalarını konu alan bu çalışma, İstanbul ilinde görev yapan kardiyoloji hekimlerinin defansif tıp ile ilgili görüşlerinin değerlendirilmesi için yapılmıştır. Araştırmanın öncelikli amacı, hekimlerin defansif tıp farkındalık düzeylerinin pozitif ve negatif defansif tıp tutumlarına etkilerini ortaya koymaktır. Ayrıca hekimlerin pozitif ve negatif defansif tıp tutumlarının buldukları işletmelerde israf faktörü açısından incelenmesi de araştırmanın diğer bir amacını oluşturmaktadır. Araştırma sadece İstanbul ilinde ve kardiyoloji uzman hekimlerine uygulanıyor olmasından ötürü kısıtlar içermektedir.

Tanımlayıcı nitelikte olan bu çalışmada veri toplama yöntemi olarak anket kullanılmıştır. Anket İstanbul’da görev yapan kardiyoloji hekimlerine 15.03.2021 – 31.03.2021 tarihleri arasında online olarak uygulanmıştır. Toplamda üç boyuttan (18 ifade) oluşan anket, Başer ve arkadaşlarının (2014) defansif tıp tutum düzeyinin belirlenmesi için geliştirdikleri Defansif Tıp Tutum Ölçeğinden alınarak uygulanmıştır. Anketin ilk bölümünde hekimlerin defansif tıp bilgi düzeylerini ölçmek için dört maddelik “defansif tıp farkındalık boyutu”; anketin ikinci ve üçüncü bölümlerinde ise hekimlerin pozitif ve negatif defansif tıp tutumlarını belirlemeye yönelik sırası ile dokuz maddelik “pozitif defansif tıp tutum boyutu” ve beş maddelik “negatif defansif tıp tutum boyutu” yer almaktadır. Katılımcılara sunulan ankette yer alan ölçekteki her ifade 1 “kesinlikle katılmıyorum” ile 5 “kesinlikle katılıyorum” arasında yer alan beşli Likert türü ile hazırlanmıştır. Katılımcılara sunulan ankette, defansif tıp bilgi düzeyi ve defansif tıp tutum boyutlarının yer aldığı ifadelerin dışında herhangi bir soru yöneltilmemiştir.

Anketin uygulanmasından sonra elde edilen veriler SPSS 24,0 paket programı ile analiz edilmiştir. İlk olarak uygulanan anketteki ölçeğin güvenilirlik analizi yapılmıştır. Aşağıda Tablo 1’de defansif tıp ölçeğinin güvenilirlik analizi yer almaktadır.

Tablo 1: Araştırmada Kullanılan Defansif Tıp Ölçeğinin Güvenilirlik Analizi Değerleri

Ölçek	İfade Sayısı (N)	Cronbach’s Alpha
Defansif Tıp Ölçeği	18	0,850

Güvenilirlik sonuçlarını ifade eden Cronbach’s Alpha değeri, ölçek maddelerinin toplamdaki güvenilirlik seviyesini gösterir ve 0 ile 1 arasında değer alır. Sosyal bilimlerde Cronbach’s Alpha değerinin 0,7’nin altında olmaması beklenir (Narcı, 2017: 291). Yukarıda Tablo 1’de defansif tıp ölçeğinin güvenilirlik sonucuna bakıldığında güvenilirlik katsayısının 0,7’nin üstünde (0,850) çıktığı anlaşılmaktadır. Defansif tıp ölçeğinin güvenilir olduğu anlaşıldıktan sonra, değişkenlerin birbiri ile ilişkisinin testi için Korelasyon analizi, birbirine etkisinin testi için ise Regresyon analizi uygulanmıştır.

4.1. Bulgular

İstanbul ilinde görev yapmakta olan 74 kardiyoloji uzmanı hekim çalışma kapsamında yer aldı. Hazırlanan ankette hiçbir şekilde demografik ifadeler yer almamasına rağmen, ankete katılım gönüllülük esasına göre olduğu için 11 hekim cevaplama

yapmadı. Bu nedenle nihai olarak 63 kardiyoloji uzman hekim çalışmaya kapsamına alındı. Çalışmanın bu bölümünde katılımcıların defansif tıp bilgi düzeyleri, pozitif ve negatif defansif tıp tutumlarına yönelik ifadelerle verdikleri yanıtların tanımlayıcı istatistikleri tablolar halinde verildikten sonra, korelasyon ve regresyon analizlerine yer verilmektedir.

Tablo 2: Defansif Tıp Ölçeği Maddelerine Verilen Yanıtların Ortalama ve Standart Sapmaları

Boyut	İfade	Ortalama	Std. Sapma	
Pozitif Defansif Tıp Uygulamaları (Tutum Düzeyi)	1	Hukuki sorunlardan korunmak amacı ile hastalarımın gerekli gördüklerimin dışında tetkikler istiyorum	2,9841	,92444
	2	Hukuki sorunlardan korunmak amacı ile hastalarıma endikasyonları dahilinde yazabileceğim ilaçların çoğunu yazıyorum	3,1905	,77993
	3	Hukuki sorunlardan korunmak amacı ile hastalarımın geliştirebilecek komplikasyonlar ile ilgili daha fazla konsültasyon istiyorum	3,0952	,75593
	4	Hukuki sorunlardan korunmak amacı ile endikasyonları dışı nedenler ile (Örn: sosyal endikasyon) hasta yatırıyorum	2,6825	1,58445
	5	Hukuki sorunlardan korunmak amacı ile görüntüleme tekniklerini daha sık kullanıyorum	2,7937	1,67677
	6	Hukuki sorunlardan korunmak amacı ile tıbbi uygulamaları hastalarıma daha detaylı açıklıyorum	1,6349	,92111
	7	Hukuki sorunlardan korunmak amacı ile hastalarıma daha fazla zaman ayırıyorum	2,0159	,70693
	8	Hukuki sorunlardan korunmak amacı ile kayıtları daha detaylı tutuyorum	3,1429	1,47951
	9	Hukuki sorunlardan korunmak amacı ile aydınlatılmış onam formlarına daha fazla önem veriyorum	3,2381	1,30402
Negatif Defansif Tıp Uygulamaları (Tutum Düzeyi)	10	Hukuki sorunlardan korunmak amacı ile dava etme olasılığı yüksek hastalardan kaçınıyorum	2,4762	1,28084
	11	Hukuki sorunlardan korunmak amacı ile karmaşık problemleri olan hastalardan kaçınıyorum	2,2698	1,15293
	12	Hukuki sorunlardan korunmak amacı ile komplikasyon oranları yüksek tedavi protokollerinden kaçınıyorum	3,0794	1,49517
	13	Hukuki sorunlardan korunmak amacı ile girişimsel tedavi protokolleri yerine girişimsel olmayan protokolleri tercih etmeye yöneliyorum	3,0159	1,00791
	14	Malpraktis ile ilgili konular medyada fazlaca yer buldukça hekimlik uygulamalarımda tedirginlik hissediyorum	2,6667	1,21814
Bilgi Düzeyi	15	Hekimlik mesleğinizin sürecinde malpraktis nedeni ile dava açıldı mı?	2,4762	1,47951
	16	Malpraktis davalarının hekimlik performansına etkisi olacağını düşünüyor musunuz?	2,9206	,70257
	17	Defansif tıp uygulamaları kavramını daha önce duydunuz mu?	3,3651	,90343
	18	Defansif tıp uygulamaları kavramının içeriği konusunda yeterli bilgiye sahip misiniz?	3,0952	,68895

Araştırmaya katılan 63 kardiyoloji uzman hekiminin defansif tıp ölçeğine ait ifadelerle verdikleri yanıtların ortalamaları ve standart sapmaları yukarıda Tablo 2’de yer almaktadır. Buna göre, bilgi düzeyi boyutuna ait ifadelerden en yüksek ortalama 3,3651 iken, pozitif defansif tıp uygulamaları boyutuna ait ifadelerden en yüksek ortalama 3,2381 ve negatif defansif tıp uygulamaları boyutuna ait ifadelerden en yüksek ortalama da 3,0794 olduğu anlaşılmaktadır.

Defansif tıp ölçeğinde yer alan üç boyut araştırma değişkenleri olarak ele alınmıştır. Bu değişkenlerin birbiri ile ilişkisinin testi için Korelasyon analizi uygulanmıştır.

Korelasyon, iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin varlığını ifade etmektedir. Bu ilişkinin varlığı değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkisinden ziyade, ilişkinin kendisini ortaya koymaktadır. Korelasyon analizinde, değişkenler arasındaki ilişkinin varlığı Korelasyon katsayısı “r” ile ifade edilir ve ilişkinin miktarını gösteren bu katsayı -1 ile +1 arasında değer alır. Çıkan bu değer +1’e ne kadar yaklaşırsa o derece kuvvetli pozitif ilişkinin varlığından; -1’e ne kadar yaklaşırsa da o derece kuvvetli negatif ilişkinin varlığından bahsedilebilir. Korelasyon katsayısının (r) değer aralığı aşağıdaki gibidir (Gürbüz ve Şahin, 2014: 256):

Tablo 3: Korelasyon Katsayısının Değer Aralığı

Kuvvetli (-)	Orta (-)	Zayıf (-)	Zayıf (+)	Orta (+)	Kuvvetli (+)
$-1 \leq r < -0,7$	$-0,7 \leq r < -0,3$	$-0,3 \leq r < 0$	$0 < r \leq 0,3$	$0,3 < r \leq 0,7$	$0,7 < r \leq 1$

Kaynak: Gürbüz ve Şahin, (2014: 256).

Araştırma değişkenlerinin birbiri ile olan ilişkisini ortaya koymak için korelasyon analizi yapılmış ve aşağıda Tablo 4’te gösterilmiştir. Tabloda yer alan tüm faktörlerin Pearson Korelasyon analizi sonucunda, önem derecelerinin (Sig.) yüzde e-ISSN: 2148-2683

beşin altında (<0,05) ve aralarında pozitif yönde ilişki olduğu görülmektedir. Tabloda yer alan sonuçlara göre, defansif tıp bilgi düzeyi ve pozitif defansif tıp tutum değişkenleri arasındaki korelasyon katsayısının $r = ,227$ ve defansif tıp bilgi düzeyi ile

negatif defansif tıp tutum değişkenleri arasındaki korelasyon katsayısının $r = ,295$ olduğu görülmektedir. Bu durumda defansif tıp bilgi düzeyi ile pozitif ve negatif defansif tıp tutumları arasında istatistiksel olarak zayıf pozitif yönde bir ilişki var olduğu anlaşılmaktadır. Diğer yandan pozitif ve negatif defansif

tıp tutum değişkenlerinin birbiri arasındaki korelasyon katsayısının $r = ,571$ olduğu görülmektedir. Bu durumda ise pozitif ve negatif defansif tıp tutumları arasında orta pozitif yönde bir ilişkinin var olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 4: Araştırma Değişkenlerine Ait Korelasyon Analizi Sonuçları

		Pozitif Defansif Tıp Uygulamaları	Negatif Defansif Tıp Uygulamaları	Bilgi Düzeyi
Pozitif Defansif Tıp Tutumu	Pearson Korelasyon	1	,571**	,227*
	Sig. (2-tailed)		,000	,043
Negatif Defansif Tıp Tutumu	Pearson Korelasyon		1	,295*
	Sig. (2-tailed)			,019
**. Korelasyon 0.01 düzeyinde önemlidir (2-tailed).				
*. Korelasyon 0.05 düzeyinde önemlidir (2-tailed).				

Yukarıda verilen Tablo 4'teki araştırma değişkenlerine ait Korelasyon değerlerinden hareketle, kurulan H_1 (Hekimlerin defansif tıp bilgi düzeyi ile, pozitif defansif tıp tutumu arasında pozitif ilişki vardır.) ve H_3 (Hekimlerin defansif tıp bilgi düzeyi ile, negatif defansif tıp tutumları arasında pozitif ilişki vardır.) hipotezleri istatistiksel olarak anlamlı olduğu için reddedilemez.

Regresyon analizi, bağımlı değişken ile bağımsız değişken/değişkenler arasındaki ilişkinin bir model ile açıklanmasını ifade eder. Regresyon analizinde dikkat edilmesi gereken en önemli değer, önem derecesidir (sig.) ve bu değer

0,05'ten küçük olması beklenir, çünkü kurulan regresyon modeli diğer durumda istatistiksel olarak engel taşımaktadır (Gürbüz ve Şahin, 2014: 271). Araştırmada kullanılan defansif tıp ölçeğinde yer alan üç boyuttan defansif tıp bilgi düzeyi boyutu bağımsız değişken, pozitif ve negatif defansif tıp tutum boyutları ise bağımlı değişkenler olarak ele alınmıştır. Bu bağlamda bağımsız değişkenin bağımlı değişkenler üzerinde istatistiksel olarak bir etkisinin olup olmadığını anlamak için Regresyon analizi uygulanmıştır.

Tablo 5: Pozitif Defansif Tıp Tutum Değişkeni Regresyon Analizi

Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişken	B	Std. Hata	(β)	t	P	R	R ²	F	p
Defansif Tıp Bilgi Düzeyi	Pozitif Defansif Tıp Tutum	2,555	,23	,23	10,90	,000	,227	,052	3,319	,000

Yukarıda Tablo 5'te pozitif defansif tıp tutum değişkeninin defansif tıp bilgi düzeyi ile istatistiksel olarak ilişkisini ortaya koymak için basit doğrusal regresyon analizi uygulanmıştır. Regresyon analizinde modelin açıklama gücü olarak ifade edilen R^2 değeri: ,052 olarak hesaplanmıştır ($R = ,227$; $R^2 = ,052$; $p < 0,05$). Bu değer, pozitif defansif tıp tutumu değişkeninin %5,2'sinin modeldeki bağımsız değişken olan defansif tıp bilgi düzeyi tarafından açıklandığını göstermektedir. Regresyon

modelinde yer alan bağımsız değişkenin Beta katsayısı, 0,23'tür ($p < 0,05$). Buna göre defansif tıp bilgi düzeyi değişkeni $p < 0,05$ olduğu için, pozitif defansif tıp tutumu üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda kurulan H_2 hipotezi (Hekimlerin defansif tıp bilgi düzeyi, pozitif defansif tıp tutumunu etkiler), Tablo 5'teki regresyon analizi sonuçlarından hareketle değişkenler arasında anlamlı bir etki var olduğu için istatistiksel olarak reddedilemez.

Tablo 6: Negatif Defansif Tıp Tutum Değişkeni Regresyon Analizi

Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişken	B	Std. Hata	(β)	t	P	R	R ²	F	p
Defansif Tıp Bilgi Düzeyi	Negatif Defansif Tıp Tutum	2,446	,23	,30	10,87	,000	,295	,087	5,803	,000

Yukarıda Tablo 6'da negatif defansif tıp tutum değişkeninin defansif tıp bilgi düzeyi ile istatistiksel olarak ilişkisini ortaya koymak için basit doğrusal regresyon analizi uygulanmıştır. Regresyon analizinde modelin açıklama gücü olarak ifade edilen R^2 değeri: ,087 olarak hesaplanmıştır ($R = ,295$; $R^2 = ,087$; $p < 0,05$). Bu değer, negatif defansif tıp tutumu değişkeninin %8,7'sinin modeldeki bağımsız değişken olan defansif tıp bilgi düzeyi tarafından açıklandığını göstermektedir. Regresyon modelinde yer alan bağımsız değişkenin Beta katsayısı, 0,30'dur ($p < 0,05$). Buna göre defansif tıp bilgi düzeyi değişkeni $p < 0,05$ olduğu için, negatif defansif tıp tutumu üzerinde anlamlı bir

etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda kurulan H_4 hipotezi (Hekimlerin defansif tıp bilgi düzeyi negatif defansif tıp tutumlarını etkiler), Tablo 6'daki regresyon analizi sonuçlarından hareketle değişkenler arasında anlamlı bir etki var olduğu için istatistiksel olarak reddedilemez.

5. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Defansif tıp uygulamalarını önlemeye yönelik riskli klinik durumları hedefleyen klinik uygulama kılavuzlarının

geliştirilmesi ve uygulanması, zor durumlarla karşı karşıya kaldığında doktorlara yardımcı olması bakımından önem arz etmektedir. Mevcut sorumluluk ve tazminat sistemlerinde reform yapmak, defansif tıbbın yararlı etkilerini korumak için onun tehlikeli etkilerini azaltmakta bir önlem olabileceği düşünülmektedir. Defansif tıbbın varsayılan etkilerinin hastaların yüksek kaliteli klinik bakımını engelleyip engellemediğini, sağlık hizmeti sunucularının ekonomik yükünü incelemek ve bu sorunla başa çıkmak için farklı stratejiler keşfetmek için daha fazla çalışma yapılması gerektiği düşünülmektedir (Reuveni vd., 2017: 6).

Malpraktis davalarına karşı yüksek risk altındaki hekimlerin finansal ve psikolojik açıdan desteklemek, uygun bakım ile ilgili hastaları ve hekimleri eğitmeye odaklanmak defansif tıba karşı önlem niteliği taşıdığı düşünülmektedir (Studdert vd., 2015: 2617).

Araştırmadan elde edilen sonuçlardan hareketle, hekimlerin defansif tıp bilgi (farkındalık) düzeylerinin pozitif ve negatif defansif tıp tutumları üzerinde etkisi olduğu görülmekte, bu sonucun literatürdeki defansif tıp ile ilgili yapılan araştırmalardaki sonuçlarla (Ortashi vd., 2013; Başer vd., 2014; Aydaş, 2014; Reuveni vd., 2016; Mete vd. 2017) benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Araştırmadan elde edilen bu sonuçtan hareketle defansif tıbbın hekimler tarafından farkındalık düzeyinin artmasının, bunun pozitif ve negatif defansif tıp tutumlarına yansıtacağı söylemek yanlış olmayacaktır.

Defansif tıp uygulamaları hekimlerin bağlı oldukları sağlık işletmelerine ve dolayısı ile ülke kaynaklarına ekstra maliyet olarak yansıtması neden ile israfa neden olmaktadır (Sloan ve Shadle, 2009; Hermer ve Brody, 2010; Asher vd., 2012; Sethi vd., 2012; Rothberg vd., 2014; Panella vd., 2017; Keane vd., 2020). Bu çalışmadaki bulgular da literatürde yazılmış daha önceki çalışmaları desteklemektedir; İstanbul'da kardiyoloji hekimlerinin başvurduğu defansif tıp tutumlarının buldukları sağlık işletmelerine maliyet olarak ekstra bir yük getireceğinden israfa neden olacağı anlaşılmaktadır (Kaptanoğlu, 2018).

Çalışma sadece kardiyoloji hekimlerine ve İstanbul'da belirli bir tarih aralığında uygulandığı için bir takım kısıtlar içermektedir. Bu nedenle ileride bu alanda yapılacak çalışmalar için, sadece bir uzmanlık alanında değil, diğer uzmanlık alanlarında da görev yapan hekimlerin tercih edilmesi, ayrıca belirli bir zaman aralığında değil, farklı zaman aralıklarında araştırma yapılması, daha kapsayıcı nitelikte sonuçlar vereceği öngörüldüğünden tavsiye edilmektedir.

Kaynakça

- Asher, E., Greenberg-Dotan, S., Halevy, J., Glick, S., & Reuveni, H. (2012). Defensive medicine in Israel—a nationwide survey.
- Aydaş, S. (2014), Hekimlerde Malpraktis Kaynaklı Defansif Tıp Davranışları, Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Yönetimi Anabilim Dalı Hastane ve Sağlık Kurumları Yönetimi Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Aynacı, Y. (2008), Hekimlerde Defansif (Çekinik) Tıp Uygulamalarının Araştırılması, Selçuk Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı Tıpta Uzmanlık Tezi, Konya.
- Başer, A., M. İ. B. Kolcu, G. Kolcu, Ö. Tuncer Ve M. Altuntaş, (2014), “Diş Hekimlerinin Defansif Diş Hekimliği Konusundaki Görüşleri: Kesitsel Bir Çalışma”, *İzmir*

- Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi Dergisi*, 24(2), s. 103-109.
- Başer, A., G. Kolcu, Y. Çığırıl, B. Kadıncık Ve K. Öngel, (2014), “İzmir Karşıyaka İlçesinde Görev Yapan Aile Hekimlerinin Defansif Tıp Uygulamaları İle İlgili Görüşlerinin Değerlendirilmesi”, *Smyrna Tıp Dergisi*, 3, S. 16- 24.
- Bergen, Rp., (1974), “Defensive Medicine Is Good Medicine”, *Jama*, 228(9), S. 1188- 1189.
- Çetin, G. (2006), “Tıbbi Malpraktis”, Yeni Yasalar Çerçevesinde Hekimlerin Hukuki Ve Cezai Sorumluluğu, Tıbbi Malpraktis Ve Adli Raporların Düzenlenmesi, İ.Ü. Tıp Fakültesi *Sürekli Tıp Eğitim Etkinlikleri Sempozyum Dizisi*, 48, S. 31-42.
- Gürbüz, S., & Şahin, F. (2014). *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık, 271.
- Hermer, L. D., & Brody, H. (2010). Defensive Medicine, Cost Containment, And Reform. *Journal Of General Internal Medicine*, 25(5), 470-473.
- Hiyama, T., M. Yoshihara, S. Tanaka, Y. Urabe, Y. Ikegami, T. Fukuhara Ve K. Chayama, (2006), “Defensive Medicine Practices Among Gastroenterologists In Japan”, *World Journal Of Gastroenterology*, 12(47), S. 7671–7675.
- Özyurt Kaptanoğlu, R. (2018). “Marketing of Health Tourism in Turkey and the World”, in “Studies on Balkan and Near Eastern Social Sciences”, (Ed. R. Yılmaz), Volume 2, pp. 95-105.
- Keane, M. P., McCormick, B., & Popławska, G. (2020). Health Care Spending In The Us Vs Uk: The Roles Of Medical Education Costs, Malpractice Risk And Defensive Medicine. *European Economic Review*, 124, 103401.
- Mete, B., E. Nacar, Ç. Tekin, E. Ünver Ve G. Güneş, (2017), “Investigating The Defensive Medical Practices Of The Physicians Working In The City Center Of Malatya”, *Medicine Science*, 6(2), S. 270- 275.
- Narcı, M. T. (2017). Tüketici Davranışları Ve Sosyal Medya Pazarlaması: Üniversite Öğrencileri Üzerine Bir Araştırma. *Bulletin Of Economic Theory And Analysis*, 2(3), 279-307.
- Ortashi, O., J. Virdee, R. Hassan, T. Mutrynowski, Ve F. Abu-Zidan, (2013), “The Practice Of Defensive Medicine Among Hospital Doctors In The United Kingdom”, *Bmc Med Ethics*, S. 14- 42.
- Panella, M., Rinaldi, C., Leigheb, F., Knesse, S., Donnarumma, C., Kul, S., ... & Di Stanislao, F. (2017). Prevalence And Costs Of Defensive Medicine: A National Survey Of Italian Physicians. *Journal Of Health Services Research & Policy*, 22(4), 211-217.
- Project. (1971), “The Medical Malpractice Threat: A Study Of Defensive Medicine”, *Duke Law Journal*, 1971(5), S. 939-993.
- Reuveni, I., I. Pelov, H. Reuveni, O. Bonne And Canetti, (2017), “Cross-Sectional Survey On Defensive Practices And Defensive Behaviours Among Israeli Psychiatrists”, *Bmj Open*, S.1- 7.
- Rothberg, M. B., Class, J., Bishop, T. F., Friderici, J., Kleppel, R., & Lindenaue, P. K. (2014). The Cost Of Defensive Medicine On 3 Hospital Medicine Services. *Jama Internal Medicine*, 174(11), 1867-1868.
- Selçuk, M. (2015), Çekinik (Defansif) Tıp, İzmir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sağlık Hukuku Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Sethi, M. K., Obremsky, W. T., Natividad, H., Mir, H. R., & Jahangir, A. A. (2012). Incidence And Costs Of Defensive Medicine Among Orthopedic Surgeons In The United

- States: A National Survey Study. *Sports Medicine*, 421, 35-5.
- Sloan, F. A., & Shadle, J. H. (2009). Is There Empirical Evidence For “Defensive Medicine”? A Reassessment. *Journal Of Health Economics*, 28(2), 481-491.
- Studdert, D. M., M. M. Mello, W. M. Sage, C. M. Desroches, J. Peugh, K. Zapert Ve T. A. Brennan, (2005), “Defensive Medicine Among High-Risk Specialist Physicians In A Volatile Malpractice Environment”, *Jama*, 293, S. 2609-2261.
- Summerton, N., (1995), “Positive And Negative Factors In Defensive Medicine: A Questionnaire Study Ofgeneral Practitioners”, *Bmj*, 310, S. 27- 29.
- Tancredi, Lr. Ve Barondess Ja. (1978), “The Problem Of Defensive Medicine”, *Science*, 200(4344), S. 879-82.
- Teke, Y. H., H. A. Alkan, A. Z. Başbulut Ve G. Cantürk, (2007),“Tıbbi Uygulama Hataları İle İlgili Kanuni Düzenlemelere Hekimlerin Bakışı Ve Bilgilenme Düzeyi: Anket Çalışması”, *Türkiye Klinikleri Dergisi*, 4(2), S. 61-67.
- Yıldırım, A., M. Aksu, İ. Çetin Ve A. G. Şahan, (2009), “Tokat İli Merkezinde Çalışan Hekimlerin Tıbbi Uygulama Hataları İle İlgili Bilgi, Tutum Ve Davranışları”, *Cumhuriyet Tıp Dergisi*, 31, S. 356-366.
- Yılmaz, K., (2012), Defansif Tıbbi Uygulamaların Hukuki Açıdan Yorumlanması, İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü Sosyal Bilimler A.B.D. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yılmaz. K., O. Polat Ve B. Kocamaz, (2014), “Defansif Tıp Uygulamalarının Hukuksal Açıdan İncelenmesi”, *Taad*, 16, . 19- 51.
- Yorulmaz, Ac. (2005), İstanbul Tabip Odası’ Na Yansıyan Hekim Hatası İddiası Bulunan Olguların Adli Tıp Açısından Değerlendirilmesi, İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.



Patoloji Görüntülerinin Derin Öğrenme Yöntemleri İle Sınıflandırılması

Meral Karakurt¹, İsmail İşeri^{2*}

¹ Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Düziçi Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Osmaniye, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-7318-2798), meralkarakurt@osmaniye.edu.tr

^{2*} Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0442-1406), ismail.iseri@bil.omu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 17 Ekim 2021 ve Kabul Tarihi 23 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1011091)

ATIF/REFERENCE: Karakurt, M. & İşeri, İ. (2022). Patoloji Görüntülerinin Derin Öğrenme Yöntemleri İle Sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 192-206.

Öz

Meme kanseri, kadınlar arasında en çok görülen kanser türüdür. Hastalıkların tespit edilmesi amacıyla kullanılan medikal görüntülerin analiz edilmesi için birçok makine öğrenmesi ve yapay zeka yöntemi kullanılmaktadır. Yapay zeka yöntemlerinden biri olan derin öğrenme, görüntü sınıflandırma, nesne tanıma, segmentasyon gibi işlemler için kullanılmaktadır ve patoloji görüntülerinin analizi için en çok tercih edilen yöntemlerden biridir. Bu çalışmada, derin öğrenme mimarilerinden evrimsel sinir ağı (CNN) kullanılarak, meme patoloji görüntülerinin sınıflandırması işlemi gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucu elde edilen model ile kanserli ve kanserli olmayan patoloji görüntülerinin sınıflandırılmasında doğruluk değeri 0.8775, F1 skoru 0.8238, hassasiyet değeri 0.8381, hatırlama değeri 0.8762, MSE değeri 0.1195, MAE değeri 0.2497 elde edilmiştir. Elde edilen yüksek doğruluk, F1 skoru, hassasiyet ve hatırlama değerleri ile düşük hata değerleri, bu çalışma kapsamında önerilen CNN modelinin patoloji görüntülerinin sınıflandırılmasında kullanılabilirliğini; özellikle tıp fakültelerinin ve hastanelerin patoloji bölümlerinde kullanılabilir sistemler tasarlanabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Patoloji Görüntüleri, Derin Öğrenme, CNN, Sınıflandırma.

Classification Of Pathology Images With Deep Learning Methods

Abstract

Breast cancer is the most common type of cancer among women. Many machine learning and artificial intelligence methods are used to analyze medical images used to detect diseases. Deep learning, which is one of the artificial intelligence methods, is used for operations such as image classification, object recognition, segmentation and is one of the most preferred methods for the analysis of pathology images. In this study, classification of breast pathology images was carried out by using a deep learning architecture, Convolutional Neural Networks (CNN). With the model obtained as a result of the experiments, the accuracy value was 0.8775, the F1 score was 0.8238, the sensitivity value was 0.8381, the recall value was 0.8762, the MSE value was 0.1195, and the MAE value was 0.2497 in the classification of cancerous and non-cancerous pathology images. The high accuracy, F1 score, sensitivity and recall values and low error values obtained indicate that the CNN model proposed in this study can be used in the classification of pathology images; shows that systems that can be used especially in the pathology departments of medical faculties and hospitals can be designed.

Keywords: Pathology Images, Deep Learning, CNN, Classification.

* Sorumlu Yazar: Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0442-1406), ismail.iseri@bil.omu.edu.tr

1. Giriş

Canlıların vücutlarını oluşturan hücreler belli bir düzene göre bölünerek çoğalmaktadır. Kansere, hücrelerin kontrolsüz bir şekilde çoğalmasıdır. Hücrelerin yapısı ve işleyişinin bozulmasına sebep olan kanser, tüm dünyayı ilgilendiren önemli bir sağlık sorunudur. Yanlış beslenme, alkol kullanımı, kimyasal maddeler, obezite, fiziksel aktivite yetersizliği ve daha birçok etken kansere sebep olabilmektedir. Meme kanseri, memeyi oluşturan hücrelerde meydana gelen ve kadınlar arasında en çok görülen kanser türüdür. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün verilerine göre 2020'de dünya genelinde 2,3 milyon kadın meme kanserine yakalanmıştır (World Health Organization, 2021).

Medikal görüntü, vücudun iç yapısının çeşitli yöntemler kullanılarak görselleştirilmesi ile elde edilmektedir. Medikal görüntülerin bilgisayar ortamına aktarılmasıyla beraber bilgisayar destekli analizler yapmak amacıyla birçok uygulama geliştirilmektedir. Çeşitli matematiksel işlemlerle mevcut verilerden bilgi edinen ve bu bilgiler ile tahminler yapabilen yöntemler bütününe makine öğrenmesi denir (Rende vd, 2017). Bir makine öğrenmesi yöntemi olan yapay sinir ağları, yapay sinir hücresi denilen nöronlar kullanılarak tahmin ve sınıflandırma gibi belli amaçlara ulaşmayı amaçlayan bir bilim dalıdır. Medikal görüntü analizi işlemleri, 1970'li yıllardan 1990'lı yıllara kadar kural tabanlı sistemler olan uzman sistemler kullanılarak kenar filtreleme gibi düşük seviyeli piksel işlemleri ile gerçekleştirilmiştir. 1990'lı yılların sonunda eğitim verilerinin bir sistem geliştirmek için kullanıldığı denetimli sistemler popüler olmuştur (Litjens vd, 2017).

Segmentasyon, öznitelik çıkarımı ve istatistiksel sınıflandırıcıların kullanıldığı makine öğrenmesi yaklaşımları, günümüzde yaygın olarak kullanılan yapay zeka temelli medikal görüntü analiz sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. Bu sistemlerin tasarımında, öznitelik çıkarımı ve çıkarılan özniteliklerin bilgisayarın öğrenmesini sağlamak önemlidir. Öznitelik çıkarımı yapmak amacıyla, temel bileşen analizi (principal component analysis – PCA), görüntü parçalarının kümelenebilmesi ve daha birçok metod kullanılmaktadır (Litjens vd, 2017; Özcan, 2014).

Geleneksel makine öğrenmesi yöntemlerinden farklı olarak öznitelik çıkarımının mimari tarafından yapılması amacıyla geliştirilen derin öğrenme mimarileri, giriş verilerini çıkışlara dönüştüren birçok katmandan oluşan yapay sinir ağlarıdır. Bu mimarilerde, her katmanda probleme ait bazı öznitelikler öğrenilerek bu öznitelikler bir üst katmana girdi verisi olarak verilmektedir (Işık ve Artuner, 2016). Böylece, en alt katmandan en üst katmana doğru detayları giderek artan özniteliklerin öğrenildiği bir yapı oluşturulmaktadır. Son yıllarda, verilerden özellik çıkarımının doğrusal olmayan biçimde ve hızlı yapılması, kendi kendine öğrenme ve genelleme kabiliyeti derin öğrenme yöntemlerine olan ilgiyi arttırmaktadır. Derin mimariler daha az bellek alanı gerektirmekte, daha hızlı işlemler yapmakta ve daha verimli sonuçlar sağlamaktadır. Görüntü işleme, sinyal işleme, doğal dil işleme, ilaç keşfi ve daha birçok alanda derin öğrenme yöntemleri başarıyla kullanılmaktadır (Carrio vd, 2017; Chen vd, 2018; Ekmekçi, 2016; Vargas vd, 2017; Xie vd, 2017).

Görüntü analizi işlemlerinde günümüze kadar en çok başarı gösteren derin öğrenme mimarileri, evrimsel sinir ağlarıdır (Convolutional Neural Networks, CNN) (Litjens vd, 2017). CNN mimarileri, 1980'li yıllarda ortaya atılmıştır ve 1995'te medikal

görüntü analizi işlemleri için kullanılmaya başlanmıştır (LeCun vd, 1989). İlk başarılı CNN mimarisi olan LeNet, 1998 yılında, el yazısı rakam tanımda kullanılmıştır (LeCun vd, 1998). Bu başarılarına rağmen CNN mimarilerinin kullanımı, yazılım ve donanım eksiklikleri sebebiyle 2010'lu yıllara kadar popülerlik kazanamamıştır. 2012'de ortaya atılan ve CNN mimarileri için dönüm noktası olan AlexNet mimarisi, derin sinir ağları konusunda bir standartlaştırma yarışması olan ImageNet yarışmasında %83.6 başarıyla birinci olmuştur (Krizhevsky vd, 2012). AlexNet' in bu başarısı sonraki yıllarda yapılan ImageNet yarışmasında derin öğrenme kullanımının önemli derecede artmasını sağlamıştır (Komura ve Ishikawa, 2018). AlexNet mimarisinin LeNet mimarisi ile benzerlikleri vardır. Ancak AlexNet mimarisinde hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu yerine ReLU kullanılması, günümüzde en çok tercih edilen mimarilerden biri olmasını sağlamıştır (Krizhevsky vd, 2012). 2013 yılında ZFNet mimarisi %88.3 başarıyla ve 2014 yılında GoogleNet mimarisi %93.3 başarıyla ImageNet yarışmasını kazanmışlardır. 2014 yılında tanıtılan ve 22 katmanlı olan GoogleNet verimlilik ve pratikliğiyle düşük bellekli ve sınırlı hesaplama kaynaklarına sahip olanlar dahil tüm cihazlarda kullanılmak amacıyla tasarlanmıştır (Szegedy vd, 2015). 2015 yılında ise ResNet mimarisi, %3.57 hata oranı ile ImageNet yarışmasında birinci olmuştur. 2015 yılında ayrıca, SegNet ve U-Net derin mimarileri de tanıtılmıştır (Lee vd, 2017).

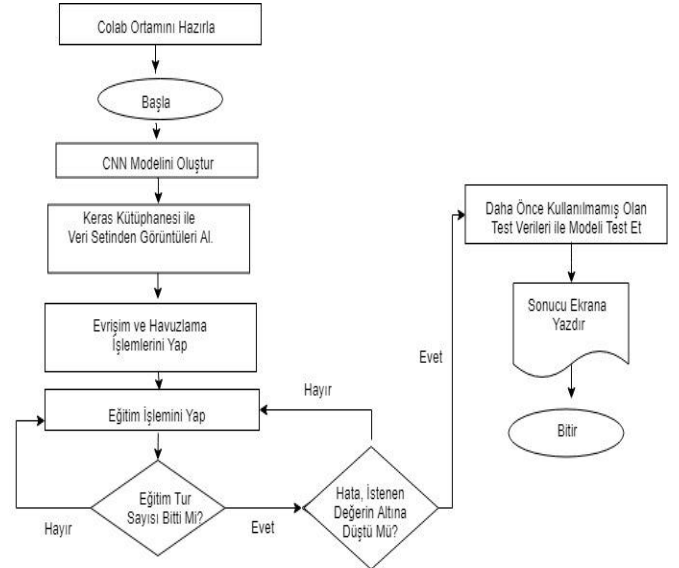
Derin öğrenme yöntemleri kullanılarak yapılan birçok çalışma vardır. Örneğin, Lo S. vd., genel olarak medikal görüntülerde örüntüleri tanımak amacıyla CNN mimarisini kullanmışlardır. Göğüs radyografileri üzerinde akciğer nodüllerinin tespiti ve mamografi görüntülerinde mikro kireçlenme tespiti yapmak için CNN mimarisini test etmişlerdir. İki gizli katman kullanarak tasarladıkları ağı performansı değerlendirmesi için ROC eğrisini kullanmışlardır ve ağı başarılı sonuçlar ürettiğini ve klinik ortamlarda kullanılabileceğini göstermişlerdir (Lo vd, 1995). Cireşan D.C. vd., meme histoloji görüntülerinde mitozu saptamak için derin sinir ağlarını kullanmışlardır. Uluslararası Üretim Araştırma Konferansı (International Conference on Production Research - ICPR) 2012 mitoz tespit yarışmasını kazanarak, diğer yarışmacıları üstün bir farkla geride bırakmışlardır (Cireşan vd, 2013). Davy A. vd., beyin tümörü tanısı koymak amacıyla beyin tümörü görüntüleri üzerinde derin sinir ağlarını kullanmışlardır. Bu çalışma, 2013 yılında yapılan beyin tümörü görüntü segmentasyonu yarışmasında (BRATS2013) en başarılı çalışma olarak seçilmiştir (Davy vd, 2014). Aynı amaçla Havaei M. vd., bir CNN çıktısının sonraki bir CNN için ek bilgi kaynağı olarak kullanıldığı bir kaskad CNN mimarisi kullanmışlardır. Mimarilerini test etmek amacıyla, BRATS2013 test veri setini kullanarak mimarilerinin o dönemde yayınlanmış olan son teknolojilere göre daha iyi bir gelişme gösterdiğini ve 30 kat daha hızlı olduğunu göstermişlerdir (Havaei vd, 2017). Zhao X. vd. de tamamen bağlı evrimsel sinir ağları (Fully Convolutional Neural Networks – FCNNs) ve koşullu rastgele alanlarını (Conditional Random Fields - CRF) birleştirdikleri bir mimari sunmuşlardır (Zhao vd, 2018). Danaee P. vd., meme kanseri tanıma ve segmentasyonunda genlerin kritik olarak tespiti için derin öğrenme kullanmışlardır. Yüksek boyutlu ve gürültülü gen verilerinden öznitelik çıkarmak için 4 katmanlı bir yığın gürültü azaltan otomatik kodlayıcı (Stacked Denoising Auto Encoder - SDAE) ve SDAE' nin öğrenme aşamasında ezberlemeyi engellemek için de seyreltme hiper-parametresini kullanmışlardır (Danaee vd, 2016). Isin A. ve Özdalili S., Elektrokardiyogram (EKG) görüntülerini sınıflandırmada AlexNet mimarisini kullanmışlardır. Eğitim verilerinde % 98,51

ve test verilerinde % 92 civarında doğruluk değerleri elde etmişlerdir (Isin ve Özdalili, 2017). Xiao K. vd., histopatolojik görüntülerdeki lenf düğümlerinde meme kanseri metastazlarının tespiti ve sınıflandırılması için ResNext mimarisini kullanmışlardır. 101 katmanlı CNN ile büyük bir veri setini parça tabanlı olarak eğitmişlerdir. Sınıflama performansını değerlendirmek için CAMELYON 2017’de kabul edilen 5 sınıflı 2. derece ağırlıklı kappa metriği kullanmışlardır. Meme kanseri metastazlarını 2 sınıfa ve 3 sınıfa ayırmışlardır. Kappa metriğini, 5-kat çapraz doğrulama ile 3 sınıfa ayırmada %99.54 ve 2 sınıfa ayırmada %89.57 başarılı olarak ölçmüşlerdir (Xiao vd, 2017). Nirschl J.J. vd., akut kalp yetmezliği tanısı koymak amacıyla, H&E boyalı kardiyak histopatoloji görüntüleri üzerinde Caffe kütüphanesi ile beraber CIFAR-10 yarışmasında kullanılan AlexNet mimarisini değiştirerek kullanmışlardır. Diğer taraftan el yapımı özellikleri ile birlikte rastgele orman sınıflandırıcı kullanarak yaptıkları karşılaştırma neticesinde derin öğrenme yönteminin daha başarılı olduğunu göstermişlerdir (Nirschl vd, 2017). CAMELYON16 (Kasım 2015- Kasım 2016) meme kanseri olan kadın hastalarda lenf düğümü metastazlarının tespiti yarışmasında, bazı derin öğrenme algoritmaları 11 patoloğdan daha iyi performans göstermişlerdir. Yarışmada sunulan 32 algoritmadan 25 tanesi derinlemesine evrimsel sinir ağları kullanmışlardır (Bejnordi vd, 2017). Motlagh N.H. vd., meme kanseri alt tiplerini sınıflandırmak amacıyla bir derin öğrenme çalışması yapmışlardır. Mimarilerinin ilk adımı olarak önceden eğitilmiş bir ResNet V1 50 mimarisi kullanarak meme kanseri ile beraber mesane, akciğer ve lenfoma kanserlerinin tanısında ortalama % 99.8’ lik bir doğruluk elde etmişlerdir. İkinci adımda ise bir ResNet V1 152 mimarisi kullanarak % 98.7 doğrulukla iyi huylu ve kötü huylu meme kanserlerini sınıflandırmışlardır (Motlagh vd, 2018). Roy K. vd., histopatolojik meme görüntülerini sınıflandırmak amacıyla CNN kullanan yama tabanlı bir sınıflandırıcı önermişlerdir. Görüntü sayısının yetersizliğinden dolayı, yamaların çıkarılması ve büyütülmesi ile gerçekleştirdikleri sınıflandırma işlemi %87 hassasiyet sağlamıştır (Roy vd, 2019). İlkılıç Aytaç Z. vd., tiroid kanseri tespiti yapmak amacıyla evrimsel sinir ağlarını kullanmışlardır. Elde ettikleri başarılı test sonuçları ile önerdikleri modelin tiroid kanseri tespitinde kullanılabileceklerini göstermişlerdir (İlkılıç Aytaç vd, 2021). Özçelik Y.B. ve Altan A., diyabetik retinopati tespiti yapmak için evrimsel sinir ağları ve transfer öğrenmesi yöntemlerini kullanmışlardır. Önerdikleri modelin % 97.8 sınıflandırma performansına sahip olduğunu göstermişlerdir (Özçelik ve Altan, 2021).

Bu çalışmada, meme kanserinin yüksek doğruluk ve hızda tespit edilmesi amacıyla bir CNN modeli önerilmektedir. İkinci bölümde modelin geliştirilmesinde kullanılan materyal ve metot anlatılmaktadır. Üçüncü bölümde modelin eğitim ve test işlemleri yapılmakta ve deneysel sonuçlar tartışılmaktadır. Son bölümde ise çalışmanın sonuçları ve gelecekte kullanılabileceği bilgileri verilmektedir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmanın uygulama akış diyagramı Şekil 1 ile gösterilmiştir.



Şekil 1. Uygulama Akış Diyagramı (Figure 1. Application Flow Diagram)

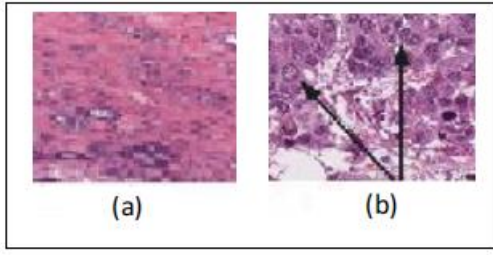
2.1. Patoloji Veri Seti

Eski Yunancada hastalık bilimi anlamına gelen patoloji, tıpta bir uzmanlık alanıdır. Patolojik görüntüleme, hastalıklı organların çıplak gözle veya mikroskop altındaki anormal görünümünün incelenmesi amacıyla ortaya atılan görüntüleme tekniğidir. Mikroskop altında cam slaytlar kullanılarak yapılan patolojik görüntülemenin yerini günümüzde dijital görüntüleme almıştır. Dijital patoloji görüntüleri, bir bilgisayar ekranında veya mobil aygıtta görüntülenebilen yüksek çözünürlüklü dijital görüntüler sağlamak amacıyla bir tarama aygıtı kullanılarak cam slaytların taranmasıyla elde edilmektedir. İncelenecek dokular özel makinelerle taranmakta ve bilgisayar ortamına dijital görüntüler olarak aktarılmaktadır (Veta vd, 2014). Anatomi ve fizyolojide öğrenilen bilgilere, patolojik görüntülerin eklenmesiyle hastalıkların daha kolay anlaşılması hedeflenmiştir. Günümüzde, tümörlerin tanısı başta olmak üzere, pekçok hastalığın kesin tanısı için patolojik inceleme gereklidir.

Hastadan alınan biyopsi örneklerinin görüntülenmesinde yaygın olarak hematoksilin ve eosin (H&E) boyama tekniği kullanılmakta ve çekirdek, stoplazma gibi yapıların farklı renklerle belirginleştirilmesi sağlanmaktadır (Basavanhally, 2010; Basavanhally vd, 2011; Belsare ve Mushrif, 2012; Cosatto vd, 2008; Dinsmore, 2014; Glotsos vd, 2004; Madabhushi ve Lee, 2016; Nedzved vd, 2007; Paramanandam vd, 2016).

Tüm slayt görüntüleme (WSI) teknolojisinin kullanılmasıyla normal patolojiden daha başarılı sonuçlar elde edilmekte ve görüntülerin yorumlanması ve ağ ortamında paylaşımı kolaylaşmaktadır (Pantanowitz, 2010; Rani ve Amsini, 2018).

Bu çalışmada kullanılan meme patoloji örneklerine bakıldığında Şekil 2(a)'da gösterildiği gibi kanserli olmayan meme patoloji görüntülerinde çekirdek, sitoplazma ve diğer dokuların yapısı ve işleyişleri belli bir düzende iken Şekil 2(b) ile gösterilen kanserli hücrelerde çekirdeklerin rastgele bölünerek çoğaldıkları ve sitoplazmanın yapısını da bozdukları görülmektedir. Bu bozulmalar veri setinin bazı görüntülerinde net olarak gözle görülebilirken bazı görüntülerde net olarak görülemez.



Şekil 2. (a) Kanserli Olmayan Meme Patoloji Görüntüsü ve (b)Kanserli Meme Patoloji Görüntüsü (Figure 2. (a) Pathology Image of Non-Cancerous Breast and (b) Cancerous Breast Pathology Image)

Bu çalışmada, Kaggle web sitesinde Paul Mooney tarafından 2017 yılında sunulan meme patoloji görüntülerinden oluşan bir veri seti kullanılmıştır. Bu veri setinden eşit sayıda kanserli ve kanserli olmayan 60000 görüntü alınarak bu mimarinin eğitim ve test işlemlerinde kullanılmıştır. Bir mimarinin tasarlanmasında kullanılacak veri setinin büyüklüğü, dağılımının belli bir oranda olması mimarinin başarısında büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple, bu mimaride kullanılan veri seti eşit dağılımlı olarak ayarlanmıştır.

Bu veri setindeki 50x48, 45x48 gibi farklı boyuttaki görüntüler yeniden boyutlandırılmış ve elde edilen 50x50 boyutlu görüntüler üzerinde sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu görüntülerin 40000 tanesi eğitim amacıyla 20000 tanesi de test amacıyla kullanılmıştır. Eğitim ve test verileri eşit sayıda kanserli ve normal görüntüler içermektedir.

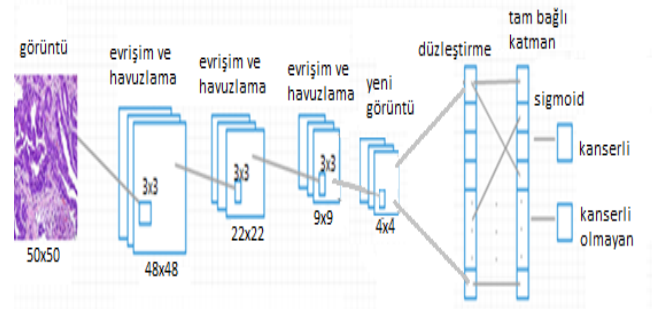
2.2. Evrişimsel Sinir Ağları (CNN)

Görüntü analizi işlemlerinde en yaygın kullanım alanına sahip derin öğrenme mimarisi olan CNN'ler, bir veya birden fazla evrişim katmanından oluşan ve bu katmanlarda doğrusal olmayan fonksiyonların bulunduğu yapılardır. Genel olarak bir CNN mimarisi; sırasıyla girdi, evrişim, havuzlama, aktivasyon ve sınıflama katmanlarından oluşmaktadır.

Diğer makine öğrenmesi yöntemlerinden farklı olarak derin öğrenme mimarilerinde, özellik çıkarımı ham veriler üzerinde yapılmakta ve bu veriler işlenirken gerekli bilgiler, farklı katmanlarda oluşturulmuş temsillerle elde edilmektedir. Ayrıca derin öğrenme mimarilerinde çok yüksek miktarda veriyi işleyebilecek çok yüksek hesaplama gücü olan donanımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Aynı boyutta katmanlara sahip standart ileri beslemeli sinir ağları ile karşılaştırıldığında, CNN'ler çok daha az bağlantı ve parametreye sahiptir; bu sayede eğitilmesi daha kolaydır (Krizhevsky vd, 2012).

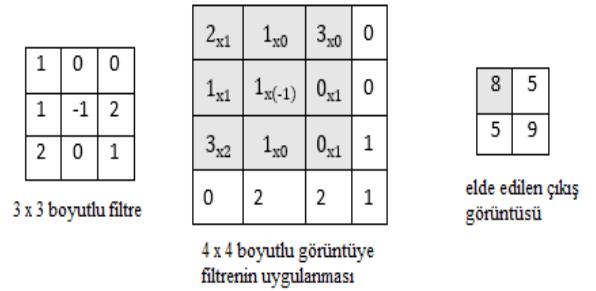
Bu çalışmada kullanılan CNN mimarisi Şekil 3'te gösterildiği gibi özellik çıkarımı aşamasında 3 tane evrişim katmanı, 3 tane ReLU katmanı ve 3 tane havuzlama katmanı kullanılarak görüntü boyutları küçültülmüş ve bu görüntülerden anlamlı bilgilerin çıkarılması sağlanmıştır. Daha sonra, çıkarılan bu özellikler tek boyutlu vektör olarak düzeltilmiş 200 nörona sahip bir tam bağlı katman ile sınıflandırılmıştır.



Şekil 3. Bu Çalışmada Kullanılan CNN Mimarisi (Figure 3. CNN Architecture Used in This Study)

Meme patoloji görüntüleri üzerinde evrişim işlemleri yapılarak bu görüntülerden anlamlı bilgiler elde edilmiştir. Her evrişim işleminden sonra maksimum havuzlama işlemi yapılarak bilgi kaybını en az oranda tutacak şekilde görüntülerin boyutları küçültülmüştür. Ağın başarısını ölçmek amacıyla 1 değerine yakınsaması istenen F1 skoru, doğruluk (accuracy), hassasiyet (sensitivty) ve hatırlama (recall) metrikleri ile 0 değerine yakınsaması istenen MSE ve MAE metrikleri kullanılmıştır.

Evrişim katmanında, girdi verilerinden öznetelik haritası üretilmiştir. Evrişim işlemi, bir filtrenin tüm görüntü üzerinde piksel piksel kayarak bir nokta çarpım yapılmasıdır. Şekil 4 ile gösterilen 3x3 boyutlu örnek bir filtre kullanılarak 4x4 boyutlu örnek bir görüntü üzerinde evrişim işlemi yapılarak 2x2 boyutlu bir görüntü elde edildiği gösterilmiştir. Burada önemli olan bir husus, farklı cihazlarla elde edilen yüksek çözünürlüklü orijinal görüntülerin derin öğrenme mimarilerinde kullanılacak boyutlara dönüştürülmesinde belli bir standardın olmamasıdır (Komura ve Ishikawa, 2018).

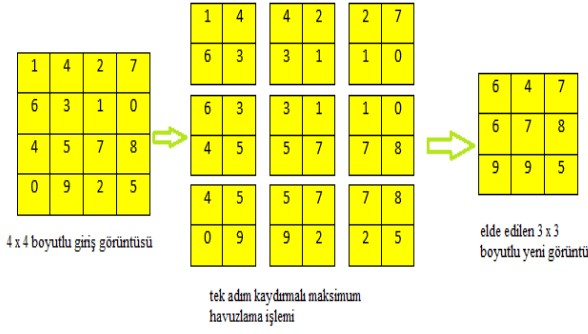


Şekil 4. Örnek Filtrenin Örnek Görüntüye Uygulanması (Figure 4. Applying the Sample Filter to the Sample Image)

Havuzlama katmanında, sonraki katmana geçen değerlerin en büyükleri, en küçükleri ya da ortalamaları alınarak bir alt örnekleme işlemi yapılmaktadır.

Bu çalışmada, Şekil 5'te gösterildiği gibi son katmana geçen değerlerin en büyüklerini alma işlemi olan maksimum havuzlama işlemi kaydırma (stride) değeri 1 ve filtre boyutu 2x2 seçilerek gerçekleştirilmiştir. Havuzlama işleminin sonucunda, çıkış görüntüsünün filtre boyutu, kaydırma ve dolgulama (padding) parametrelerinin değerlerine göre küçülmektedir. Seçilen hiperparametrelerle ilişkili olarak evrişim ve havuzlama katmanlarında boyut azaltma işlemi aşağıda matematiksel denklemlerle ifade edilmektedir. $n \times n$ boyutlu bir giriş görüntüsü üzerinde, $f \times f$ boyutlu bir özellik çıkarıcı filtre ve s kaydırma adımı hiperparametreleri kullanılarak p ile ifade edilen dolgulama işlemi; $p=(f-1)/2$ formülü ve çıktı görüntüsünün boyutu $m \times m$ olmak

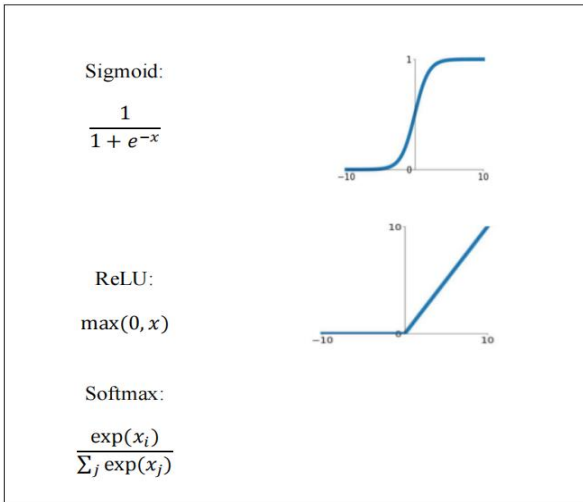
üzere; $m = [(n+2p - f) / s] + 1$ formülü kullanılarak hesaplanmaktadır (Kurt, 2018).



Şekil 5. Maksimum Havuzlama İşlemi Örneği (Figure 5. Example of Maximum Pooling Operation)

Evrişim işlemlerinden sonra elde edilen özellikler tam bağlı yapay sinir ağına girdi verisi olarak verilerek sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma aşamasında, ağıın ezberlemesini engellemek amacıyla seyreltme değeri kullanılmıştır. Seyreltme, tam bağlı katmanlarda, her tekrarda rastgele bazı düğümlerin iptal edilmesi işlemidir.

Evrişim işlemleri sonucunda elde edilen özellikler, bir katmandaki bütün nöronların bir sonraki katmanın bütün nöronlarına bağlı olduğu tam bağlı katmana girdi olarak verilmektedir. Tam bağlı katmanlarda geleneksel ileri beslemeli sinir ağlarındaki işlemler yapılmaktadır. Tam bağlı katmanlardan elde edilen sonuçlar bir aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek sınıflandırma için bir olasılık dağılım haritası tahmin edilmektedir. Aktivasyon fonksiyonu, bir nörona giren verinin çıkış değerinin olup olmayacağını belirleyen bir fonksiyondur. Aktivasyon fonksiyonları, yapay sinir ağlarında doğrusal olmayan gerçek dünya işlemlerini yapmak amacıyla kullanılmaktadır (Kızrak, 2019). Bu çalışmada kullanılan aktivasyon fonksiyonları Şekil 6 ile gösterilmiştir.



Şekil 6. Mimaride Kullanılan Aktivasyon Fonksiyonları (Figure 6. Activation Functions Used in Architecture)

Bu çalışmada, Sgd, RMSProp, Adam, Adagrad ve Adamax optimizasyon yöntemleri kullanılmıştır. Sgd yönteminin anlaşılabilirliği için türev, gradyan ve gradyan iniş (en dik iniş) kavramlarının bilinmesi gerekmektedir. Türev, bağımsız bir değişkende meydana gelen değişimin bu değişkene bağlı bir fonksiyonda meydana getireceği artışın veya azalışın, bağımsız değişkendeki değişime oranıdır. (1) denkleminde gösterildiği

gibi, birden fazla bağımsız değişkene bağlı bir F fonksiyonun her değişken için alınan kısmi türevlerinin vektörü gradyan olarak adlandırılmaktadır.

$$\nabla F(x_1, x_2, \dots, x_n) = \left(\frac{\partial F}{\partial x_1}, \frac{\partial F}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial F}{\partial x_n} \right) \quad (1)$$

Geri yayımlı yapay sinir ağlarında öğrenme işlemi, ağı verilen girişlere karşılık gelen çıkışların belli bir hata fonksiyonuna girilmesi ve elde edilen hataların geriye yayılarak ağırlıkların güncellenmesidir. Hata fonksiyonunun hesaplanarak hataların minimuma indirilmesini sağlamak amacıyla gradyan iniş yöntemi kullanılmaktadır.

Gradyan iniş, bir fonksiyon üzerinde rastgele seçilen bir A noktasından başlanarak bu noktanın koordinatlarını kısmi türevlerinin tersi yönünde değiştirilerek fonksiyonun minimum değerine yaklaştırılması yöntemidir (Atasoy, 2011). (2) denkleminde gösterilen F değeri, gradyan iniş; η (eta) değeri, adım kat sayısını ifade etmektedir. Burada önemli bir husus, η (eta) değerinin seçimidir. η değerinin çok küçük seçilmesi, minimum noktaya ulaşma süresinin uzamasına ve çok büyük seçilmesi de minimum noktanın aşılmasına neden olmaktadır.

$$F = F(A) - \eta * (\nabla F(A)) \quad (2)$$

Gradyan iniş yönteminde, her güncelleme aşamasında veri setinin tümü için hata fonksiyonu hesaplanmaktadır ve bu işlem çok zaman almaktadır. Gradyan iniş yönteminin bu problemi, (3) denkleminde gösterildiği gibi her güncelleme aşamasında veri setinin sadece bir örneği için hata fonksiyonu hesaplanan Sgd yöntemi ile çözülmüştür (Anonim, 2019).

$$F = F(A_i) - \eta * (\nabla F(A_i)) \quad (3)$$

RMSProp, Geoffrey Hinton tarafından önerilen bir optimizasyon yöntemidir. RMSProp yönteminde, ağıdaki her ağırlık için öğrenme oranı, o ağırlığın son gradyanlarının aynı ağırlığın büyüklüklerinin ortalama karesine bölünerek elde edilmektedir ve RMSProp yöntemi ile (4) denkleminde gösterildiği gibi w, ağırlık; t, zaman ve E, hata değeri olmak üzere her ağırlık için karesel gradyanın hareketli bir ortalaması tutulmaktadır (Hinton vd, 2012).

$$OrtKare(w, t) = 0.9 * (OrtKare(w, t - 1)) + 0.1 * \left(\frac{\partial E}{\partial w^t} \right)^2 \quad (4)$$

Adagrad, her bir parametrenin gradyanlarını yeniden boyutlandırarak ve her parametre için bağımsız bir öğrenme hızı sunan özel bir gradyan iniş yöntemidir. Adagrad yönteminde, öğrenme hızı parametrelere göre ayarlanmaktadır; seyrek parametreler için daha büyük güncellemeler ve sık parametreler için daha küçük güncellemeler yapıldığından dolayı seyrek verilerle daha iyi çalışmaktadır (Ruder, 2017).

Adam, Kingma ve Ba tarafından ortaya atılan birinci derece stokastik gradyan tabanlı ve düşük bellek ihtiyacı olan bir optimizasyon yöntemidir. Adam, büyük veri setleri, büyük parametre değerleri ve çok gürültülü veya seyrek gradyanlı problemler için uygun bir yöntemdir. Adam yöntemi, seyrek gradyanlarla iyi çalışan Adagrad yöntemi ile çevrimiçi ve durağan olmayan ortamlarda iyi çalışan RMSProp yönteminin avantajlarını birleştirmek amacıyla tasarlanmıştır. AdaMax yöntemi de Kingma ve Ba tarafından ortaya atılan sonsuzluk normuna dayanan bir Adam yöntemidir (Kingma ve Ba, 2015).

Sonraki adımda, tahmin ile gerçek değer arasındaki fark olan

hata (kayıp) fonksiyonu istenen yakınsama oluncaya kadar ağırlıklar güncellenerek tekrar tekrar hesaplanmaktadır. Bu amaçla, X: tahmini değer ve Y: gerçek değer olmak üzere bu çalışmada kullanılan hata fonksiyonları; (5) denkleminde gösterilen ortalama karesel hata (MSE – Mean Square Error),

$$MSE = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2 \right] \quad (5)$$

(6) denkleminde gösterilen ortalama mutlak hata (MAE – Mean Absolute Error),

$$MAE = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n |X_i - Y_i| \right] \quad (6)$$

Tablo 1 ile verilen karmaşıklık matrisi ile elde edilen ve (7) denkleminde gösterilen doğruluk değeri,

Tablo 1. Karmaşıklık Matrisi (Table 1. Complexity Matrix)

Karmaşıklık Matrisi		Tahmin Edilen Sınıf	
		C+	C-
Gerçek Sınıf	C+	Gerçek Pozitif (GP)	Yanlış Negatif (YN)
	C-	Yanlış Pozitif (YP)	Gerçek Negatif (GN)

$$Doğruluk = \frac{GP + GN}{GP + GN + YP + YN} \quad (7)$$

Tablo 1 ile verilen karmaşıklık matrisi ile elde edilen ve (8) denkleminde gösterilen hassasiyet değeri,

$$Hassasiyet = \frac{GP}{GP + YP} \quad (8)$$

Tablo 1 ile verilen karmaşıklık matrisi ile elde edilen ve (9) denkleminde gösterilen hatırlama değeri ve

$$Hatırlama = \frac{GP}{GP + YP} \quad (9)$$

(8) ve (9) denklemleri kullanılarak elde edilen ve (10) denkleminde gösterilen F1 skorudur.

$$F_1 = 2 * \frac{Hassasiyet * Hatırlama}{Hassasiyet + Hatırlama} \quad (10)$$

2.3. Kullanılan Donanım ve Yazılım Araçları

Bu çalışmada donanım aracı olarak Google Colab platformunda, NVIDIA'nın 2014 yılında sunduğu ve GPU (Grafik İşleme Birimi) işlemcisine sahip Tesla K80 işlemcili makine kullanılmıştır. Google Colab platformuna bir Google hesabı ile girilebilmektedir. Colab platformunun 12 saate kadar açık tutulabilen bir oturum süresi vardır ve 12 saat sonunda yeni bir oturum açılarak kullanılabilir. NVIDIA Tesla-K80 GPU hızlandırıcı kullanılarak yapılan çalışma için yaklaşık 12 GB (Giga Byte) rastgele erişilebilir bellek (Random Access Memory – RAM) kullanılmıştır. Tesla-K80 işlemcisi çift çekirdekli ve çekirdek hızı 560 MHz (Mega Hertz)' dir. Bu, saniyede 560

milyon işlem yapabilmesi demektir. GPU işlemci kullanan sistemler, CPU (Merkezi İşlem Birimi) işlemci kullanan sistemlere göre daha hızlı performans sağlamakta ve daha düşük düzeyde enerji harcamaktadır (Ortakaya, 2014). Çalışmanın yazılım aşamasında olarak Python programlama dili, Keras ve Numpy kütüphaneleri ve bu kütüphanelerin araçları kullanılmıştır.

2.3.1. Keras

Keras, derin öğrenme çalışmaları yapmak amacıyla sunulan, yapay zeka ve makine öğrenmesi yöntemlerini içeren açık kaynak kodlu bir Python kütüphanesidir. Yüksek performanslı işlemler yapabilen ve derin öğrenme çalışmaları için kullanılan Theano ve TensorFlow kütüphaneleri üzerinden çalışmaktadır. GPU ya da CPU üzerinde çalışmasını bu temel kütüphaneler üzerinden sağlamaktadır. Theano, çok boyutlu vektörler olan tensörler üzerinde matematiksel işlemleri hızlıca yapmaya yarayan bir matematik programlama kütüphanesidir. TensorFlow da Theano kütüphanesine benzer olarak hesaplama yapmak amacıyla veri akış grafiklerinin kullanıldığı açık kaynak kodlu bir derin öğrenme kütüphanesidir. İlk kez 2015 yılında ortaya atılan TensorFlow, bir Google ürünüdür ve Theano kütüphanesinden farklı olarak işlemleri birden fazla makineye dağıtabilmektedir (Pişkin, 2017).

Keras kütüphanesi, Theano ve Tensorflow kütüphanelerine göre daha üst düzey bir kütüphane olduğundan dolayı modelleri tanımlamayı ve eğitmeyi çok kolay hale getirmektedir. Böylece, uygulamaların daha kolay geliştirilmesi sağlanmaktadır.

2.3.2. NumPy Library

NumPy kütüphanesi, Python'da bilimsel hesaplamalar yapmak amacıyla kullanılan temel pakettir. Çok boyutlu bir dizi nesnesi, çeşitli türetilmiş nesnelere (maskelenmiş diziler ve matrisler gibi) ve dizilerdeki hızlı işlemler için matematiksel, mantıksal, şekil işleme, sıralama, seçme, giriş ve çıkış içeren bir dizi yordam sunan bir Python kitaplığıdır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. CNN Ağının Eğitilmesi ve Test İşlemleri

Bu çalışmada, 40000 adet eğitim verisi ve 20000 adet test verisinden oluşan meme patoloji veri setini kanserli ve kanserli olmayan olarak iki sınıfa ayırmak amacıyla 3 evrişim katmanı, 3 ReLU katmanı, 3 havuzlama katmanı ve bir tam bağlı katmana sahip bir mimari kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonları olarak, gizli katmanlarda ReLU ve tam bağlı katmanda sigmoid fonksiyonları kullanılmıştır. Geliştirilen CNN mimarisinin eğitilmesi aşamasında; optimizasyon algoritmaları, eğitim tur sayısı, seyreltme değeri, katman sayısı ve aktivasyon fonksiyonları gibi çeşitli hiper-parametreler kullanılmıştır. Bu hiper-parametreler, en başarılı sonuçlar veren mimari elde edilene kadar değiştirilerek denenmiş ve elde edilen sonuçlar ölçülmüştür. Mimarinin başarısını ölçmek amacıyla doğruluk, MSE, MAE, F1 skoru, hatırlama ve hassasiyet metrikleri kullanılmıştır. Filtre boyutu 3x3, filtre sayısı 32, kaydırma adımı hiper-parametresi 1, aynı anda işlenen görüntü sayısı (batch size) 100, optimizasyon algoritması RMSProp, seyreltme değeri 0.5, eğitim tur sayısı 25 ve evrişim katman sayısı 3 değerleri kullanılarak tasarlanan mimarinin başarısını ölçmek amacıyla kullanılan ve 1 değerine yakınsaması istenen doğruluk değeri 0.8775, F1 skoru 0.8238, hassasiyet değeri 0.8381 ve hatırlama değeri 0.8762; 0 değerine

yakınsaması istenen MSE değeri 0.1195 ve MAE değeri 0.2497 elde edilmiştir.

Bu çalışmada evrişim işlemleri için farklı boyutlarda filtreler kullanılmıştır. Tablo 2 ve Tablo 3 ile gösterildiği gibi bu filtrelerin eğitim ve test setindeki doğruluk, MSE, MAE, F1, hassasiyet ve hatırlama değerleri ölçülmüştür. Çizelgeler ile belirtilen eğitim ve test işlemleri için geçen süreler saniye cinsinden hesaplanmıştır.

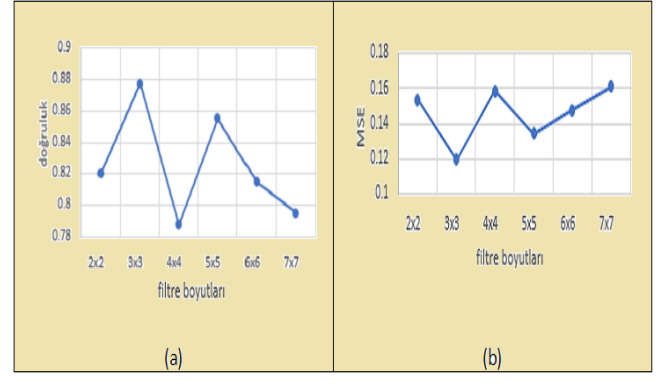
Tablo 2. Filtre Boyutunun Veri Setindeki Doğruluk, MSE ve MAE Değerleri (Table 2. Accuracy, MSE and MAE Values of the Filter Size in the Data Set)

Filtre Boyutu	Doğruluk				MSE		MAE	
	Eğitim	Eğitim Süresi	Test	Test Süresi	Eğitim	Test	Eğitim	Test
2x2	0.8200	464	0.6450	232	0.1536	0.1735	0.3243	0.3737
3x3	0.8775	466	0.8350	233	0.1195	0.1293	0.2497	0.3064
4x4	0.7875	462	0.5850	231	0.1587	0.1840	0.3356	0.3580
5x5	0.8550	468	0.7600	234	0.1343	0.2069	0.3224	0.3928
6x6	0.8150	636	0.7700	318	0.1480	0.1717	0.2959	0.3124
7x7	0.7950	460	0.5350	230	0.1612	0.2584	0.3407	0.3754

Tablo 3. Filtre Boyutunun Veri Setindeki F1, Hassasiyet ve Hatırlama Değerleri (Table 3. F1, Sensitivity and Recall Values of the Filter Size in the Data Set)

Filtre Boyutu	F1 Skoru		Hassasiyet		Hatırlama	
	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test
2x2	0.7981	0.7121	0.8036	0.7357	0.7968	0.7671
3x3	0.8238	0.8172	0.8381	0.8357	0.8762	0.8528
4x4	0.7565	0.5342	0.8060	0.6525	0.7558	0.7218
5x5	0.8013	0.7862	0.8292	0.6434	0.8130	0.6956
6x6	0.7572	0.6219	0.7938	0.5573	0.8059	0.7757
7x7	0.7521	0.5758	0.7635	0.6628	0.8027	0.7097

Bu çalışmada geliştirilen mimari için 3x3 boyutlu filtreler kullanılmıştır. Bu filtrelerin kullanılmasıyla Şekil 7 ile gösterilen (a) doğruluk ve (b) MSE grafiklerinde görüldüğü gibi yüksek doğruluk ve düşük MSE değerleri elde edilmiştir. Filtre boyutu 8x8 ve daha büyük filtreler için bu mimarinin eğitilemediği gözlemlenmiştir.



Şekil 7. Filtre Boyutlarına Göre (a) Doğruluk ve (b) MSE Grafikleri (Figure 7. (a) Accuracy and (b) MSE Plots by Filter Dimensions)

Filtrelerin sayılarının değiştirilmesiyle elde edilen doğruluk, MSE, MAE, F1, hassasiyet ve hatırlama değerleri Tablo 4 ve Tablo 5 ile gösterilmiştir.

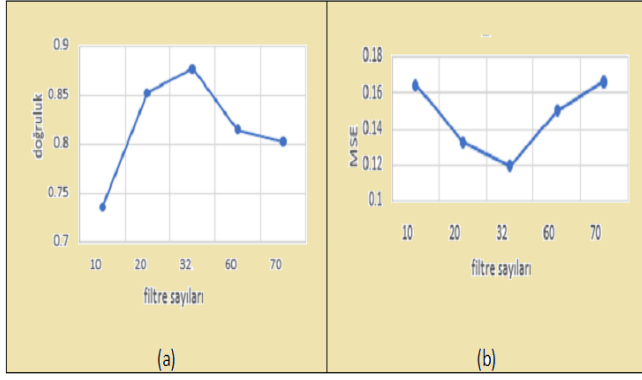
Tablo 4. Filtre Sayısının Eğitim ve Test Setlerindeki Doğruluk, MSE ve MAE Değerleri (Table 4. Accuracy, MSE and MAE Values of the Number of Filters in Training and Test Sets)

Filtre Sayısı	Doğruluk				MSE		MAE	
	Eğitim	Eğitim Süresi	Test	Test Süresi	Eğitim	Test	Eğitim	Test
10	0.7350	476	0.7050	238	0.1646	0.1863	0.3822	0.4032
20	0.8525	472	0.7950	236	0.1331	0.1407	0.3331	0.3596
32	0.8775	466	0.8350	233	0.1195	0.1293	0.2497	0.3064
60	0.8150	396	0.7450	198	0.1505	0.1990	0.3334	0.3816
70	0.8025	408	0.6000	204	0.1668	0.1813	0.3364	0.4531

Tablo 5. Filtre Sayısının Veri Setindeki F1, Hassasiyet ve Hatırlama Değerleri (Table 5. F1, Sensitivity and Recall Values of the Number of Filters in the Data Set)

Filtre Sayısı	F1 Skoru		Hassasiyet		Hatırlama	
	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test
10	0.7462	0.7017	0.7857	0.7429	0.7979	0.7829
20	0.8186	0.7894	0.8228	0.7558	0.8428	0.8125
32	0.8238	0.8172	0.8381	0.8357	0.8762	0.8528
60	0.7886	0.6151	0.8189	0.6846	0.8229	0.8116
70	0.7797	0.7662	0.7971	0.7110	0.8062	0.7964

Bu çalışma için seçilen filtre sayısı 32' dir. 32 değerinden daha fazla filtre sayıları kullanıldığında Şekil 8 (a) doğruluk grafiğinde gösterildiği gibi mimarinin başarısının artmadığı ve (b) MSE grafiğinde gösterildiği gibi hata değerinin arttığı görülmektedir.



Şekil 8. Filtre Sayılarına Göre (a) Doğruluk ve (b) MSE Grafikleri (Figure 8. (a) Accuracy and (b) MSE Graphs by Filter Numbers)

Kaydırma adımı, görüntü üzerinde filtreleme yapılırken atlanan piksel sayısını ifade etmektedir. Kaydırma adımlarının değiştirilmesiyle eğitim ve test setlerindeki doğruluk, MSE, MAE, F1, hassasiyet ve hatırlama değerleri Tablo 6 ve Tablo 7 ile verilmiştir.

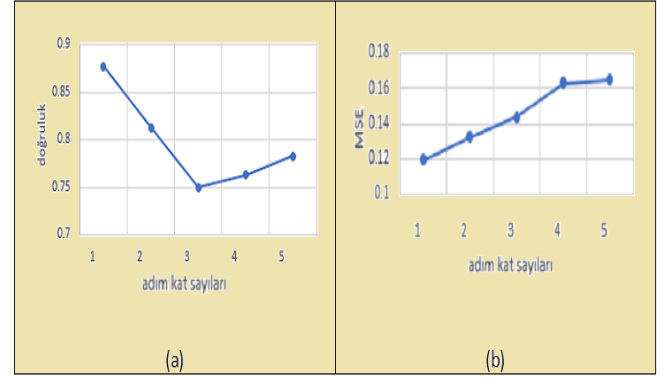
Tablo 6. Kaydırma Adımlarının Veri Setindeki Doğruluk, MSE ve MAE Değerleri (Table 6. Accuracy, MSE and MAE Values of Shift Steps in Data Set)

Kaydırma Adımları	Doğruluk				MSE		MAE	
	Eğitim	Eğitim Süresi	Test	Test Süresi	Eğitim	Test	Eğitim	Test
1	0.8775	466	0.8350	233	0.1195	0.1293	0.2497	0.3064
2	0.8125	408	0.7450	204	0.1323	0.1488	0.2989	0.3518
3	0.7500	384	0.6300	192	0.1439	0.1524	0.3395	0.3666
4	0.7625	380	0.6300	190	0.1631	0.1638	0.3832	0.4079
5	0.7825	378	0.5250	189	0.1651	0.2416	0.4374	0.4244

Tablo 7. Kaydırma Adımlarının Veri Setindeki F1, Hassasiyet ve Hatırlama Değerleri (Table 7. F1, Sensitivity and Recall Values of Shift Steps in the Data Set)

Kaydırma Adımı	F1 Skoru		Hassasiyet		Hatırlama	
	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test
1	0.8238	0.8172	0.8381	0.8357	0.8762	0.8528
2	0.8178	0.7458	0.8029	0.7739	0.8331	0.8179
3	0.7824	0.6964	0.7339	0.6841	0.8107	0.8058
4	0.7828	0.6353	0.7764	0.6999	0.8165	0.7912
5	0.7721	0.6327	0.7670	0.6360	0.8390	0.6900

Bu çalışmada, kaydırma adımı 1 olarak seçilmiştir. Bu değer, Şekil 9 ile verilen (a) doğruluk ve (b) MSE grafiklerinde görüldüğü gibi mimari için en iyi sonuçları vermiştir. Kaydırma adımı artırıldığında mimarinin başarısının artmadığı ve hata oranının arttığı görülmüştür.



Şekil 9. Kaydırma Adımlarına Göre (a) Doğruluk ve (b) MSE Grafikleri (Figure 9. (a) Accuracy and (b) MSE Plots by Shift Steps)

Evrişim katman sayılarının değiştirilmesiyle eğitim ve test setlerindeki doğruluk, MSE, MAE, F1, hassasiyet ve hatırlama değerleri Tablo 8 ve Tablo 9 ile verilmiştir. 1, 2, 3 ve 4 evrişim katman sayıları ile mimari eğitilirken aynı sayıda havuzlama katmanları kullanılmıştır. 5, 6 ve 7 evrişim katman sayıları için aynı sayıda havuzlama katmanı kullanıldığında görüntü boyutları eğitim sırasında işlenemeyecek kadar küçülmüştür. Bu nedenle, 5, 6 ve 7 evrişim katmanları için ikişer havuzlama katmanı kullanılmıştır.

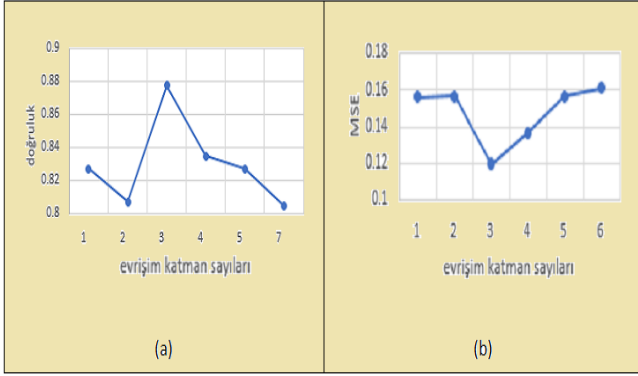
Tablo 8. Evrişim Katman Sayısının Veri Setindeki Doğruluk, MSE ve MAE Değerleri (Table 8. Accuracy, MSE and MAE Values of Convolutional Layer Number in the Data Set)

Evrişim Katman Sayısı	Doğruluk				MSE		MAE	
	Eğitim	Eğitim Süresi	Test	Test Süresi	Eğitim	Test	Eğitim	Test
1	0.8275	502	0.8050	251	0.1560	0.1655	0.2990	0.3352
2	0.8075	530	0.7100	265	0.1569	0.1773	0.3256	0.3537
3	0.8775	466	0.8350	233	0.1195	0.1293	0.2497	0.3064
4	0.8350	468	0.7750	234	0.1369	0.1608	0.3329	0.3958
5	0.8275	440	0.7750	220	0.1567	0.1720	0.3566	0.4105
7	0.8050	436	0.8000	218	0.1611	0.1644	0.3482	0.3490

Tablo 9. Evrişim Katman Sayısının Veri Setindeki F1, Hassasiyet ve Hatırlama Değerleri (Table 9. F1, Sensitivity and Recall Values of Convolutional Layer Number in the Data Set)

Evrişim Katman Sayısı	F1 Skoru		Hassasiyet		Hatırlama	
	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test
1	0.8041	0.7963	0.8244	0.7605	0.8320	0.7785
2	0.8182	0.8058	0.8010	0.7916	0.8423	0.8137
3	0.8238	0.8172	0.8381	0.8357	0.8762	0.8528
4	0.8214	0.6684	0.8275	0.8160	0.8430	0.8381
5	0.8210	0.7938	0.8019	0.7733	0.8393	0.7803
7	0.8021	0.8017	0.8141	0.7921	0.8151	0.7745

Bu çalışma için evrişim katman sayısı 3 olarak seçilmiştir. 3 değeri için Şekil 10 ile gösterilen (a) doğruluk değeri en büyük ve (b) MSE değeri en küçük olarak ölçülmüştür. Evrişim katman sayısının artırılmasıyla mimarinin daha iyi sonuçlara ulaşamadığı görülmüştür.



Şekil 10. Evrişim Katman Sayılarına Göre (a) Doğruluk ve (b) MSE Grafikleri (Figure 10. (a) Accuracy and (b) MSE Plots by Convolutional Layer Numbers)

Bu çalışmada kullanılan hiper-parametrelerden biri de optimizasyon algoritmalarıdır. Optimizasyon algoritmalarının mimarinin eğitim ve test setlerindeki doğruluk, MSE, MAE, F1, hassasiyet ve hatırlama değerleri Tablo 10 ve Tablo 11 ile gösterilmiştir.

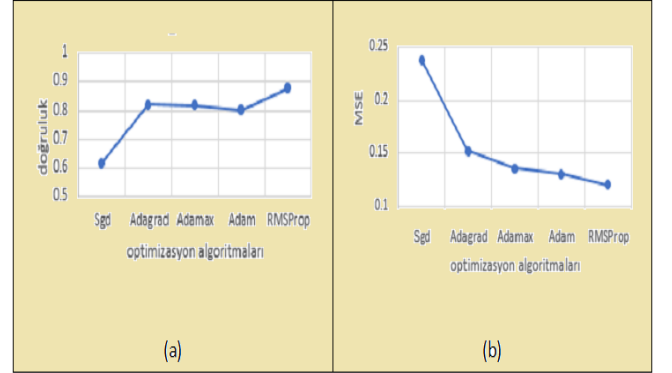
Tablo 10. Optimizasyon Algoritmalarının Veri Setindeki Doğruluk, MSE ve MAE Değerleri (Table 10. Accuracy, MSE and MAE Values of Optimization Algorithms in the Data Set)

Optimizasyon Algoritmaları	Doğruluk				MSE		MAE	
	Eğitim	Eğitim Süresi	Test	Test Süresi	Eğitim	Test	Eğitim	Test
Sgd	0.6175	414	0.5100	212	0.2380	0.2388	0.4892	0.4905
Adagrad	0.8200	400	0.8150	200	0.1519	0.1564	0.2886	0.2950
Adamax	0.8175	438	0.7950	219	0.1356	0.1758	0.2918	0.3007
Adam	0.8025	486	0.7800	243	0.1302	0.1356	0.2739	0.3155
RMSProp	0.8775	466	0.8350	233	0.1195	0.1293	0.2497	0.3064

Tablo 11. Optimizasyon Algoritmalarının Veri Setindeki F1, Hassasiyet ve Hatırlama Değerleri (Table 11. F1, Sensitivity and Recall Values of Optimization Algorithms in the Data Set)

Optimizasyon Algoritmaları	F1 Skoru		Hassasiyet		Hatırlama	
	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test
Sgd	0.6974	0.6264	0.5454	0.4982	0.6168	-
Adagrad	0.8051	0.8013	0.8103	0.7899	0.8467	0.7223
Adamax	0.8176	0.8011	0.8084	0.7532	0.8199	0.7799
Adam	0.7961	0.7910	0.8026	0.7962	0.8375	0.7413
RMSProp	0.8238	0.8172	0.8381	0.8357	0.8762	0.8528

Bu çalışma için seçilen RMSProp algoritmasının en iyi sonucu verdiği ve Sgd algoritmasının en kötü sonucu verdiği Şekil 11 ile verilen (a) doğruluk ve (b) MSE grafikleri ile gösterilmektedir. Ayrıca, Tablo 11 ile gösterildiği gibi Sgd algoritması için test setinde hatırlama değeri ölçülememektedir.



Şekil 11. Optimizasyon Algoritmalarına Göre (a) Doğruluk ve (b) MSE Grafikleri (Figure 11. (a) Accuracy and (b) MSE Plots by Optimization Algorithms)

Eğitim tur sayılarının mimarinin eğitim ve test setlerindeki doğruluk, MSE, MAE, F1, hassasiyet ve hatırlama değerleri Tablo 12 ve Tablo 13 ile verilmiştir. Eğitim tur sayısının belli bir sayının altında veya üstünde seçilmesi mimarinin başarısını düşürmektedir.

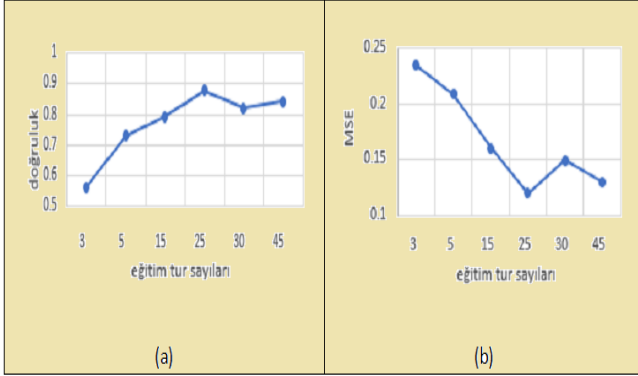
Tablo 12. Eğitim Tur Sayısının Veri Setindeki Doğruluk, MSE ve MAE Değerleri (Table 12. Accuracy, MSE and MAE Values in the Data Set of the Number of Training Rounds)

Eğitim Tur Sayısı	Doğruluk				MSE		MAE	
	Eğitim	Eğitim Süresi	Test	Test Süresi	Eğitim	Test	Eğitim	Test
3	0.5625	356	0.4800	178	0.2349	0.2728	0.4496	0.4651
5	0.7300	366	0.5250	183	0.2088	0.2658	0.4209	0.4411
15	0.7925	396	0.7700	198	0.1600	0.1888	0.3469	0.3860
25	0.8775	466	0.8350	233	0.1195	0.1293	0.2497	0.3064
30	0.8200	532	0.8000	266	0.1494	0.1528	0.3054	0.3649
45	0.8425	540	0.8150	270	0.1296	0.1323	0.3030	0.3198

Tablo 13. Eğitim Tur Sayısının Veri Setindeki F1, Hassasiyet ve Hatırlama Değerleri (Table 13. F1, Sensitivity and Recall Values in the Data Set of the Number of Training Rounds)

Eğitim Tur Sayısı	F1 Skoru		Hassasiyet		Hatırlama	
	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test
3	0.6687	0.6481	0.6670	0.5800	0.6460	-
5	0.7080	0.6622	0.7286	0.5874	0.6348	-
15	0.7711	0.6904	0.7952	0.6258	0.8136	0.7640
25	0.8238	0.8172	0.8381	0.8357	0.8762	0.8528
30	0.8144	0.8095	0.8001	0.7691	0.8281	0.7954
45	0.8200	0.7601	0.8206	0.6843	0.8378	0.8099

Bu çalışma için seçilen eğitim tur sayısı değeri 25' tir. 25 değerinin, bu mimari için en başarılı sonucu verdiği, Şekil 12 ile verilen (a) doğruluk ve (b) MSE grafiklerinde görülmektedir. Ayrıca, eğitim tur sayısı arttırıldıkça hem eğitim süresinin arttığı hem de mimarinin başarısının düştüğü görülmüştür. Tablo 13' de gösterildiği gibi 3 ve 5 eğitim tur sayıları için test setinde hatırlama değerleri ölçülememektedir.



Şekil 12. Eğitim Tur Sayılarına Göre (a) Doğruluk ve (b) MSE Grafikleri (Figure 12. (a) Accuracy and (b) MSE Graphs by Training Round Numbers)

Bu çalışmada kullanılan diğer bir hiper-parametre seyreltme değeridir. Ağın ezberlemesini önlemek amacıyla kullanılan seyreltme değerlerinin eğitim ve test setlerinde kullanılarak elde edilen doğruluk, MSE, MAE, F1, hassasiyet ve hatırlama değerleri Tablo 14 ve Tablo 15 ile gösterilmiştir.

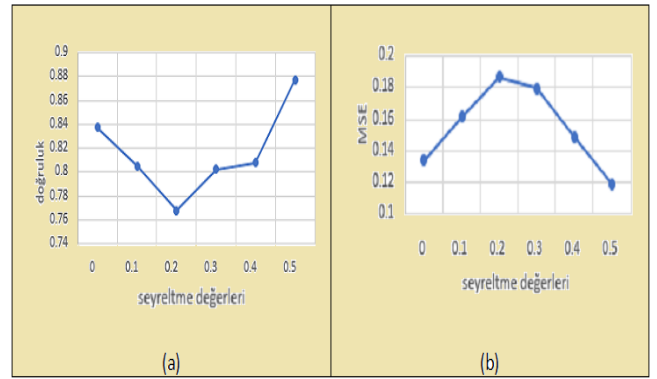
Tablo 14. Seyreltme Değerinin Veri Setindeki Doğruluk, MSE ve MAE Değerleri (Table 14. Accuracy, MSE and MAE Values of the Dropout Value in the Data Set)

Seyreltme Değeri	Doğruluk				MSE		MAE	
	Eğitim	Eğitim Süresi	Test	Test Süresi	Eğitim	Test	Eğitim	Test
0.0	0.8375	660	0.7950	330	0.1340	0.2060	0.2990	0.3147
0.1	0.8050	644	0.7100	322	0.1617	0.2850	0.3131	0.3721
0.2	0.7675	632	0.6750	316	0.1867	0.2601	0.3178	0.4050
0.3	0.8025	582	0.7100	291	0.1798	0.2071	0.3107	0.3728
0.4	0.8075	520	0.7400	260	0.1488	0.1861	0.3120	0.3440
0.5	0.8775	466	0.8350	233	0.1195	0.1293	0.2497	0.3064

Tablo 15. Seyreltme Değerinin Veri Setindeki F1, Hassasiyet ve Hatırlama Değerleri (Table 15. F1, Sensitivity and Recall Values of the Dropout Value in the Data Set)

Seyreltme Değeri	F1 Skoru		Hassasiyet		Hatırlama	
	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test
0.0	0.8138	0.7817	0.8347	0.8290	0.8352	0.7500
0.1	0.7744	0.7636	0.7889	0.7542	0.8106	0.6861
0.2	0.7332	0.7327	0.7824	0.7667	0.7682	0.7216
0.3	0.7929	0.7794	0.8027	0.7525	0.7860	0.7763
0.4	0.8049	0.7678	0.8094	0.7678	0.8298	0.7929
0.5	0.8238	0.8172	0.8381	0.8357	0.8762	0.8528

Şekil 13 ile gösterilen (a) doğruluk ve (b) MSE grafiklerinde 0.5 seyreltme değerinin mimari için en yüksek doğruluk ve en düşük hata değerlerini verdiği görülmektedir.



Şekil 13. Seyreltme Değerlerine Göre (a) Doğruluk ve (b) MSE Grafikleri (Figure 13. (a) Accuracy and (b) MSE Plots by Dropout Values)

Bu çalışmada, ağda aynı anda işlenen görüntü sayısı (batch size) arttırıldıkça eğitim için harcanan zaman azalmıştır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken husus, ağın başarısının nasıl etkilendiğidir. Bu çalışma için aynı anda işlenen görüntü sayısı 100 olarak seçilmiştir ve aynı anda işlenen görüntü sayılarının mimarinin eğitim ve test setleri için doğruluk, MSE, MAE, F1, hassasiyet ve hatırlama değerleri Tablo 16 ve Tablo 17 ile gösterilmiştir. Ayrıca, aynı anda işlenen görüntü sayısı 1 olarak seçildiğinde ağın 4 saat çalışıp bellek hatası vererek durduğu gözlemlenmiştir.

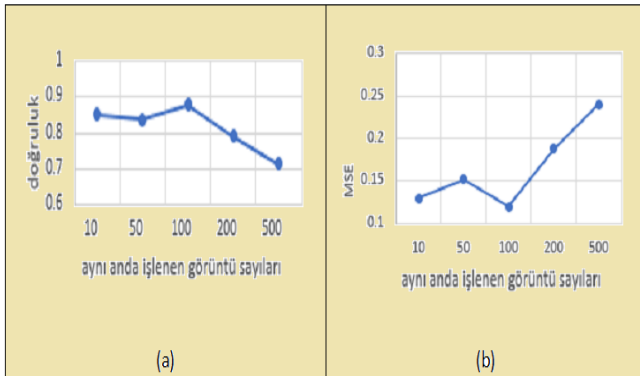
Tablo 16. Aynı Anda İşlenen Görüntü Sayısının Veri Setindeki Doğruluk, MSE ve MAE Değerleri (Table 16. Accuracy, MSE and MAE Values of the Number of Images Processed Simultaneously in the Data Set)

Aynı Anda İşlenen Görüntü Sayısı	Doğruluk				MSE		MAE	
	Eğitim	Eğitim Süresi	Test	Test Süresi	Eğitim	Test	Eğitim	Test
10	0.8527	1014	0.8170	507	0.1299	0.1993	0.2358	0.3499
50	0.8375	602	0.8025	301	0.1517	0.1562	0.2574	0.3309
100	0.8775	466	0.8350	233	0.1195	0.1293	0.2497	0.3064
200	0.7900	442	0.7600	221	0.1881	0.2181	0.4176	0.4313
500	0.7140	420	0.7060	210	0.2395	0.2484	0.4268	0.4797

Tablo 17. Aynı Anda İşlenen Görüntü Sayısının Veri Setindeki F1, Hassasiyet ve Hatırlama Değerleri (Table 17. F1, Sensitivity and Recall Values of the Number of Images Processed Simultaneously in the Data Set)

Aynı Anda İşlenen Görüntü Sayısı	F1 Skoru		Hassasiyet		Hatırlama	
	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test
10	0.8147	0.8123	0.8310	0.8164	0.8313	0.8311
50	0.8041	0.7709	0.8226	0.7940	0.8093	0.7936
100	0.8238	0.8172	0.8381	0.8357	0.8762	0.8528
200	0.7879	0.7186	0.7917	0.7563	0.7865	0.7526
500	0.7437	0.7381	0.7727	0.7353	0.7213	0.6582

100 değeri, Şekil 14 ile gösterilen (a) doğruluk grafiği için en yüksek değeri sağlarken (b) MSE grafiği için en düşük değeri, 10 değerinin sağladığı görülmüştür. Ancak 10 değeri için doğruluk değerleri daha düşüktür ve ağın eğitilmesi için gereken süre daha fazladır.



Şekil 14. Aynı Anda İşlenen Görüntü Sayılarına Göre (a) Doğruluk ve (b) MSE Grafikleri (Figure 14. (a) Accuracy and (b) MSE Plots by Number of Images Processed Simultaneously)

Bu çalışmada CNN ağına verilen görüntülerin boyutları, evrişim ve havuzlama katmanlarında giriş görüntüsünün boyutu, özellik çıkarıcı filtre boyutu ve sayısı, kaydırma adımı, evrişim katman sayısı ve havuzlama katman sayısı parametrelerine göre hesaplanmaktadır. Her havuzlama katmanında bu boyutlar yarıya düşürülmektedir. Evrişim işlemleri sonunda elde edilen görüntü boyutları tek boyutlu vektör haline getirilerek tam bağlı yapay sinir ağına giriş verisi olarak verilmektedir. Örneğin; Tablo 18 ile gösterildiği gibi başlangıçta 50x50 boyutlu bir görüntü için hesaplanabilecek durumlardan bir kısmı aşağıdaki gibidir:

- filtre boyutu=3, filtre sayısı=32, kaydırma adımı=1, havuzlama katman sayısı=3 ve evrişim katman sayısı=3 için evrişim işleminden sonra elde edilen [4,6,32] boyutlu veri için düzleştirme işlemi $4 \times 6 \times 32 = 1 \times 768$ şeklinde yapılmakta ve bu tek boyutlu vektör tam bağlı katmana giriş verisi olarak verilmektedir.
- filtre boyutu=3, filtre sayısı=20, kaydırma adımı=3, havuzlama katman sayısı=2 ve evrişim katman sayısı=2 için evrişim işleminden sonra elde edilen [11,11,20] boyutlu veri düzleştirildiğinde 1×2420 boyutlu giriş verisi olarak tam bağlı katmana verilmektedir.
- filtre boyutu=3, filtre sayısı=32, kaydırma adımı=1, havuzlama katman sayısı=1 ve evrişim katman sayısı=1 için evrişim işleminden sonra elde edilen [24,25,32] boyutlu veri düzleştirildiğinde 1×19200 boyutlu giriş verisi olarak tam bağlı katmana verilmektedir.
- filtre boyutu=4, filtre sayısı=10, kaydırma adımı=2, havuzlama katman sayısı=2 ve evrişim katman sayısı=5 için evrişim işleminden sonra elde edilen [1,8,10] boyutlu veri düzleştirildiğinde 1×80 boyutlu giriş verisi olarak tam bağlı katmana verilmektedir.
- filtre boyutu=7, filtre sayısı=60, kaydırma adımı=1, havuzlama katman sayısı=3 ve evrişim katman sayısı=3 için evrişim işleminden sonra elde edilen [1,6,60] boyutlu veri düzleştirildiğinde 1×360 boyutlu giriş verisi olarak tam bağlı katmana verilmektedir.
- filtre boyutu=5, filtre sayısı=20, kaydırma adımı=5, havuzlama katman sayısı=1 ve evrişim katman sayısı=2 için evrişim işleminden sonra elde edilen [23,19,20] boyutlu veri düzleştirildiğinde 1×8740 boyutlu giriş verisi olarak tam bağlı katmana verilmektedir.

Tablo 18. Yeni Görüntü Boyutunun Hiper-parametre Değerlerine göre Değişimi (Table 18. Change of New Image Size according to Hyper-parameter Values)

Durum	Eski Görüntü Boyutu	Filtre Boyutu	Filtre Sayısı	Kaydırma Adımı	Havuzlama Katman Sayısı	Evrişim Katman Sayısı	Yeni Görüntü Boyutu
1	50 x 50	3	32	1	3	3	1 x 768
2	50 x 50	3	20	3	2	2	1 x 2420
3	50 x 50	3	32	1	1	1	1 x 19200
4	50 x 50	4	10	2	2	5	1 x 80
5	50 x 50	7	60	1	3	3	1 x 360
6	50 x 50	5	20	5	1	2	1 x 8740

4. Sonuç

Medikal görüntüler hastalıkların erken tanısında hayati öneme sahiptir. Medikal görüntülerin bir çeşidi olan patoloji görüntüleri, kanser başta olmak üzere hastalıkların kesin tanısında kullanılmaktadır. Patoloji görüntüleri; hastadan alınan şüpheli et, kan veya tükürük örneklerinin özel teknik ve makineler kullanılarak görselleştirilmesiyle elde edilmektedir. Bu çalışmada, kadınlarda en sık görülen hastalık olan meme kanserinin tanısı amacıyla meme patoloji görüntüleri sınıflandırılmıştır. 60000 görüntüden oluşan veri setinin, eşit sayıda kanserli ve kanserli olmayan görüntü içerecek şekilde 40000 tanesi eğitim ve 20000 tanesi test için ayrılmıştır.

Günümüzde sayısal veri üretebilen makinelerin ve internet kullanımının artması, çok büyük verilerin kaydedilebilmesini sağlamıştır. Bu büyük verileri işlemek için yetersiz kalan CPU işlemciler yerine daha büyük hesaplama kapasitelerine sahip GPU işlemcili makineler kullanılmaktadır. Bununla birlikte karmaşık işlemler yapan derin öğrenme yöntemleri, büyük verileri sınıflandırma ve tahmin etme işlemlerinde en çok tercih edilen yöntemlerdir.

Bu çalışmada, Google Colab platformunda NVIDIA Tesla-K80 GPU işlemcili makine üzerinde açık kaynak kodlu Keras kütüphanesi ve Python programlama dili kullanılarak CNN mimarisi geliştirilmiştir.

Evrişim katmanlarındaki işlemler ile görüntü boyutları küçültülmekte ve evrişim işlemleri tamamlandıktan sonra elde edilen yeni boyutlu görüntü verileri düzleştirilerek tam bağlı yapay sinir ağına sunulmaktadır. Evrişim katmanlarında, görüntüler yeniden boyutlandırılırken filtre boyutu, filtre sayısı, kaydırma adımı, evrişim katman sayısı ve havuzlama katman sayısı hiper-parametreleri kullanılmaktadır.

Bu çalışmada geliştirilen derin öğrenme mimarisinin başarılı olabilmesi için filtre boyutu, filtre sayısı, kaydırma adımı, evrişim katman sayısı, optimizasyon algoritmaları, eğitim tur sayısı, aynı anda işlenen görüntü sayısı (batch size) ve seyreltme değeri hiper-parametreleri kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Her hiper-parametre için mimari yeniden eğitilmiş ve test edilmiştir. Mimarinin eğitilmesi ve test edilmesi boyunca geçen süreler saniye cinsinden hesaplanmıştır. Filtre boyutu 3x3, filtre sayısı 32, kaydırma adımı 1, aynı anda işlenen görüntü sayısı 100, optimizasyon algoritması olarak RMSProp, seyreltme değeri 0.5, eğitim tur sayısı 25 ve evrişim katman sayısı 3 değerleri kullanılarak tasarlanan mimarinin en başarılı sonuçları verdiği görülmüştür. Ayrıca gizli katmanlarda ReLU ve tam bağlı katmanda sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Modelin başarısını ölçmek amacıyla kullanılan ve 1 değerine yakınsaması istenen doğruluk değeri 0.8775, F1 skoru 0.8238, hassasiyet değeri 0.8381 ve hatırlama değeri 0.8762 elde edilmiştir. Ayrıca 0 değerine yakınsaması istenen MSE değeri 0.1195 ve MAE değeri 0.2497 elde edilmiştir.

Bu çalışmada eğitim aşamasında, ağa aynı anda sunulan görüntü sayısının artırılması ile öğrenme zamanının azalması sağlanmıştır. Ancak 100 değerinin üstüne çıktığında mimarinin başarısının düştüğü görülmüştür. Ağa aynı anda sunulan görüntü sayısı 1 olarak seçildiğinde ağın 4 saat çalışıp bellek hatası vererek durduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca mimarinin konvolüsyon katman sayısı için 8 ve filtre boyutu için 8 değerleri seçildiğinde mimarinin eğitilemediği görülmüştür.

Mimarinin tam bağlı katmanlarında kullanılan sigmoid aktivasyon fonksiyonu softmax fonksiyonu ile karşılaştırılmış ve sigmoid fonksiyonu kullanıldığında 0.8775 doğruluk değeri elde edilirken softmax fonksiyonu kullanıldığında 0.4575 doğruluk elde edilmiştir.

Veri seti farklı oranlarda eğitim ve test setlerine ayrılarak mimariye sunulmuş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. 52000 görüntü içeren eğitim seti, 8000 görüntü içeren test seti için mimarinin doğruluk değeri 0.7217; 54000 görüntü içeren eğitim seti, 6000 görüntü içeren test seti için mimarinin doğruluk değeri 0.8 ve 56000 görüntü içeren eğitim seti, 4000 görüntü içeren test seti için mimarinin doğruluk değeri 0.73 elde edilmiştir. Ayrıca, daha düşük ve daha yüksek sayıda görüntü içeren meme patoloji veri setleri mimariye sunularak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. 12000 görüntü içeren veri seti için doğruluk değeri 0.8, 48000 görüntü içeren veri seti için doğruluk değeri 0.78 ve 66000 görüntü içeren veri seti için doğruluk değeri 0.8167 olarak ölçülmüştür.

Elde edilen yüksek doğruluk, F1 skoru, hassasiyet ve hatırlama değerleri ile düşük hata değerleri, bu çalışma kapsamında önerilen CNN modelinin patoloji görüntülerinin sınıflandırılmasında kullanılabilirliğini; özellikle tıp fakültelerinin ve hastanelerin patoloji bölümlerinde kullanılabilir sistemler tasarlanabileceğini göstermektedir. İlerideki çalışmalarda, hiper-parametre değerleri daha farklı ayarlanarak daha başarılı mimariler elde edilebilir. Ayrıca, derin öğrenme mimarilerinin daha farklı birçok alanda başarılı bir şekilde kullanılabilirliği tahmin edilmektedir.

Kaynakça

- Akkus, Z., Galimzianova, A., Hoogi, A., Rubin, D. L. ve Erickson, B. J. 2017. Deep learning for brain MRI segmentation: state of the art and future directions. *Journal of digital imaging*, 30:4, 449-459.
- Alhussein, M. ve Muhammad, G. 2018. Voice Pathology Detection Using Deep Learning on Mobile Healthcare Framework. *IEEE Access*, 6, 41034-41041.
- Alipanahi, B., DeLong, A., Weirauch, M. T. ve Frey, B. J. 2015. Predicting the sequence specificities of DNA-and RNA-binding proteins by deep learning. *Nature biotechnology*, 33:8, 831.
- Anonim 2008. *Biyomedikal cihaz teknolojileri Projesi) M M E v Ö S G (Ed.)*
- Anonim. 2019. *Gradyan İniş Optimizasyon Algoritmalarına Genel Bakış*. <https://devhuntery.wordpress.com/2019/06/04/gradyan-inis-optimizasyon-algoritmalarına-genel-bakis/>. (Erişim tarihi: 01.07.2019).
- Basavanhally, A. 2010. *Automated Image-Based Detection and Grading of Lymphocytic İnfiltration in Breast Cancer Histopathology*. Rutgers University-Graduate School-New Brunswick, New Brunswick, New Jersey.
- Basavanhally, A., Yu, E., Xu, J., Ganesan, S., Feldman, M., Tomaszewski, J. ve Madabhushi, A. (2011). Incorporating Domain Knowledge for Tubule Detection in Breast Histopathology Using O'Callaghan Neighborhoods. *Medical Imaging 2011: Computer-Aided Diagnosis*, International Society for Optics and Photonics, 1-13.
- Bejnordi, B. E., Veta, M., Van Diest, P. J., Van Ginneken, B., Karssemeijer, N., Litjens, G., Van Der Laak, J. A., Hermsen, M., Manson, Q. F. ve Balkenhol, M. 2017. *Diagnostic*

- Assessment of Deep Learning Algorithms for Detection of Lymph Node Metastases in Women with Breast Cancer. *Jama*, 318:22, 2199-2210.
- Belsare, A. ve Mushrif, M. 2012. Histopathological Image Analysis Using Image Processing Techniques: An Overview. *Signal & Image Processing: An International Journal (SIPIJ)*, 3:4, 23-33.
- Cao, C., Liu, F., Tan, H., Song, D., Shu, W., Li, W., Zhou, Y., Bo, X. ve Xie, Z. 2018. Deep Learning and Its Applications in Biomedicine. *Genomics, proteomics & bioinformatics*, 16, 17-32.
- Carrio, A., Sampedro, C., Rodriguez-Ramos, A. ve Campoy, P. 2017. A review of deep learning methods and applications for unmanned aerial vehicles. *Journal of Sensors*, 2017.
- Chen, H., Engkvist, O., Wang, Y., Olivecrona, M. ve Blaschke, T. 2018. The rise of deep learning in drug discovery. *Drug discovery today*.
- Chen, H., Zhang, Y., Zhang, W., Liao, P., Li, K., Zhou, J. ve Wang, G. 2017a. Low-dose CT via convolutional neural network. *Biomedical optics express*, 8:2, 679-694.
- Chen, L., Bentley, P. ve Rueckert, D. 2017b. Fully automatic acute ischemic lesion segmentation in DWI using convolutional neural networks. *NeuroImage: Clinical*, 15, 633-643.
- Cireşan, D. C., Giusti, A., Gambardella, L. M. ve Schmidhuber, J. (2013). Mitosis Detection in Breast Cancer Histology Images with Deep Neural Networks. *International Conference on Medical Image Computing and Computer-assisted Intervention*, Springer, 411-418.
- Cosatto, E., Miller, M., Graf, H. P. ve Meyer, J. S. (2008). Grading Nuclear Pleomorphism on Histological Micrographs. *Pattern Recognition*, 2008. *ICPR 2008. 19th International Conference on*, IEEE, 1-4.
- Danaee, P., Ghaeini, R. ve Hendrix, D. A. (2017). A deep learning approach for cancer detection and relevant gene identification. *PACIFIC SYMPOSIUM ON BIOCOMPUTING 2017*, World Scientific, 219-229.
- Das, D. K. ve Dutta, P. K. 2019. Efficient Automated Detection of Mitotic Cells From Breast Histological Images Using Deep Convolution Neural Network with Wavelet Decomposed Patches. *Computers in biology and medicine*, 104, 29-42.
- Davy, A., Havaei, M., Warde-Farley, D., Biard, A., Tran, L., Jodoin, P.-M., Courville, A., Larochelle, H., Pal, C. ve Bengio, Y. 2014. Brain Tumor Segmentation with Deep Neural Networks. 1-5.
- Deniz, C. M., Xiang, S., Hallyburton, R. S., Welbeck, A., Babb, J. S., Honig, S., Cho, K. ve Chang, G. 2018. Segmentation of the proximal femur from MR images using deep convolutional neural networks. *Scientific reports*, 8:1, 16485.
- Dinsmore, C. 2014. Survey of Neural Networks in Digital Pathology and Pathology Workflow. Thesis, DePaul University Department of Computing and Digital Media 6, Chicago, IL.
- Ekmekçi, A. 2016. Technical Report. Stanford University.
- Fakoor, R., Ladhak, F., Nazi, A. ve Huber, M. (2013). Using deep learning to enhance cancer diagnosis and classification. *Proceedings of the International Conference on Machine Learning*, ACM New York, USA.
- Fang, S.-H., Tsao, Y., Hsiao, M.-J., Chen, J.-Y., Lai, Y.-H., Lin, F.-C. ve Wang, C.-T. 2018. Detection of Pathological Voice Using Cepstrum Vectors: A Deep Learning Approach. *Journal of Voice*.
- Fatakawala, H., Xu, J., Basavanahally, A., Bhanot, G., Ganesan, S., Feldman, M., Tomaszewski, J. E. ve Madabhushi, A. 2010. Expectation–Maximization-Driven Geodesic Active Contour with Overlap Resolution (Emagacor): Application to Lymphocyte Segmentation on Breast Cancer Histopathology. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 57:7, 1676-1689.
- Fausett, L. V. 1994. *Fundamentals of neural networks: architectures, algorithms, and applications*. Prentice-Hall Englewood Cliffs, 3-88,
- Fu, X., Liu, T., Xiong, Z., Smaill, B. H., Stiles, M. K. ve Zhao, J. 2018. Segmentation of Histological Images and Fibrosis Identification with a Convolutional Neural Network. *Computers in biology and medicine*, 98, 147-158.
- Fukushima, K. ve Miyake, S. 1982. Competition and cooperation in neural nets. *Springer*, 267-285.
- Gandomkar, Z., Brennan, P. C. ve Mello-Thoms, C. 2018. MuDeRN: Multi-category classification of breast histopathological image using deep residual networks. *Artificial intelligence in medicine*.
- Gibson, E., Li, W., Sudre, C., Fidon, L., Shakir, D. I., Wang, G., Eaton-Rosen, Z., Gray, R., Doel, T. ve Hu, Y. 2018. NiftyNet: a deep-learning platform for medical imaging. *Computer methods and programs in biomedicine*, 158, 113-122.
- Glotsos, D., Spyridonos, P., Cavouras, D., Ravazoula, P., Dadioti, P.-A. ve Nikiforidis, G. 2004. Automated segmentation of routinely hematoxylin-eosin-stained microscopic images by combining support vector machine clustering and active contour models. *Analytical and quantitative cytology and histology*, 26:6, 331-340.
- Harorlı, D. H. ve Harorlı, O. T. 2012. *Diş Hekimliğinde Görüntü Arşivleme ve İletişim Sistemleri*. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 2012:3.
- Havaei, M., Davy, A., Warde-Farley, D., Biard, A., Courville, A., Bengio, Y., Pal, C., Jodoin, P.-M. ve Larochelle, H. 2017. Brain Tumor Segmentation with Deep Neural Networks. *Medical image analysis*, 35, 18-31.
- Hebb, D. O. 1949. *The Organization of Behavior*. John What & Sons. Inc, 17-78, United States of America.
- Hinton, G. E. (2007). Boltzmann Machines. Retrieved from Canada: <https://www.cs.toronto.edu/~hinton/csc321/readings/boltz321.pdf>.
- Hinton, G. E., Osindero, S. ve Teh, Y.-W. 2006. A fast learning algorithm for deep belief nets. *Neural computation*, 18:7, 1527-1554.
- Hinton, G. E. ve Salakhutdinov, R. R. (2006). Reducing the dimensionality of data with neural networks (0036-8075). Retrieved from
- Hopfield, J. J. 1982. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. *Proceedings of the national academy of sciences*, 79:8, 2554-2558.
- İnik, Ö. ve Ülker, E. 2017. Derin Öğrenme ve Görüntü Analizinde Kullanılan Derin Öğrenme Modelleri. *Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research*, 6, 85-104.
- Isin, A. ve Ozdalili, S. 2017. Cardiac arrhythmia detection using deep learning. *Procedia Computer Science*, 120, 268-275.
- Işık, G. ve Artuner, H. 2016. Radyo Sinyallerinin Derin Öğrenme Sinir Ağları ile Tanınması Recognition of Radio Signals with Deep Learning Neural Networks.
- Ivakhnenko, A. G. e. ve Lapa, V. G. 1965. *Cybernetic predicting devices*. CCM Information Corporation.
- İlkılıç Aytaç, Z., İşeri, İ. & Dandıl, B. (2021). Derin Öğrenme Kullanarak Tiroid Kanseri Teşhisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 292-298.
- Janowczyk, A. ve Madabhushi, A. 2016. Deep Learning for Digital Pathology Image Analysis: A Comprehensive Tutorial with Selected Use Cases. *Journal of pathology informatics*, 7.

- Kaya, T. 2017. Radyografinin Temel Prensipleri ve Radyografik Yorumda Temel İlkeler.
- Kaynar, O., Aydın, Z. ve Görmez, Y. 2017. Sentiment Analizinde Öznitelik Düşürme Yöntemlerinin Oto Kodlayıcı Derin Öğrenme Makinaları ile Karşılaştırılması. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10:3, 319-326.
- Kaynar, O., Görmez, Y. ve Işık, Y. E. (2016). Oto Kodlayıcı Tabanlı Derin Öğrenme Makinaları İle Spam Tespiti. 3. Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri Konferansı.
- Keskenler, M. F. ve Keskenler, E. F. 2017. Geçmişten Günümüze Yapay Sinir Ağları ve Tarihçesi. *Takvim-i Vekayi*, 5:2, 8-18.
- Khosravi, P., Kazemi, E., Imielinski, M., Elemento, O. ve Hajirasouliha, I. 2018. Deep convolutional neural networks enable discrimination of heterogeneous digital pathology images. *EBioMedicine*, 27, 317-328.
- Kohl, M., Walz, C., Ludwig, F., Braunewell, S. ve Baust, M. (2018). Assessment of Breast Cancer Histology Using Densely Connected Convolutional Networks. *International Conference Image Analysis and Recognition*, Springer, 903-913.
- Kohonen, T. 1982. Self-organized formation of topologically correct feature maps. *Biological cybernetics*, 43:1, 59-69.
- Kolachalama, V. B., Singh, P., Lin, C. Q., Mun, D., Belghasem, M. E., Henderson, J. M., Francis, J. M., Salant, D. J. ve Chitalia, V. C. 2018. Association of pathological fibrosis with renal survival using deep neural networks. *Kidney international reports*, 3:2, 464-475.
- Komura, D. ve Ishikawa, S. 2018. Machine Learning Methods for Histopathological Image Analysis. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 16, 34-42.
- Koyun, A. ve Afşin, E. Derin Öğrenme ile İki Boyutlu Optik Karakter Tanıma. *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 10:1, 11-14.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I. ve Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in neural information processing systems*, 1097-1105.
- Kvam, J. ve Kongsro, J. 2017. In vivo prediction of intramuscular fat using ultrasound and deep learning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 142, 521-523.
- LeCun, Y., Bengio, Y. ve Hinton, G. 2015. Deep learning. *nature*, 521:7553, 436-442.
- LeCun, Y., Boser, B., Denker, J. S., Henderson, D., Howard, R. E., Hubbard, W. ve Jackel, L. D. 1989. Backpropagation applied to handwritten zip code recognition. *Neural computation*, 1:4, 541-551.
- LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y. ve Haffner, P. 1998. Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86:11, 2278-2324.
- Lee, C. S., Tying, A. J., Deruyter, N. P., Wu, Y., Rokem, A. ve Lee, A. Y. 2017. Deep-learning based, automated segmentation of macular edema in optical coherence tomography. *Biomedical optics express*, 8:7, 3440-3448.
- Li, H., Lin, Z., Shen, X., Brandt, J. ve Hua, G. (2015). A convolutional neural network cascade for face detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 5325-5334.
- Lippmann, R. P. 1989. Pattern classification using neural networks. *IEEE communications magazine*, 27:11, 47-50.
- Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., Setio, A. A. A., Ciampi, F., Ghafoorian, M., Van Der Laak, J. A., Van Ginneken, B. ve Sánchez, C. I. 2017. A Survey on Deep Learning in Medical Image Analysis. *Medical image analysis*, 42, 60-88.
- Lo, S.-C. B., Chan, H.-P., Lin, J.-S., Li, H., Freedman, M. T. ve Mun, S. K. 1995. Artificial convolution neural network for medical image pattern recognition. *Neural networks*, 8:7-8, 1201-1214.
- Madabhushi, A. ve Lee, G. 2016. Image analysis and machine learning in digital pathology: Challenges and opportunities: Elsevier.
- McCulloch, W. S. ve Pitts, W. 1943. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The bulletin of mathematical biophysics*, 5:4, 115-133.
- Montavon, G., Samek, W. ve Müller, K.-R. 2018. Methods for interpreting and understanding deep neural networks. *Digital Signal Processing*, 73, 1-15.
- Motlagh, N. H., Jannesary, M., Aboulkheyr, H., Khosravi, P., Elemento, O., Totonchi, M. ve Hajirasouliha, I. 2018. Breast Cancer Histopathological Image Classification: A Deep Learning Approach. *bioRxiv*, 242818.
- Nedzved, A., Belotserkovsky, A., Lehmann, T. ve Ablameyko, S. (2007). Morphometrical Feature Extraction on Color Histological Images for Oncological Diagnostics. 5th International Conference on Biomedical Engineering, 379-384.
- Nirschl, J. J., Janowczyk, A., Peyster, E. G., Frank, R., Margulies, K. B., Feldman, M. D. ve Madabhushi, A. 2017. Deep Learning for Medical Image Analysis. Elsevier, 179-195.
- Özçelik, Y. B. & Altan, A. (2021). Diyabetik Retinopati Teşhisi için Fundus Görüntülerinin Derin Öğrenme Tabanlı Sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 156-167.
- Pantanowitz, L. (2010). Digital images and the future of digital pathology. *Journal of pathology informatics*, Omaha, Nebraska.
- Paramanandam, M., O'Byrne, M., Ghosh, B., Mammen, J. J., Manipadam, M. T., Thamburaj, R. ve Pakrashi, V. 2016. Automated segmentation of nuclei in breast cancer histopathology images. *PloS one*, 11:9, e0162053.
- Pişkin, M. 2017. TensorFlow ile Sınıflandırıcı Eğitimi ve Görüntü Sınıflandırma.
- Poostchi, M., Silamut, K., Maude, R. J., Jaeger, S. ve Thoma, G. 2018. Image analysis and machine learning for detecting malaria. *Translational Research*, 194, 36-55.
- Rani, R. U. ve Amsini, P. 2018. Image Processing Techniques Used In Digital Pathology Imaging: An Overview *International Journal of Engineering Research in Computer Science and Engineering (IJERCSE)*, 5:1, 1-4.
- Rende, F. Ş., Bütün, G. ve Karahan, Ş. 2017. Derin Öğrenme Algoritmalarında Model Testleri: Derin Testler. 10. Ulusal Yazılım Mühendisliği Sempozyumu 54-59.
- Rosenblatt, F. 1958. The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological review*, 65:6, 386.
- Roy, K., Banik, D., Bhattacharjee, D. ve Nasipuri, M. 2019. Patch-Based System for Classification of Breast Histology Images Using Deep Learning. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 71, 90-103.
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E. ve Williams, R. J. 1986. Learning representations by back-propagating errors. *nature*, 323:6088, 533-535.
- Sabeena, B. K., Nair, M. S. ve Bindu, G. 2018. Automatic Mitosis Detection in Breast Histopathology Images Using Convolutional Neural Network Based Deep Transfer Learning. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*.
- Saha, M., Chakraborty, C. ve Racoceanu, D. 2018. Efficient Deep Learning Model for Mitosis Detection Using Breast Histopathology Images. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 64, 29-40.

- Samala, R. K., Chan, H.-P., Hadjiiski, L. M., Cha, K. ve Helvie, M. A. (2016). Deep-learning convolution neural network for computer-aided detection of microcalcifications in digital breast tomosynthesis. *Medical Imaging 2016: Computer-Aided Diagnosis*, International Society for Optics and Photonics, 97850Y.
- Sarıtaş, M. Z. 2015. Adli tıp uygulamalarında 3D (üç boyutlu) teknolojinin kullanımı.
- Schirrmeyer, R., Gemein, L., Eggenberger, K., Hutter, F. ve Ball, T. (2017). Deep Learning with Convolutional Neural Networks for Decoding and Visualization of EEG Pathology. *Signal Processing in Medicine and Biology Symposium (SPMB)*, 2017 IEEE, IEEE, 1-7.
- Sengur, A. (2016). Derin Aşırı Öğrenme Makinesi ile Yüz Tanıma.
- Srivastava, N., Hinton, G., Krizhevsky, A., Sutskever, I. ve Salakhutdinov, R. 2014. Dropout: a simple way to prevent neural networks from overfitting. *The Journal of Machine Learning Research*, 15:1, 1929-1958.
- Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., Erhan, D., Vanhoucke, V. ve Rabinovich, A. (2015). Going deeper with convolutions. *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 1-9.
- Şeker, A., Diri, B. ve Balık, H. H. 2017. Derin Öğrenme Yöntemleri ve Uygulamaları Hakkında Bir İnceleme. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3:3, 47-64.
- Tanyıldızı, E. ve Okur, S. 2016. Retina Görüntülerindeki Kan Damarlarının Belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28:2.
- Trebeschi, S., van Griethuysen, J. J., Lambregts, D. M., Lahaye, M. J., Parmar, C., Bakers, F. C., Peters, N. H., Beets-Tan, R. G. ve Aerts, H. J. 2017. Deep learning for fully-automated localization and segmentation of rectal cancer on multiparametric MR. *Scientific reports*, 7:1, 5301.
- Turan, M., Almalioglu, Y., Araujo, H., Konukoglu, E. ve Sitti, M. 2018. Deep endovo: A recurrent convolutional neural network (rcnn) based visual odometry approach for endoscopic capsule robots. *Neurocomputing*, 275, 1861-1870.
- Vargas, R., Mosavi, A. ve Ruiz, L. 2017. Deep Learning: A Review. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 5:2.
- Veta, M., Pluim, J. P., Van Diest, P. J. ve Viergever, M. A. 2014. Breast cancer histopathology image analysis: A review. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 61:5, 1400-1411.
- Vieira, S., Pinaya, W. H. ve Mechelli, A. 2017. Using deep learning to investigate the neuroimaging correlates of psychiatric and neurological disorders: Methods and applications. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 74, 58-75.
- Widrow, B. ve Hoff, M. E. (1960). Adaptive switching circuits. Retrieved from
- World Health Organization. (2020). Breast Cancer. 12 Ekim 2021 tarihinde <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer> adresinden erişildi.
- Xiao, K., Wang, Z., Xu, T. ve Wan, T. 2017. A Deep Learning Method For Detecting And Classifying Breast Cancer Metastases In Lymph Nodes On Histopathological Images.
- Xie, D., Zhang, L. ve Bai, L. 2017. Deep learning in visual computing and signal processing. *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*, 2017.
- Xu, J., Janowczyk, A., Chandran, S. ve Madabhushi, A. (2010). A Weighted Mean Shift, Normalized Cuts Initialized Color Gradient Based Geodesic Active Contour Model: Applications to Histopathology Image Segmentation. *Medical Imaging 2010: Image Processing*, International Society for Optics and Photonics, 1-11.
- Xu, J., Janowczyk, A., Chandran, S. ve Madabhushi, A. 2011. A High-Throughput Active Contour Scheme for Segmentation of Histopathological Imagery. *Medical image analysis*, 15:6, 851-862.
- Xu, Y., Jia, Z., Wang, L.-B., Ai, Y., Zhang, F., Lai, M., Eric, I. ve Chang, C. 2017. Large scale tissue histopathology image classification, segmentation, and visualization via deep convolutional activation features. *BMC bioinformatics*, 18:1, 281.
- Yalçın, N., Alver, S. ve Uluhatun, N. (2018). Classification of Retinal Images with Deep Learning for Early Detection of Diabetic Retinopathy Disease. *2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, IEEE, 1-4.
- Yonekura, A., Kawanaka, H., Prasath, V. S., Aronow, B. J. ve Takase, H. (2017). Glioblastoma Multiforme Tissue Histopathology Images Based Disease Stage Classification with Deep CNN. *Informatics, Electronics and Vision & 2017 7th International Symposium in Computational Medical and Health Technology (ICIEV-ISCMT)*, 2017 6th International Conference on, IEEE, 1-5.
- Zhao, X., Wu, Y., Song, G., Li, Z., Zhang, Y. ve Fan, Y. 2018. A deep learning model integrating FCNNs and CRFs for brain tumor segmentation. *Medical image analysis*, 43, 98-111.



Assessment of Coronavirus Pandemic Effect on Air Quality in Cyprus

Sedef Cakir^{1*}, Princewill Mbachu²

^{1*} Cyprus International University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, Mersin 10 Turkey, (ORCID: 0000-0003-3049-2635),
scakir@ciu.edu.tr

² Cyprus International University, Institute of Graduate Studies and Research, Environmental Science Program, Mersin 10 Turkey, (ORCID: 0000-0002-7172-313X),
mbachuprincewill@yahoo.com

(First received 20 December 2021 and in final form 25 January 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1038697)

ATIF/REFERENCE: Cakir, S., Mbachu, P., (2022). Assessment of Coronavirus Pandemic Effect on Air Quality in Cyprus. *European Journal of Science and Technology*, (33), 207-212.

Abstract

The emergence of the infectious virus known as Coronavirus (COVID-19) in the Chinese city of Wuhan at the end of 2019 not only affected the world politically, socially and, economically but also had an impact on the environmental issues in most of the countries. During the curfew period in many countries due to the coronavirus, it was hypothesized that there would be a decrease in the level of air pollution due to the significant decrease in anthropogenic activities. The aim of the study is to analyze the level of air pollution for specific pollutants (Particulate matter, NO₂, Ozone) in Cyprus within the period from January 2020 to June 2020 and to compare the obtained results with the air quality data for the same period in 2019. This period was selected to cover the time frames before lockdown, during lockdown and partial lockdown implemented in Cyprus. In order to make a comparative analysis with 2019, monthly mean values of the pollutants and mean values of three phases were obtained using the satellite data. Differences were presented as percentages and t-test was applied to determine if these differences were significant. Significant reduction in NO₂ values was detected during the lockdown and partial lockdown periods compared to the values obtained at the same periods of 2019, while AOD and Ozone values did not decrease significantly during the lockdown period.

Keywords: COVID-19, Lockdown, Air Quality, AOD, NO₂, t-test.

Koronavirüs Pandemisinin Kıbrıs'taki Hava Kalitesine Etkisinin İncelenmesi

Öz

2019'un sonunda Çin'in Wuhan şehrinde Coronavirus (COVID-19) olarak bilinen bulaşıcı virüsün ortaya çıkması, dünyayı yalnızca politik, sosyal ve ekonomik olarak etkilemekle kalmadı, aynı zamanda çoğu ülkenin çevresel konularını da etkiledi. Koronavirüs nedeniyle birçok ülkede alınan sokağa çıkma yasağı döneminde, antropojenik faaliyetlerin önemli derecede azalması nedeniyle hava kirliliği seviyesinde bir azalma olacağı düşünülmekteydi. Bu çalışma, Ocak 2020'den Haziran 2020'ye kadar olan dönemde Kıbrıs'taki hava kirliliği seviyesini bazı kirlleticiler (Partikül madde, NO₂, Ozon) için analiz etmeyi ve çıkan sonuçların 2019 yılı aynı dönemdeki hava kalitesi değerleri ile karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Bu dönem, Kıbrıs'taki sokağa çıkma yasağı öncesi, sokağa çıkma yasağı ve kısmi sokağa çıkma yasağı periyotlarını kapsayacak şekilde seçilmiştir. 2019 yılı ile karşılaştırmalı bir analiz yapmak için uydu verileri kullanılarak kirleticilerin aylık ortalama değerleri ve üç periyottaki ortalama değerler elde edilmiştir. Farklar yüzde olarak verilmiş ve bu farkların anlamlı olup olmadığını belirlemek için t-testi uygulanmıştır. Sokağa çıkma yasağı ve kısmi sokağa çıkma yasağı dönemlerinde NO₂ değerlerinde 2019 yılının aynı dönemlerine göre anlamlı bir düşüş olduğu ancak AOD ve Ozon değerlerinde anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: COVID-10, Sokağa çıkma yasağı, Hava kalitesi, AOD, NO₂, t-testi.

* Corresponding Author: scakir@ciu.edu.tr

1. Introduction

Air pollution which is the introduction of chemicals, particulate matter (PM), or biological materials that cause harm to humans or other living organisms, or cause damage to the natural environment or built environment, into the atmosphere (Agbaire and Esiefarienthe, 2009) is a global issue as it affects both the developing and developed countries. Problems with air quality are more persistent in highly populated and industrialized areas with poor air quality control management strategies (Rai *et al.*, 2013). Pollution stress can alter plant and animal lives, human health situations and the environment as a whole due to the fact that various concentrations of different air pollutants can alter the atmospheric and environmental balance. It has been reported by the Environment, Rural and Marine Resources of the Spanish Ministry that air pollution causes more death in a year than road accidents (Marcos, 2011).

The coronavirus is one of the most recent emerging species of viruses that has been posing a great challenge to many people around the world as scientists are doing everything possible to prevent its spread and also looking for possible treatment methods and preventive vaccines (Briz-Redón *et al.*, 2021). Due to the speed that the coronavirus spread around the world and also its severe health impacts on human lives, it has been termed a global pandemic (Wang *et al.*, 2020).

Some measures were taken by the authorities of the countries across the world to prevent the spread of the virus from one person to another and from one country to another. The lockdown was the major policy measure that was implemented as an emergency method to slow the rate of COVID-19 transmission. Some of the other measures included social lockdown thereby preventing public gatherings of any type hence everyone was kept at home (Das *et al.*, 2020; Patel *et al.*, 2020). All types of public and private transportation have been stopped during the coronavirus lockdown (Tosepu *et al.*, 2020). Factories were shut down while malls, cinema theatres, and streets were deserted and almost all activities were halted worldwide. Education of all forms became online as no face-to-face studies were permitted (Bukhari and Jameel, 2020).

The virus has not only affected the world politically, socially and economically but also had impacts on the environmental components of most cities around the world. The lockdown measures implemented in response to the COVID-19 pandemic is thought to be a general blessing to the environment globally (Mahato *et al.*, 2020) though some little disparities were observed in a few countries. For example, it was observed that there was a considerable general decrease in the level of NO₂ in some countries like China (Zhao *et al.*, 2019; Wang and Su, 2020), the USA (Berman and Ebusu, 2020), India (Mahato *et al.*, 2020), Brazil (Nakada and Urban, 2020), Kazakhstan (Kerimray *et al.*, 2020), Spain, France, Italy (Gautam, 2020) and Samsun, Turkey (Efe, 2021). Şahin (2020) showed that there was a significant reduction in PM₁₀ values in Istanbul during the COVID-19 compared to the values obtained before COVID-19. Conversely, an increase in the ozone levels was noticed during this same lockdown period in some European countries (Sicard *et al.*, 2020), Latin American countries (Nakada and Urban, 2020; Siciliano *et al.*, 2020), and Asian countries (Kerimray *et al.*, 2020). The increase in O₃ levels had been associated with a decrease in NO as there was a little breakdown of O₃ by NO (Nakada and Urban, 2020)

It was reported that the concentrations of black carbon (BC) and NO₂ were reduced to half of their initial values while PM₁₀ concentration experienced about one-third reduction in the city of Barcelona due to the lockdown (Tobías *et al.*, 2020). It was also claimed that the reduced anthropogenic activities and hence emissions during the lockdown period were not good enough to stop serious air pollution occurrence in 10 major cities in China (Wang *et al.*, 2020).

Dantas *et al.*, 2020 investigated the impact of the lockdown on the air quality in the city of Rio de Janeiro, Brazil. The concentration of the pollutants PM, CO, NO₂, and O₃ were measured during the period of lockdown (23rd March to 16th April, 2020) and the values were compared to the concentration of the same pollutants obtained in the same period in 2019 (23rd March to 16th April, 2019). They found that the most significant reduction (30.3-48.5%) was for CO. A decrease in NO₂ concentration was also observed, while PM₁₀ levels only experienced a reduction in the first lockdown period. There was an increase in the concentration of O₃ and this was associated with the decrease in NO₂ levels.

This study aims to analyze the changes in air pollution levels for specific pollutants (PM, O₃, NO₂) during the COVID-19 lockdown period as compared to the ones obtained before the COVID-19 lockdown period of Cyprus using satellite data from the Giovanni website (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>).

2. Material and Method

2.1. Study Area

This study focused on Cyprus, the island located in the Eastern Basin of the Mediterranean Sea with coordinates between latitudes 34° and 36° N, and longitudes 32° and 35° E. The most and least polluted cities of Cyprus are Nicosia and Paphos, respectively. The island experiences a warm, Mediterranean climate which has long hot summers and mild, wet winters (Hadjinicolaou *et al.*, 2011).

Some of the main industrial activities on the island include; agriculture, cement and gypsum, ship repair and refurbishment, textiles, light chemicals, metal products, wood, paper, stone and clay products, fisheries, shipping, construction, and food and beverage processing. In addition to vehicle and automobile emissions the emissions from industries, power plants, and houses are the main sources of pollution in Cyprus (Tsilingiridis *et al.*, 2010).

As the first COVID-19 cases had been reported, the first lockdown in northern Cyprus started on the 15th March and ended on the 4th of May 2020 (Volkan & Volkan, 2020), two weeks after the last patient was discharged from the hospital. During this period, there was a very limited movement of vehicles and persons. All schools, non-essential shops, restaurants, cafes, cinemas, gyms, playgrounds, and workplaces were closed down. People could only leave the house in case of an emergency. In addition, only factories that were involved in the production of essential goods and services were allowed to operate. Gradual re-opening in businesses had started on the 5th of May until the 15th of May (Volkan & Volkan, 2020). During this phase, people were asked to maintain social distance and use facemasks as compulsory measure. The crowds with more than 10 people in a closed area was also prohibited. In South Cyprus, the first restrictions started on the 11th of March 2020, all the schools

closed on March 13, and restrictions were eased after the 4th of May. On the 21st of May, all schools reopened (Kolokotroni *et al.*, 2021). For the whole island, lockdown phases and corresponding dates were determined to be used as given in Table 1.

Table 1: Different lockdown periods for Cyprus.

Phase	Lockdown Dates	Periods
I	1 st Jan 2020 - 14 th Mar 2020	Pre-lockdown
II	15 th Mar - 4 th May 2020	Total lockdown
III	5 th May - 30 th Jun 2020	Partial lockdown

2.2. Data

Satellite data of NO₂, O₃, and particles were retrieved and analyzed in order to determine the effect of the lockdown on air quality in Cyprus. NO₂ is emitted to the atmosphere principally by activities such as vehicles and other forms of transportation, combustion of fossil fuels in industries and power plants. O₃ on its part can occur naturally and its concentration can be influenced by human activities (Apte *et al.*, 2008) and formed as a secondary pollutant. It is found both in the stratosphere and troposphere. The interaction between UV light and molecular O₂ leads to the formation of stratospheric ozone (the ozone layer) while the photochemical reactions between VOC and NO_x will lead to the formation of ground-level O₃ or tropospheric O₃ (Goodman *et al.*, 2009; Cakir and Sita, 2020). Finally, desert dust, VOC from vegetables, smoke from fires, and volcanic ash are the main natural sources of aerosols (Dutheil *et al.*, 2020; Humbal *et al.*, 2019). According to the studies of Querol *et al.* (2009) and Achilleos, *et al.* (2014), vehicular activities, sea salt sprays, transportation from European countries, dust re-suspension can be listed as the main anthropogenic and natural sources of particles in the region of Eastern Mediterranean.

In this study, satellite-derived data from the Giovanni website were used. NO₂ and O₃ data were obtained from NASA's OMI sensors, and AOD data, which was used to approximate PM (Stirnberg *et al.*, 2018), was obtained from MODIS sensors. OMI is a Dutch and Finnish-built monitoring image spectrometer that is designated to distinguish ozone and other atmospheric gases. The instrument has a spectra region of 264-504 nm, a spectra resolution of 0.42-0.63 nm, and a resolution of 0.125° x 0.125° (Levelt *et al.*, 2006). The MODIS instrument operates on both the Aqua and Terra spacecraft with a viewing swath width of 2330 km and views the whole earth's surface every 24 or 48 hours. The instrument acquires data at three spatial resolutions (250, 500, and 1000 m), and measures 36 spectral bands between 0.405 and 14,385 μm using its detectors (Gupta *et al.*, 2016).

In this study, the product of NO₂ Total Tropospheric Column (30% Cloud Screened) (OMNO2d v003) with measuring unit of cm-2 and spatial resolution of 0.25° was used. For the ozone data the product of Total Ozone Column (TOMS-like) (OMTO3e v003) with DU as unit and 0.25° as a spatial resolution; for particles the product of Combined Dark Target and Blue AOD at 0.55 micron for land and ocean: mean (MYDO8 D3 v6.1) with a spatial resolution of 1° was used.

2.3. Methodology

The time series, area-average plot on Giovanni website was used to get daily data values for NO₂, O₃, and AOD, for the period

of 1st January 2019 to 30th June 2019 and also 1st January 2020 to 30th June 2020. These data were collected for the whole of Cyprus.

Excel, the Microsoft Office spreadsheet software program was used to;

- calculate monthly mean values of AOD and NO₂ for the given periods for 2019 and 2020,
- calculate the percentage difference of the monthly mean values of 2019 and 2020 using Equation 1.

$$\% \text{ difference} = \frac{\bar{X}_{i,2020} - \bar{X}_{i,2019}}{\bar{X}_{i,2019}} \times 100 \quad (1)$$

where $\bar{X}_{i,2019}$ and $\bar{X}_{i,2020}$ represent monthly mean values of the *i*th month in 2019 and 2020 respectively.

- apply t-test to deduce the significance of the difference in monthly mean values for the above-mentioned pollutants and periods for the entire island. 0.05 and 0.01 alpha levels were considered to evaluate the significance,
- calculate the mean and standard deviation of the AOD, NO₂ and O₃ values for the different periods (Table 1) (pre-lockdown, total lockdown, partial lockdown) during 2020 and calculate mean values for the same periods of 2019,
- calculate percentage difference of the mean values of three periods of 2020 compared to the same periods of 2019. Equation 1 was adapted for the calculations,
- apply t-test to show the significance of the difference of the periods means between the corresponding three periods of 2019 and 2020. 0.05 and 0.01 alpha levels were considered to evaluate the significance.

The negative data values (in the case of NO₂) and all the filled values (this occurred when the measuring instrument could not detect the pollutant) were eliminated before starting the analysis and these data were not taken into consideration. On the other hand, in the study of Achillos *et al.* (2014) the cases that AOD values greater than 0.3 together with Angstrom exponent (AE) less than 0.9 were used as an indicator of the desert dust particles presence. AE values were not been analyzed in this study, but similar to the other approach in Achillos *et al.* (2014), the days with AOD values higher than the 95th percentile value have been considered as days with high particles level that is associated with the dust storms. 95th percentile of the AOD values during the given periods in 2019 and 2020 was found as 0.61 and 0.44 respectively, that's why it was decided to neglect AOD values greater than 0.5 from both of the years to eliminate the effect of the possible dust transportation.

3. Results and Discussion

3.1. Monthly mean differences

Figure 1 illustrates the monthly mean AOD data from January to June for both 2019 and 2020 over Cyprus. There are increasing AOD values from January to April in both years, but the observed change from March to April in 2020 is less than that in 2019. This difference can be explained by decreased or even stopped vehicular activities during the lockdown. AOD values in February and March 2020 were observed to be higher than those of 2019. However, during April, May, and June 2020 the values were smaller than those of 2019 with the highest difference in June. Efforts have been made to eliminate the contribution of dust

storms, but there are still high (>0.3) AOD values that may lead to an increase in monthly average values.

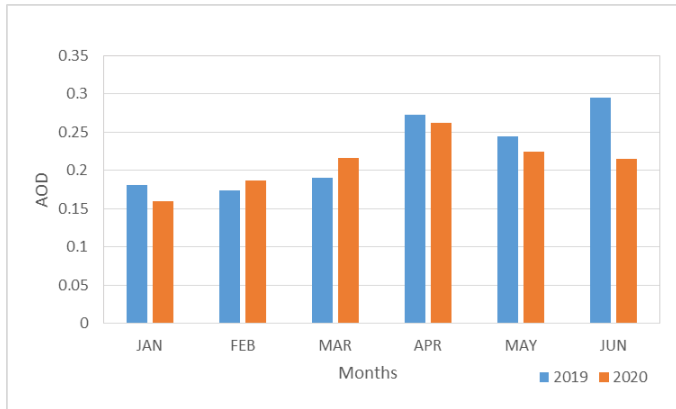


Figure 1. AOD monthly mean values for Cyprus (blue: 2019, orange:2020).

As seen in Figure 2, positive monthly percentage changes (8% and 13%) in AOD values for February and March, respectively indicate an increase in PM concentrations as compared to 2019 values. According to the one-tailed t-test (for two-samples unequal variances) with 0.05 alpha level, all these positive and negative differences (except June) were found to be not significant ($p > 0.05$). The highest and significant negative monthly mean difference between 2020 and 2019 was observed in June. The region was under the effect of dust storms during June 2019 (Kıbrıs Gazetesi, 2019a, Kıbrıs Gazetesi, 2019b). Therefore, high AOD values, less than 0.5 but greater than 0.3, may have contributed to the high monthly mean AOD during June.

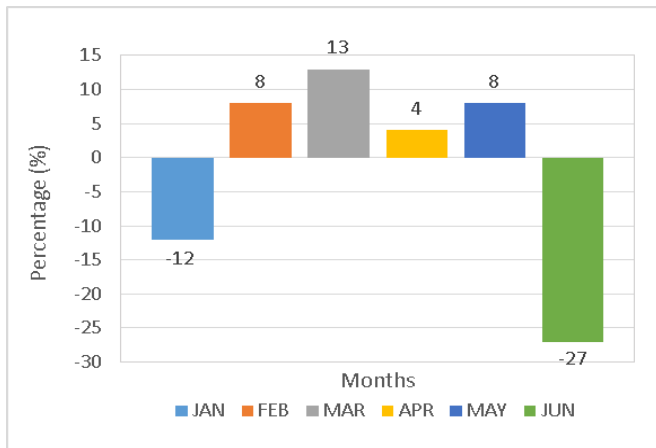


Figure 2. The percent differences between the 2020 and 2019 values in terms of monthly mean AOD data.

Monthly mean values of tropospheric NO₂ for Cyprus, from January to June for both 2019 and 2020 were given in Figure 3. It is clear that monthly mean values in 2020 were lower than those of the corresponding months in 2019. The lowest values were observed in February and March in 2019. The road traffic decreased due to the lockdown in 2020, and the lowest monthly average values were detected in March and April. With the gradual re-opening in May and June, NO₂ values increased to the same level as before the lockdown.

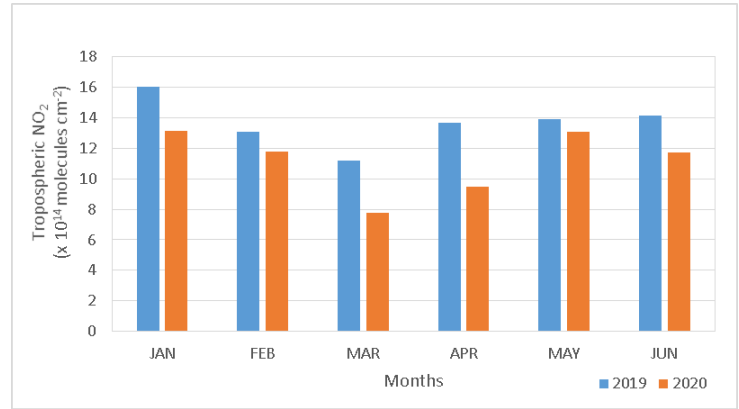


Figure 3. Monthly mean values of tropospheric NO₂ for Cyprus (blue: 2019, orange:2020).

Percent differences between monthly mean values of NO₂ in 2020 and 2019 (Figure 4) showed a significant decrease in March, April and June (-31%, -31%, -17%). Decreased even stopped vehicular activities can explain these reductions during the March and April months. Percent changes in mean values with respect to 2019 were observed as negative values in January, February, and May also, but according to t-test with the 0.05 alpha level, the differences between mean values were not significant.

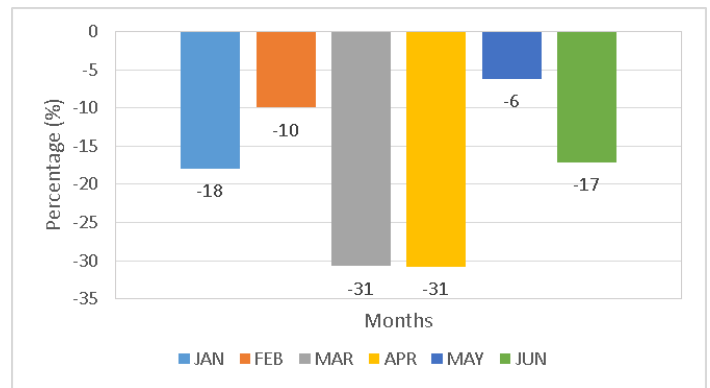


Figure 4. The percent differences between the 2020 and 2019 values in terms of monthly mean tropospheric NO₂ values.

3.2 Analysis for different periods

The mean and standard deviation of AOD, NO₂, and Ozone values for the different periods (pre-lockdown, lockdown, partial lockdown) of the pandemic in 2020 were calculated. In order to determine the effect of the lockdown period on the air quality, mean and standard deviation were obtained for the same periods of 2019, and percent change in mean values compared to 2019 was calculated. One-tailed t-test was applied at alpha levels of 0.05 and 0.10, and the significance of the differences between mean values was evaluated in this section.

According to Table 2, the mean and standard deviation of the AOD values were the same for Period I (pre-lockdown) in both years of 2020 and 2019, and there is no change in mean values. During the lockdown period in 2020, AOD values showed an insignificant increase compared to the same period of 2019 while there was a significant decrease in values during the partial lockdown. Partial lockdown or gradual re-opening in some sectors had started on 5th of May, 2020, and emissions from the human activities, especially from automobiles were expected to increase during this period and monthly values of NO₂ presented these trends clearly, while AOD values have not increased during the

May and June compared to the lockdown months. The highest and significant (at 0.05 alpha level) difference compared to the same period of 2019 in mean values of NO₂ was observed during the lockdown period with a 32% reduction. A decrease in NO₂ values was observed (9%) also in partial lockdown compared to 2019 but it was found significant at 0.10 alpha level. Similar results were obtained by Zhang et al, (2020). They found 33% reduction in NO₂ at the continental level in East Asia, and 49% reduction was obtained at the city scale in London.

Table 2. Statistical analysis of the pollutants during the different periods of Coronavirus Pandemic and same periods of 2019, in Cyprus.

Pollutant	Period	2019 Mean (std dev)	2020 Mean (std dev)	Relative change (%)
AOD	I	0.18 (0.08)	0.18 (0.08)	0
	II	0.24 (0.11)	0.25 (0.10)	3
	III	0.27 (0.11)	0.22 (0.09)	-20*
NO ₂	I	13.99 (9.25)	11.65 (8.44)	-17
	II	12.85 (8.93)	8.79 (5.32)	-32*
	III	14.01 (3.83)	12.68 (5.38)	-9**
O ₃	I	311.34 (34.40)	335.05 (24.60)	8*
	II	351.88 (29.37)	350.31 (16.38)	0
	III	314.28 (16.55)	310.25 (20.70)	-1**

* significant at 0.05 alpha level

**significant at 0.10 alpha level

Mean Ozone values showed a significant (at 0.05 alpha level) increase (8%) in the pre-lockdown period compared to the same period of 2019, while the values were almost equal during the lockdown period of 2020 and the same period of 2019. It was observed that there is a significant (at 0.10 alpha level) decrease (-1%) in mean values during period III (partial lockdown). Increasing NO₂ values after lockdown might have an effect on the reduction in Ozone values because NO_x has an important role for destroying the ozone in the troposphere.

According to Tobias *et al.* (2020) results, the most significant reduction (-45 to -51 %) was observed for NO₂, mainly related to traffic emissions while PM₁₀ had a lower decrease (-28 to -31 %). Conversely, O₃ values increased in levels compared to the values obtained before lockdown periods in Barcelona. The results of Tobias *et al.* (2020) are mostly in line with the results of this study.

4. Conclusions and Recommendations

In this study, the change in air quality in Cyprus during the lockdown periods of Coronavirus pandemic was analysed. Monthly mean values of AOD, tropospheric NO₂ were obtained for the months from January to June of 2020 and 2019. Percent changes in monthly mean AOD values with respect to 2019 were calculated and the findings showed that changes in AOD were not significant. However, the analysis results applied for NO₂ showed

that there was a significant decrease in March, April and June values compared to values of the same months of 2019.

The period from January to June of 2020 was divided into 3 phases considering the dates of lockdown. Changes in the mean AOD, tropospheric NO₂ and Ozone values during the periods before lockdown, lockdown, and partial lockdown were evaluated and compared to the values obtained during the same periods of 2019. According to the results, significant decrease in AOD values was only obtained for period III (partial lockdown). Because of the limited vehicular activities during the lockdown period, a significant reduction in NO₂ values was observed.

Further studies can be conducted for Cyprus at the city-scale and analysis can be repeated to show how the air quality has changed during the lockdown period with respect to the 5 year-baseline period.

References

- Achilleos, S., Evans, J. S., Yiallourous, P. K., Kleantous, S., Schwartz, J., Koutrakis, P. (2014). PM10 concentration levels at an urban and background site in Cyprus: the impact of urban sources and dust storms. *Journal of Air & Waste Management Association*, 64(12), 1352-60.
- Agbaire, P. O., & Esiefarienrhe, E. (2009). Air Pollution tolerance indices (apti) of some plants around Otorogun Gas Plant in Delta State, Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 13(1).
- Apte, M. G., Buchanan, I. S. & Mendell, M. J. (2008). Outdoor ozone and building-related symptoms in the BASE study. *Indoor air*, 18(2), 156-170.
- Berman, J. D., & Ebusu, K. (2020). Changes in US air pollution during the COVID-19 pandemic. *Science of the Total Environment*, 739, 139864.
- Briz-Redón, Á., Belenguer-Sapiña, C., & Serrano-Aroca, Á. (2021). Changes in air pollution during COVID-19 lockdown in Spain: a multi-city study. *Journal of Environmental Sciences*, 101, 16-26.
- Bukhari, Q. & Jameel, Y. (2020). Will Coronavirus Pandemic Diminish by Summer? *SSRN Electronic Journal*. doi: 10.2139/ssrn.3556998.
- Cakir, S. & Sita, M. (2020). Evaluating the performance of ANN in predicting the concentrations of ambient air pollutants in Nicosia. *Atmospheric Pollution Research*, 11(12), 2327-2334.
- Das, M., Das, A., Sarkar, R., Saha, S., & Mandal, A. (2020). Examining the impact of lockdown (due to COVID-19) on ambient aerosols (PM 2.5): A study on Indo-Gangetic Plain (IGP) Cities, India. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 1-17.
- Dutheil, F., Baker, J. S., & Navel, V. (2020). COVID-19 as a factor influencing air pollution?. *Environmental pollution*, 263, 114466.
- Efe, B. (2021). Impact of COVID-19 Restrictions on Air Quality Levels on Samsun, Turkey. *Environmental Science. Proceedings*, 8(1), 6.
- Gautam, S. (2020). COVID-19: Air pollution remains low as people stay at home. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 13, 853-857.
- Goodman, J. E., Sax, S. N., Lange, S., & Rhomberg, L. R. (2015). Are the elements of the proposed ozone National Ambient Air Quality Standards informed by the best available

- science?. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 72(1), 134-140.
- Gupta, P., Levy, R. C., Mattoo, S., Remer, L. A., Munchak, L. A. (2016). A surface reflectance scheme for retrieving aerosol optical depth over urban surfaces in MODIS Dark Target retrieval algorithm. *Atmospheric Measurement Techniques*, 9, pp. 3293-3308
- Hadjinicolaou, P., Giannakopoulos, C., Zerefos, C., Lange, M. A., Pashiardis, S. & Lelieveld, J. (2011). Mid-21st century climate and weather extremes in Cyprus as projected by six regional climate models. *Regional Environmental Change*, 11, 441-457.
- Humbal, C., Joshi, S. K., Trivedi, U. K., & Gautam, S. (2019). Evaluating the colonization and distribution of fungal and bacterial bio-aerosol in Rajkot, western India using multi-proxy approach. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(6), 693-704.
- Kerimray, A., Baimatova, N., Ibragimova, O. P., Bukenov, B., Kenessov, B., Plotitsyn, P., & Karaca, F. (2020). Assessing air quality changes in large cities during COVID-19 lockdowns: The impacts of traffic-free urban conditions in Almaty, Kazakhstan. *Science of the Total Environment*, 730, 139179.
- Kıbrıs Gazetesi, (2019a). Meteoroloji Dairesinden toz uyarısı. Kıbrıs, <https://www.kibrisgazetesi.com/kibris/meteoroloji-dairesinden-toz-uyarisi-3-h67646.html>
- Kıbrıs Gazetesi, (2019b). Toz zerrecikleri kirlilik yaratacak. Kıbrıs, <https://www.kibrisgazetesi.com/kibris/toz-zerrecikleri-kirlilik-yaratacak-h69133.html>
- Levelt, P. F., van den Oord, G. H., Dobber, M. R., Malkki, A., Visser, H., de Vries, J., Stammes, P., Lundell, J. O. V., & Saari, H. (2006). The ozone monitoring instrument. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 44(5), 1093-1101.
- Mahato, S., Pal, S., & Ghosh, K. G. (2020). Effect of lockdown amid COVID-19 pandemic on air quality of the megacity Delhi, India. *Science of the Total Environment*, 730, 139086.
- Marcos, A. (2011). Air: When breathing is threat. *Why Newsletter*, WHO Europe, Issue 4. Retrieved from https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0011/147656/WHY_Newsletter4.pdf.
- Nakada, L. Y. K., & Urban, R. C. (2020). COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil. *Science of the Total Environment*, 730, 139087.
- Patel, H., Talbot, N., Salmond, J., Dirks, K., Xie, S., & Davy, P. (2020). Implications for air quality management of changes in air quality during lockdown in Auckland (New Zealand) in response to the 2020 SARS-CoV-2 epidemic. *Science of the Total Environment*, 746, 141129.
- Querol, X., Pey, J., Pandolfi, M., Alastuey, A., Cusack, M., Pérez, N., Moreno, T., Viana, M., Mihalopoulos, N., Kallos, G., Kleanthous, S. (2009). African dust contributions to mean ambient PM10 mass-levels across the Mediterranean Basin. *Atmospheric Environment*, 43, 4266-4277.
- Rai, P. K., Panda, L. L. S., Chutia, B. M., Singh, M. M. (2013). Comparative assessment of air pollution tolerance index (APTI) in the industrial (Rourkela) and non industrial area (Aizawl) of India: an eco-management approach. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 7(10), 944-948.
- Sicard, P., De Marco, A., Agathokleous, E., Feng, Z., Xu, X., Paoletti, E., Jaime, J., Rodriguez, D & Calatayud, V. (2020). Amplified ozone pollution in cities during the COVID-19 lockdown. *Science of the Total Environment*, 735, 139542.
- Stirnberg R., Cermak J., Andersen H. (2018). An Analysis of Factors Influencing the Relationship between Satellite-Derived AOD and Ground-Level PM10. *Remote Sensing*, 10(9),1353.
- Şahin, Ü. A. (2020). The Effects of COVID-19 Measures on Air Pollutant Concentrations at Urban and Traffic Sites in Istanbul. *Aerosol and Air Quality Research*, 20, 1874-1885.
- Tobías, A., Carnerero, C., Reche, C., Massagué, J., Via, M., Minguillón, M. C., Alastuey, A & Querol, X. (2020). Changes in air quality during the lockdown in Barcelona (Spain) one month into the SARS-CoV-2 epidemic. *Science of the Total Environment*, 726, 138540.
- Tosepu, R., Effendy, D. S., & Ahmad, L. O. A. I. (2020). The first confirmed cases of COVID-19 in Indonesian citizens. *Public Health of Indonesia*, 6(2), 70-71.
- Tsilingiridis, G., Sidiropoulos, C., Pentaliotis, A., Evripidou, C., Papastavros, C., Mesimeris, T., & Papastavrou, M. (2010). A spatially allocated emissions inventory for Cyprus. *Global Nest Journal*, 12(1), 99-107.
- Volkan, E., & Volkan, E. (2020). Under the COVID-19 lockdown: Rapid review about the unique case of North Cyprus. Psychological Trauma. *Theory, Research, Practice, and Policy*, 12(5), 539.
- Wang, L., Li, M., Yu, S., Chen, X., Li, Z., Zhang, Y., Jiang, L., Xia, Y., Li, J., Liu, W., Li, P., Lichtfouse, E., Rosenfeld, D & Seinfeld, J. H. (2020). Unexpected rise of ozone in urban and rural areas, and sulfur dioxide in rural areas during the coronavirus city lockdown in Hangzhou, China: implications for air quality. *Environmental Chemistry Letters*, 18(5), 1713-1723.
- Wang, Q., & Su, M. (2020). A preliminary assessment of the impact of COVID-19 on environment—A case study of China. *Science of the Total Environment*, 728, 138915.
- Zhang, Z., Arshad, A., Zhang, C., Hussain, S., & Li, W. (2020). Unprecedented temporary reduction in global air pollution associated with COVID-19 forced confinement: A continental and city scale analysis. *Remote Sensing*, 12(15), 2420.
- Zhao, P., Tuygun, G. T., Li, B., Liu, J., Yuan, L., Luo, Y., Xiao, H & Zhou, Y. (2019). The effect of environmental regulations on air quality: A long-term trend analysis of SO2 and NO2 in the largest urban agglomeration in southwest China. *Atmospheric Pollution Research*, 10(6), 2030-2039.



Kentsel Yüzey Isı Adalarının Belirlenmesinde Yer Yüzey Sıcaklık Verilerinin Kullanımı

Müge Ünal Çilek^{1*}

^{1*} Fırat Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Elazığ, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-1147-9729), mugeunal@firat.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 21 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 26 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1039572)

ATIF/REFERENCE: Ünal Çilek, M. (2022). Kentsel Yüzey Isı Adalarının Belirlenmesinde Yer Yüzey Sıcaklık Verilerinin Kullanımı. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 213-222.

Öz

Kentsel ısı adası (KIA) etkisi çevre, enerji ve sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Kentsel arazi örtüsü/arazi kullanımı (AÖ/AK) ve değişimleri yer yüzey sıcaklığını (YYS) önemli ölçüde etkilemektedir. Bu çalışmada, Adana kent merkezi için kış ve yaz mevsiminde LANDSAT 8 OLI/TIRS uydusundan yer yüzeyine dayalı ölçümlerden elde edilen YYS ile kentsel AÖ/AK'nın kentsel yüzey ısı adası (SUHI) üzerindeki etkileri incelenmiştir. YYS sıcaklığı kış aylarında en yüksek kesikli/süreksiz orta yoğun şehir yapısında (%30-%50) (28,4°C), endüstriyel ve ticari birimlerde (24,1°C) ve izole yapılarda (18,8°C) görülmüştür. Yaz aylarında ise en yüksek endüstriyel ve ticari birimlerde (47,8°C), karayolları ve ilgili alanlarda (42°C), spor ve eğlence alanlarında (40,1°C) ve sürekli şehir yapısında (40,0°C) görülmüştür. Kentsel dokudaki geçirgen yüzeylerin geçirimsiz yüzeylere hızlı bir şekilde dönüştürülmesi kentsel yüzey ısı dalgalarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu çalışmada da geniş geçirimsiz yüzeylere sahip olan havalimanı ile endüstriyel ve ticari birimleri SUHI yoğunluğunun en yüksek olduğu alanlardır. SUHI yoğunluğunun yüksek olduğu bu alanlarda YYS sıcaklığının azaltılması Adana kentinin mekânsal plancılara gelecekte planlı ve sürdürülebilir kentsel gelişimin sağlanması için iklimle duyarlı planlamaya etkin bir şekilde odaklanması gerekliliğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: LANDSAT 8, Yer Yüzey Sıcaklığı, Kentsel Yüzey Isı Adası, Adana.

Use of Land Surface Temperature Data to Determine Urban Surface Heat Island

Abstract

The urban heat island (UHI) effect causes environmental, energy and health problems. Urban land use/land cover (LULC) and its changes significantly affect land surface temperature (LST). In this study, the effects of the urban LULC on the urban surface heat island (SUHI) were analyzed with the LST obtained from the earth surface-based measurements from the LANDSAT 8 OLI/TIRS satellite in the winter and summer seasons for Adana city center. LST is highest in discontinuous medium density urban fabric (30% - 50%) (28.4°C), industrial and commercial units (24.1°C) and isolated structures (18.8°C) in winter months. In summer season, higher LST is seen in Industrial and commercial units (47.8°C), highways and associated land (42°C), sports and leisure facilities (40.1°C) and continuous urban fabric (40.0°C). The rapid transformation of pervious surfaces in the urban fabric into impervious surfaces causes urban surface heat waves. In this study, the airport and industrial and commercial units, which have impervious surfaces, are the areas with the highest SUHI density. Reducing the LST temperature in these areas shows the spatial planners of the city of Adana that it is necessary to focus effectively on climate-sensitive urban planning to ensure planned and sustainable urban development.

Keywords: LANDSAT 8, Land Surface Temperature, Surface Urban Heat Island, Adana.

* Sorumlu Yazar: mugeunal@firat.edu.tr

1. Giriş

Kentsel ısı adası (KIA) etkisi, kentsel alanlardaki hava sıcaklığının veya yer yüzey sıcaklığının (YYS) çevredeki kırsal alanlara göre daha yüksek olduğu durumu ifade eder (Oke, 1973, 1982; Voogt ve Oke, 2003). Kentsel alanda daha yüksek sıcaklık bitki örtüsünün büyümesini etkiler (Melaas ve ark., 2016; Zipper ve ark., 2016), hava kirliliğine yol açar (Sarrat ve ark., 2006), enerji tüketimini artırır (Santamouris, 2014; Santamouris ve ark., 2015) ve kent sakinlerinin sağlığını olumsuz etkileyebilir (Vandentorren ve ark., 2006; Tan ve ark., 2010; Dong ve ark., 2014). KIA etkisine temel olarak arazi örtüsündeki (Zhou ve ark., 2016) ve şehirleşmeyle ilişkili arazi kullanımındaki değişiklikler neden olmaktadır (Estoque ve ark., 2017; Du ve ark., 2020; Wang ve ark., 2020; Zhou ve ark., 2021). Ayrıca, kentlerdeki türbülanslı ve ısınımsal değişimleri temsil edebilen bulut miktarı ve rüzgar hızı gibi meteorolojik faktörlerde etkilenmektedir (Morris ve ark., 2001). Son yıllarda özellikle kentleşmenin beraberinde getirdiği kentsel arazi genişlemesinin KIA'yı nasıl etkilediğini araştıran çalışmalar yaygınlaşmıştır (Lu ve ark., 2015; Sejati ve ark., 2019). Araştırma sonuçları, KIA'nın mekânsal dağılımlarının şehirlerin gelişimi veya kentsel genişleme (Zhou ve ark., 2016) ve şehirlerin coğrafi konumu (Ramamurthy ve Sangobanwo, 2016) ile ilgili olduğunu ortaya koymuştur. Sera gazlarının ve antropojenik yüzeylerin (binalardaki cam cepheler, beton, döşeme, yollar, metalden yapılmış yüzeyler vb.) emisyonları, kentsel alanlarda sıcaklık artışının temel nedenleri olarak vurgulanmıştır. Bu faktörler yüzey enerji dengesini değiştirmekte, sıcaklık değişimi ve KIA yoğunluğu şeklinde kendini göstermekte, kentsel ve kırsal iklimi etkilemektedir (Wemegah, 2020).

2018 yılında dünya nüfusunun %55'sinden fazlası şehirlerde yaşıyordu ve bu oranın 2050 yılına kadar %68'e çıkması beklenmektedir (UN, 2018). Özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki hızlı kentleşme süreci, kentsel alanlarda doğal peyzajın daha geçirimsiz bir yüzeye dönüşmesini hızlandırmakta ve bu da radyasyon, termal, nem, pürüzlülük ve emisyon özelliklerini değiştirmektedir (Mathew ve ark., 2016). Kentleşmeden kaynaklanan yüzey değişiklikleri, KIA'ya neden olmaktadır (Estoque ve ark., 2017). Ayrıca bu durum aşırı ve hava olaylarının yoğunlaşmasına (Patz ve ark. 2005), enerji tüketiminin artışına (Hirano ve Fujita, 2012; Santamouris, 2013), hava kalitesinin bozulmasına (Stathopoulou ve ark., 2008; Diem ve ark., 2017), sağlık üzerindeki olumsuz etkiler ve ısıya bağlı ölümlerde artışına (Tan ve ark., 2010; Arifwidodo ve Chandrasiri, 2020; Heaviside ve ark., 2016) neden olmaktadır.

Olumsuz etkilerinin aksine KIA'nın olumlu etkileri de bulunmaktadır. KIA, soğuk iklim bölgelerinde ısıtma için daha az enerji tüketimi sağlarken (Sun ve Augenbroe, 2014), aynı zamanda dış mekan konforunu iyileştirmekte, yollardaki olumsuz hava koşullarından kaynaklı tehlikelerinin azalmasını sağlamakta (Stewart ve Oke, 2012) ve soğuk havaya bağlı ölümleri azaltmaktadır (Macintyre ve ark., 2021). Bu özelliklerden dolayı YYS'yi etkileyen mekanizmaları anlamak, KIA uyum stratejilerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynar, çevre dostu ve çevresel açıdan sürdürülebilir kentsel alanların yaratılmasına yardımcı olmaktadır.

YYS, dünyadaki birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreç için belirleyici bir faktördür. Uzaktan algılama ile yerel ölçekten küresel ölçeğe kadar YYS'nin tahmini ve yersel-zamansal izlenmesi için etkili bir araçtır (Wan ve Li, 1997; Agarwal ve e-ISSN: 2148-2683

ark., 2014; Yu ve ark., 2014; Zhou ve ark., 2019). YYS aynı zamanda kentsel bir mekan içerisindeki mikro iklimi etkileyen yerel iklim değişikliği olgusunun bir göstergesi olarak da düşünülebilir (Li ve ark., 2013; Rasul ve ark., 2017; Voogt ve Oke, 2003; Weng ve ark., 2011).

Kentleşmenin dünya çapında YYS değişiminin önemli itici güçlerinden biri olduğu belirlenmiştir (Zhou ve ark., 2011; Chen ve ark., 2017; Yang ve ark., 2017; Guo ve ark., 2012; Jiang ve ark., 2015; Tayyebi ve ark., 2018; Fonseka ve ark., 2019). Bu eğilim, gelişmekte olan ülkelerde giderek güçlenen bir eğilime doğru yönelmektedir. Örneğin, Hindistan'daki küçük ve orta ölçekli kentlerdeki plansız ve gelişigüzel kentsel genişleme, zaman içinde kentsel alanlarda LST'nin artmasına neden olmuştur (Das ve Das, 2020a, 2020b). Dutta ve Das'ın (2020a) sonuçlarına göre, ortalama YYS'nin, özellikle yerleşim alanlarının hızlı büyümesi nedeniyle (1990) ile 2015 (25 yıl içinde) 1,73 °C arttığı kaydedilmiştir. Böylece Hindistan'daki küçük ve orta ölçekli şehirlerin genişlemesi, gelişigüzel ve sınırsız büyüme oranları nedeniyle endişe konusu olarak etiketleneyeceği açıktır (Das ve Das, 2019a). Bu durum ülkemizde de hızlı nüfus artışına sahip olan kentler içinde geçerli bir durumdur. Bu nedenle, kentsel sürdürülebilirliğin yanı sıra kent sakinlerinin refahı için acil önlemlerin uygulanması gerekmektedir. Artan kentleşme nedeniyle arazi örtüsü ve arazi kullanımının (AÖAK) hızlı değişmesi, yalnızca kentsel çevrede termal ısı stresi yaratmakla kalmayıp, aynı zamanda kent sakinlerinin yaşam kalitesini de bozmaktadır. Kentsel alanlarda çevresel bozulmanın altyapı gelişimi ile de yakından bağlantılı olduğu tespit edilmiştir (Das ve Das, 2019b). Bu nedenle, hızla kentleşen alanlar üzerindeki YYS modellerinin değerlendirilmesi, kentsel ısı stresine karşı savunmasızlığı anlamak ve etkili arazi kullanım planlaması ve kentsel yüzey ısı adası etkilerinin azaltılma stratejilerinde önemli bir gösterge olacaktır. Bu çalışmada yüksek YYS ve kentsel yüzey ısı adası (SUHI-Surface Urban Heat Island) yoğunluğu olan bölgeler için yukarıda belirtilen noktalar açısından güçlü bir hipotez sunmaktadır.

Bu doğrultuda çalışmada Adana kentine ait farklı mevsimsel dönemlerde (Aralık-Şubat ve Haziran-Ağustos) yer yüzey sıcaklığı ile kentsel arazi kullanımı arasındaki ilişkinin sayısal olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Yer yüzey sıcaklığının belirlenmesinde 2018 yılına ait Landsat 8 OLI sensörüne ait Red (Band 4), NIR (Band 5), TIR 1 (Band 10) ve TIR 2 (Band 11) bandlarından elde edilen verilerden faydalanılmıştır. Adana kentine ait mevsimlik yüzey sıcaklık haritalarını oluşturmuş ve sigmoid aktivasyonunu kullanarak oluşturulan yüzey sıcaklık haritalarındaki mevsimsel etkiyi indirgemiş ve ardından Adana kentine ait kentsel arazi kullanım verileri ile mevsimsel etkiden arındırılmış yüzey sıcaklık verileri arasındaki ilişkinin detaylıca açıklanması hedeflenmiştir. Çalışma alanı olarak Adana kentinin seçilmesinin ana sebepleri, alanın farklı alan kullanımı ve arazi örtüsü tiplerine sahip olması, mevsimsel sıcaklık farklılıklarının yüksek olması, alan kullanımı ve arazi örtüsündeki yer yüzey sıcaklığının mevsimlere göre nasıl değiştiğinin tespit edilebilmesi için veri temininin kolay olması olarak sıralanabilir.

2. Materyal ve Metot

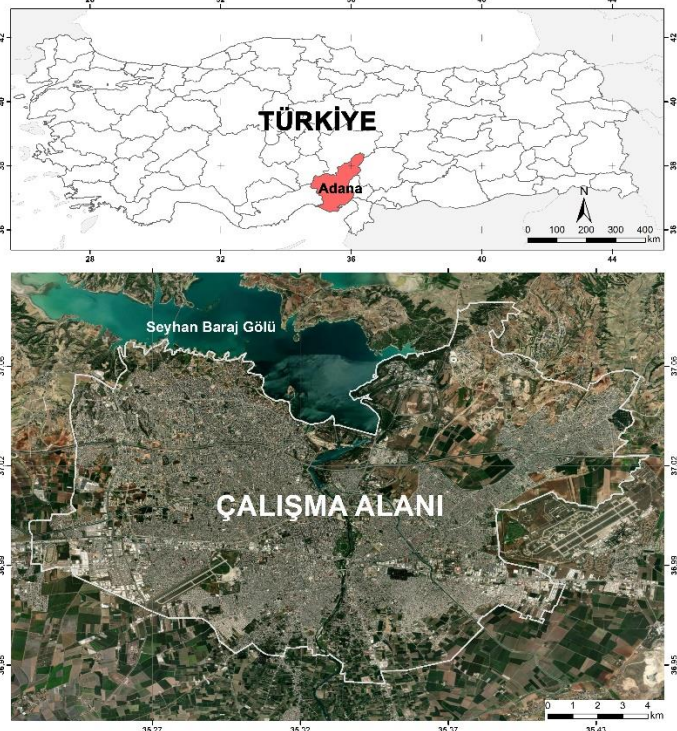
2.1. Çalışma alanı

Türkiye'de, kentsel yerleşimlerin yüksek yoğunluğu ile karakterize edilen bir kentsel bağlam olan Adana kenti, en yoğun gelişmiş ve beşinci kalabalık bölgedir (Şekil 1).

2.2. Veriler

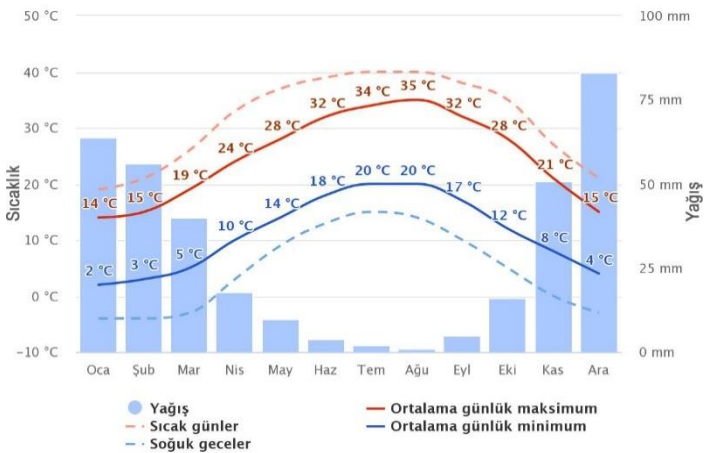
Bu çalışmada kentsel alanlardaki AÖ/AK ile YYS arasındaki ilişkiyi incelemek için Landsat 8 OLI ve TIRS verileri kullanılmıştır. Landsat 8 uydusu, Operasyonel Arazi Görüntüleyici (OLI) ve Termal Kızılötesi Sensör (TIRS) olmak üzere iki sensör taşımaktadır. OLI sensörü görünür, yakın kızılötesi ve kısa dalga boyuna sahip kızılötesinde yedi yansıtıcı band ve ayrıca iki pankromatik ve cirrus bandına sahiptir. TIRS ise termal kızılötesi (TIR) bölgesinde iki banda sahiptir. OLI bandları 30 m, TIRS bandları ise 100 m yersel çözünürlüğü sahiptir. TIRS bantları, US Geological Survey (USGS) (<http://earthexplorer.usgs.gov>) tarafından kübik kıvrım (cubic convolution) ile 30 m yersel çözünürlüğe ölçek küçültme imkânı sağlamaktadır. Landsat 8 OLI/TIRS verileri 2018 yılının Aralık-Şubat ayları ve Haziran-Ağustos aylarında elde edilen veriler kullanılarak yaz ve kış sezonu için YYS verileri elde edilmiştir.

Avrupa şehirlerinin derinlemesine analizi için Avrupa Çevre Ajansı (AÇA), Çevre ve Güvenlik için Küresel İzleme (GMES) programı aracılığıyla 2006 yılı için arazi kullanım bilgilerini içeren ücretsiz bir veri seti olan Kentsel Atlası (Urban Atlas) yayınlamıştır. Kentsel Atlas hizmeti, kentsel alanların yüksek çözünürlüklü bir arazi kullanım haritasını sunmaktadır (Şekil 3). Avrupa Birliği ve ülkemizdeki kentler için farklı yapı yoğunluğu seviyelerini temsil eden 20 arazi kullanım sınıfı belirlenmiştir. Bu çalışmada da Adana kenti için Kentsel Atlas verisi AÇA tarafından elde edilerek YYS analizlerde kullanılmıştır.

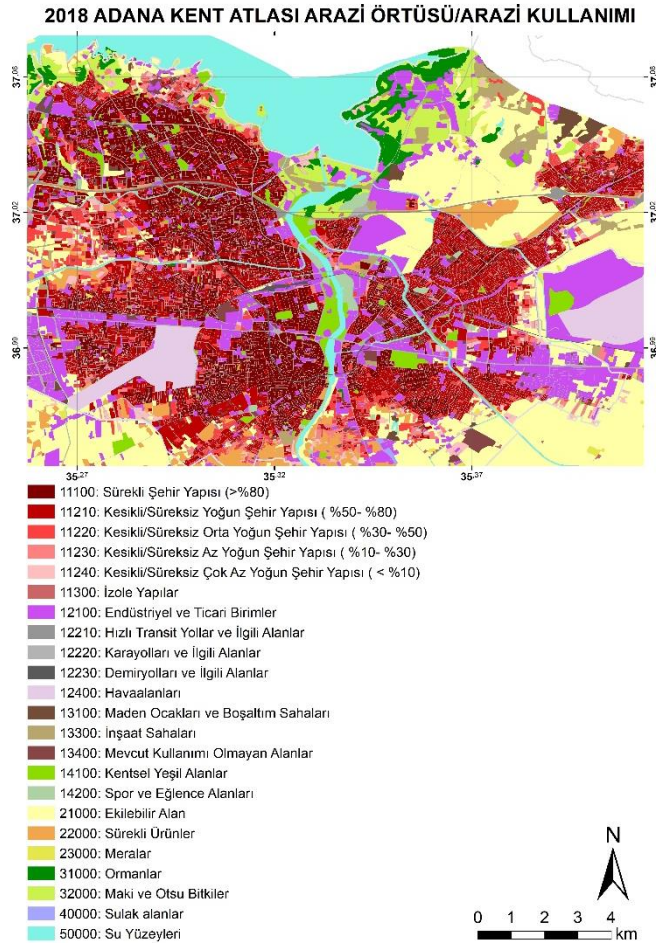


Şekil 1. Çalışma alanı konumu (Figure 1. The location of study area)

Adana, kışları serin ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçen tipik bir Akdeniz iklimine sahiptir. Ortalama hava sıcaklığı Temmuz ve Ağustos aylarında (en sıcak dönem) yaklaşık 34-35 °C ve Ocak ve Şubat aylarında (en soğuk dönem) yaklaşık 14-15 °C'dir (Şekil 2). Ağustos ayında hava yağışsız ve kuraktır. Bununla birlikte, yıl boyunca günlük ortalama bağıl nem yüksek oranda kalır (%80'in üzerinde). Adana'da hakim rüzgar yönü kışın kuzey-kuzeydoğu, yazın ise güney-güneybatıdır (Meteoblue.com, 2021). Adana, ülkedeki en verimli tarım arazilerini kapsadığı için tarım ve tarım endüstrileri gelişmiştir. Bu gelişme, önemli bir istihdam düzeyi yaratmış ve kırsal alanlardan kentsel alanlara yoğun bir iç göç yaşanmasına neden olmuştur (Ünal ve Uslu, 2018). 1980'lerin başında 500.000 olan nüfus, 2018'de yaklaşık 2.220.125'e yükselmiştir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2018).



Şekil 2. Son 30 yıllık hava sıcaklığı ve yağış verileri (Figure 2. Air temperature and precipitation data for the last 30 years) (Meteoblue.com, 2021)



Şekil 3. Adana kenti 2018 yılına ait arazi örtüsü/kullanımı haritası (Figure 3. Land cover/use map of Adana City for 2018) (Urban Atlas, 2018)

2.3. YYS Verilerin Üretilmesi

YYS, kentsel ısı adasının etkisini ve yüzey-atmosfer etkileşimlerini belirlemek için önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir (Dickinson 1994; Zhou ve ark., 2011; Mallick ve ark., 2013). Yer yüzeyi özelliklerinin bileşimi ve fiziksel bileşenleri, kentsel alanın termal modelini belirlemektedir. Uydulardaki kızılötesi sensörler, parlak veya koyu yüzeylerdeki sıcaklıkları elde etmek için atmosfer üstü (TOA) parlaklıkları hesaplamaktadır (Dash ve ark., 2002). Bu parlaklık değerleri LANDSAT 8 OLI ve TIRS bantlarından uzaktan algılama yazılımları aracılığıyla bir dizi hesaplamalar yapılarak YYS verisi elde edebilmek için kullanılmaktadır (Unal Cilek ve Cilek, 2021). Kentsel ve kırsal ortamlar arasındaki iki mekan arasındaki yüzey özelliklerindeki (buharlaşma veya ısı depolama kapasitesi) farklılıkların bir göstergesi olan Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) de bu hesaplamalarda kullanılmaktadır.

LANDSAT 8 bantları içerisinde termal bant olarak bant 10 ve NDVI'yi hesaplamak için Band 4 (Kırmızı) ve Band 5 (Yakın kızılötesi) kullanılmaktadır. YYS sıcaklığının üretilmesinde temelde 6 basamaktan oluşmaktadır.

Birinci aşamada Landsat termal bantlarının dijital sayıları (DN) spektral ışınma veya atmosfer üstü (TOA) spektral parlaklığa dönüştürülmektedir.

$$TOA(L) = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

Eşitlik 1'de L , watt/(m² * ster * µm) cinsinden TOA spektral parlaklığını, M_L banda özgü çarpımsal yeniden ölçeklendirme faktörünü, A_L banda özgü ilave yeniden ölçeklendirme faktörünü, Q_{cal} ise düzeltilmiş DN değeridir.

İkinci aşamada, termal bant verileri, uydu termal sabitleri kullanılarak TOA spektral parlaklığı parlaklık sıcaklığına dönüştürülür. Parlaklık sıcaklığı (BT) değerleri, dünya yüzeyinin kara cisim olarak kabul edildiği spektral parlaklık haritasından ve Landsat veri setinin K1 ve K2 kalibrasyon sabitleri kullanılarak tahmin edilmektedir.

$$BT = (K_2 / (\ln(K_1 / L) + 1)) - 273.15 \quad (2)$$

Eşitlik 2'de BT, TOA parlaklık sıcaklığını temsil eder, $K_1 = 774.8853$ (watt/(m² * ster * µm)) ve $K_2 = 1321.0789$ (Kelvin) kalibrasyon sabitleridir.

Bu hesaplamalar bir kara cisime atıfta bulunulduğundan tüm alanlar için gerçek yüzey sıcaklığını yansıtmaz. Böylece, parlaklık sıcaklığı, arazi örtüsü tipi dikkate alınarak emisyon (ϵ) tahmini için de düzeltilmektedir. Üçüncü aşamada, NDVI'dan tahmin edilen bitki örtüsü oranı, yer yüzeyinin emisyonunu ölçmek için bir girdi parametresi olarak kullanılmaktadır. NDVI, yakın kızılötesi (Band 5) ve kırmızı bandın (Band 4) matematiksel işlemi ile elde edilmektedir.

$$NDVI = (Band\ 5 - Band\ 4) / (Band\ 5 + Band\ 4) \quad (3)$$

Eşitlik 3'te NDVI -1 ile 1 arasında bir değer almaktadır. Dördüncü aşamada, NDVI ile yüksek oranda ilişki bulunan bitki örtüsü oranını (P_v) ve beşinci aşamada P_v ile ilişkili olan emisyon oranının (ϵ) aşağıdaki denklemlerden elde edilmektedir.

$$P_v = ((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))^2 \quad (4)$$

$$\epsilon = 0.004 * P_v + 0.986 \quad (5)$$

Son aşamada ise aşağıda gösterildiği gibi TOA parlaklık sıcaklığı ve arazi örtüsü emisyon oranı kullanılarak YYS hesaplanmaktadır.

$$YYS = (BT / (1 + (0.00115 * BT / 1.4388) * \ln(\epsilon))) \quad (6)$$

3. Araştırma Sonuçları

3.1. Görüntü Ön İşleme

Görüntü ön işlemenin amacı, görüntüyü geliştirmek ve/veya belirli işlemler yoluyla görüntüden faydalı bilgiler çıkarmaktır (Basavaprasad ve Ravi, 2014). Bu çalışmada, atmosfer düzeltme ve gürültü azaltma dahil olmak üzere iki ön işleme prosedürü gerçekleştirilmiştir. Atmosfer koşulları, moleküler saçılma ve absorpsiyonun bir sonucu olarak hem uzaysal hem de zamansal olarak değişir (Lu ve ark., 2002). Atmosferik etkiler nedeniyle, uzaktan algılanan bir görüntüdeki herhangi bir pikselde kaydedilen değer, o pikseldeki gerçek yerden ayrılan parlaklığı temsil etmez. Bu çalışmada kullanılan uydu görüntülerine, Chavez (1996) tarafından önerilen atmosferik düzeltme için karanlık nesne algoritması uygulanmıştır.

2.3 başlığı altında detayları anlatılan aşamalar uygulanarak 2018 yılı için LANDSAT 8 OLI/TIRS verilerinden Aralık-Ocak ve Haziran-Ağustos aylarına ait YYS haritaları üretilmiştir (Şekil 4). YYS sonuçlarına göre kış aylarında sıcaklık 6-22°C arasında değişirken, yaz aylarında 22-48°C arasında değişmektedir. YYS sıcaklığı en soğuk Ocak ayında meydana gelirken, en sıcak Temmuz ayında meydana gelmiştir. Akarsu ve göl çevrelerinde ise her ayda YYS değerlerinin düşük olduğu görülmektedir.

3.2. Kent dokusu ile YYS ilişkisi

Tüm kentsel arazi örtüleri içerisinde endüstriyel ve ticari birimler, kesikli/sürekli yoğun şehir yapısı (%50- %80) ve sürekli şehir yapısı (>%80) kentin büyük oranını kapsayan baskın yerleşim bölgeleri olduğu gözlemlenmiştir. Bu üç arazi örtüsü kentin %63'lük bir alanını kapsamaktadır. Alanın %16'lık bölümü karayolları ve ilgili alanlarını ve kalan %21'lik kısmını diğer kentsel arazi örtüleri kapsamaktadır. Kenti kuzey-güney yönünde ikiye bölen Seyhan nehri ve etrafında kentsel yeşil alanlar yer almaktadır.

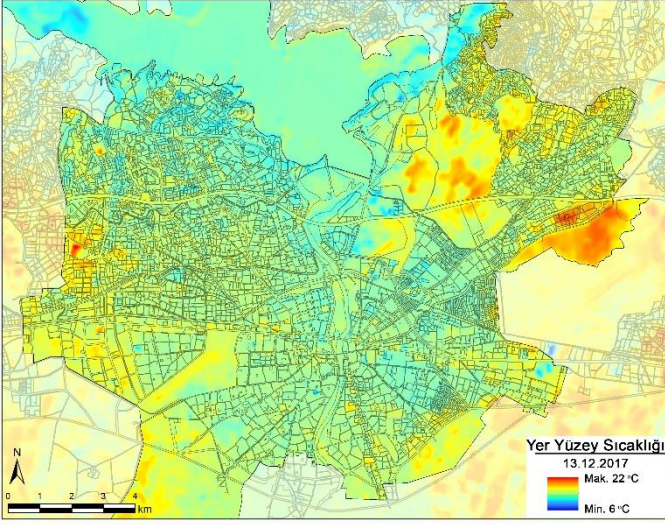
YYS'lerin 2018 yılı için her bir AÖAK türü için tanımlayıcı istatistikleri (ortalama, maksimum, minimum ve standart sapma) analiz edilmiştir. Arazi örtüsü bazında YYS sonuçlarına göre en yüksek YYS'nin sırasıyla havaalanları, endüstriyel ve ticari birimler ile maden ocakları ve boşaltım sahalarında olduğu görülmektedir. En düşük YYS sıcaklıkları ise sırasıyla su yüzeyleri, ormanlar ve kentsel yeşil alanlarıdır.

Şehir yapılarındaki sınıflar ile endüstriyel ve ticari birimler arasında yüzey sıcaklıklarının büyük oranda farklılık belirlenmiştir. Kentsel dokuda şehir yapıları en düşük YYS sıcaklığına sahip alanlar olurken, en yüksek YYS sıcaklığına ticari birimlerin bulunduğu alanlardır (Tablo 1).

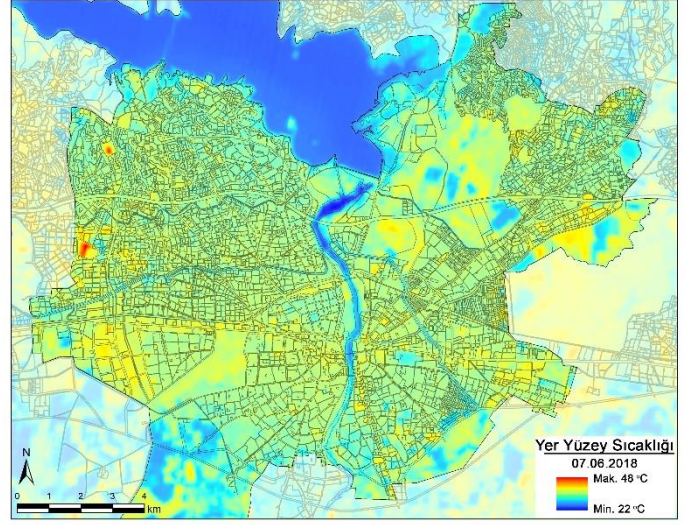
Yaz mevsimi için kentsel doku içerisinde en yüksek YYS sıcaklıkları sırasıyla endüstriyel ve ticari birimlerde (47,8°C), karayolları ve ilgili alanlarda (42 °C), Spor ve eğlence alanlarında (40,1°C) ve Sürekli şehir yapısında (40,0°C) görülmüştür. Kış mevsiminde ise en yüksek sıcaklık kesikli/sürekli orta yoğun şehir yapısında (%30- %50) (28,4 °C), endüstriyel ve ticari birimlerde (24,1 °C) ve izole yapılarda görülmüştür.

a) KIŞ MEVSİMİ

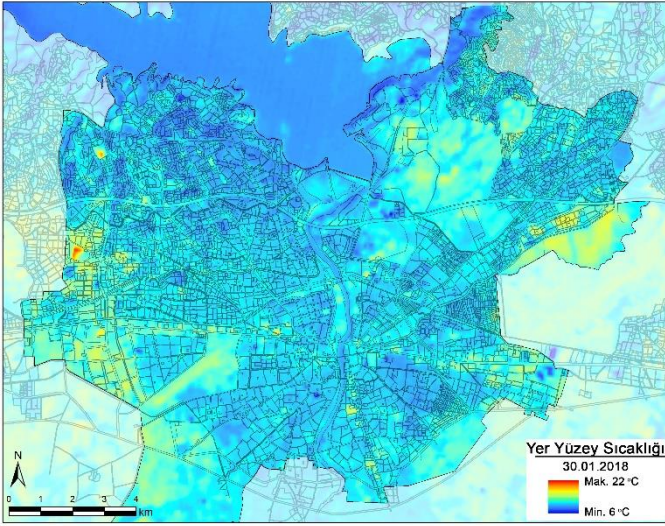
b) YAZ MEVSİMİ



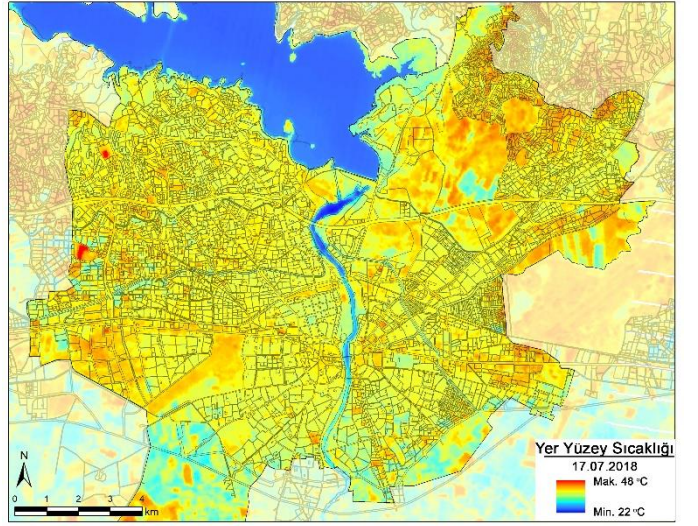
13 Aralık 2017



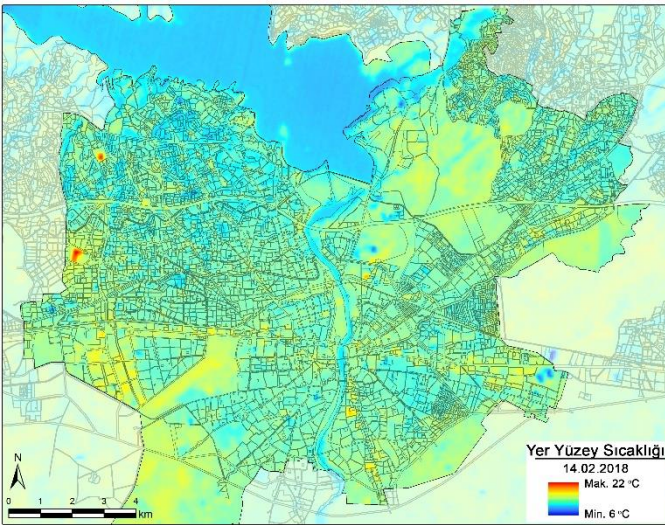
07 Haziran 2018



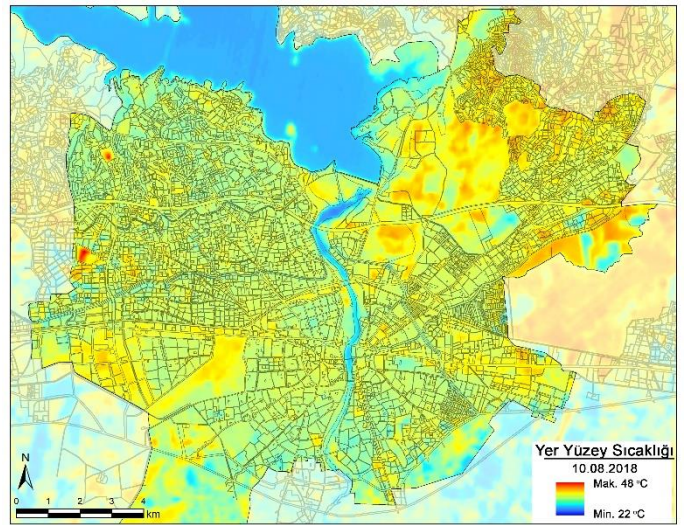
30 Ocak 2018



17 Temmuz 2018



14 Şubat 2018



10 Ağustos 2018

Şekil 4. 2018 yılına ait kış mevsimi (a) ve yaz mevsimi (b) aylarına ait YYS haritaları (Figure 4. LST maps of winter (a) and summer (b) months of 2018)

Tablo 1. AÖAK bazında yaz ve kış aylarında YYS verilerinin istatistiksel sonuçları (Table 1. Statistical results of LST data in summer and winter for LULC)

AÖAK Kodu	AÖAK Sınıfları	Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS)							
		Minimum °C		Maksimum °C		Ortalama °C		Standart sapma	
		Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz
11100	Sürekli Şehir Yapısı (>%80)	13,5	30,4	22,2	40,0	17,0	33,6	0,7	0,8
11210	Kesikli/Süreksiz Yoğun Şehir Yapısı (%50- %80)	14,7	24,0	20,0	37,3	17,2	33,7	0,6	0,7
11220	Kesikli/Süreksiz Orta Yoğun Şehir Yapısı (%30- %50)	10,6	22,8	28,4	37,4	18,1	33,7	1,2	1,0
11230	Kesikli/Süreksiz Az Yoğun Şehir Yapısı (%10- %30)	14,9	26,2	20,3	38,0	17,2	33,8	0,5	1,5
11240	Kesikli/Süreksiz Çok Az Yoğun Şehir Yapısı (<%10)	12,3	27,7	19,9	38,8	17,5	33,8	0,8	1,4
11300	İzole Yapılar	13,7	27,8	22,1	37,7	18,8	34,0	1,2	1,5
12100	Endüstriyel ve Ticari Birimler	13,6	22,5	24,1	47,8	17,4	35,1	0,8	1,9
12210	Hızlı Transit Yollar ve İlgili Alanlar	15,1	27,6	20,8	37,2	17,9	34,7	0,7	1,1
12220	Karayolları ve İlgili Alanlar	13,3	20,8	20,0	42,0	17,0	33,9	0,9	1,2
12230	Demiryolları ve İlgili Alanlar	14,4	23,1	21,4	37,9	17,9	34,6	0,9	1,3
12400	Havaalanları	13,7	28,7	19,9	39,3	17,5	36,8	0,9	1,1
13100	Maden Ocakları ve Boşaltım Sahaları	13,0	25,2	20,1	39,6	17,0	35,0	1,1	2,2
13300	İnşaat Sahaları	14,1	20,5	20,5	38,8	18,0	35,0	1,0	1,8
13400	Mevcut Kullanımı Olmayan Alanlar	14,1	21,0	20,8	38,4	17,7	34,5	0,8	1,3
14100	Kentsel Yeşil Alanlar	13,8	21,2	21,5	37,3	17,7	32,3	0,9	2,0
14200	Spor ve Eğlence Alanları	14,8	21,9	20,6	40,1	18,0	34,2	1,0	1,7
21000	Ekilebilir Alan	13,0	25,7	20,8	39,8	14,2	34,4	1,4	1,6
22000	Sürekli Ürünler	11,9	22,5	21,1	39,7	18,8	33,0	1,4	1,6
23000	Meralar	13,0	27,3	21,1	39,1	15,7	34,4	1,2	1,4
31000	Ormanlar	14,7	20,9	20,8	37,0	17,7	30,4	1,1	1,8
32000	Maki ve Otsu Bitkiler	14,8	20,7	19,7	38,5	17,9	33,6	0,6	2,1
40000	Sulak alanlar	16,9	24,9	20,4	35,3	18,9	33,3	0,5	1,5
50000	Su Yüzeyleri	16,8	18,6	18,6	37,0	17,6	22,7	0,5	4,4

3.3. SUHI'nin mevsimsel varyasyonlarının analizi

KIA hava sıcaklığı ve YYS temelinde iki açıdan değerlendirilebilir (Das ve Das, 2020a). Bu çalışmada, KIA kent dokusu da YYS temelinde değerlendirilmiştir. Bir kentsel alandaki ısınma etkisi, yoğun kentsel yerleşim alanı ve düşük yoğun kentsel arazi kullanımı pikselleri arasındaki yüzey sıcaklık farkı olarak hesaplanan kentsel yüzey ısı adası (SUHI) yoğunluğu sigmoid aktivasyonu ile ölçülebilir:

$$\text{Sigmoid aktivasyonu} = \frac{YYS_i - YYS_{\text{düşük sıcaklık}}}{YYS_{\text{yüksek sıcaklık}} - YYS_{\text{düşük sıcaklık}}} \quad (7)$$

Eşitlik 7'de, YYS_i , belirli bir görüntü için pikselin YYS değeri, LST, $YYS_{\text{yüksek sıcaklık}}$ görüntünün en yüksek değeri, $YYS_{\text{düşük sıcaklık}}$ ise görüntünün en düşük değeridir.

$YYS_{\text{düşük sıcaklık}}$ bu çalışmada referans sıcaklık olarak kabul edilmiştir ve kentsel alanı çevreyelen birkaç km'lik tampon alandaki pikseller üzerinden ortalama YYS'den hesaplanmıştır. Su yüzeyleri, bitki örtüsü ve tarım arazileri gibi diğer arazi kullanımları çok yüksek veya çok düşük YYS kaydettiği için bu alanlar dikkate alınmamıştır. SUHI yoğunluğu yerel hava durumlarından ve diğer kaynaklardan büyük ölçüde etkilendiği

için mutlak sıcaklık olarak kabul edilmez. Çalışmanın bu bölümünde, SUHI'nin elde edilmesi ve yaz ve kış mevsiminde mekansal değişimi incelenmiştir. Sonuçlardan, kentsel dokuda SUHI yoğunluğunda mevsimsel varyasyonlar meydana geldiği görülmektedir (Şekil 5).

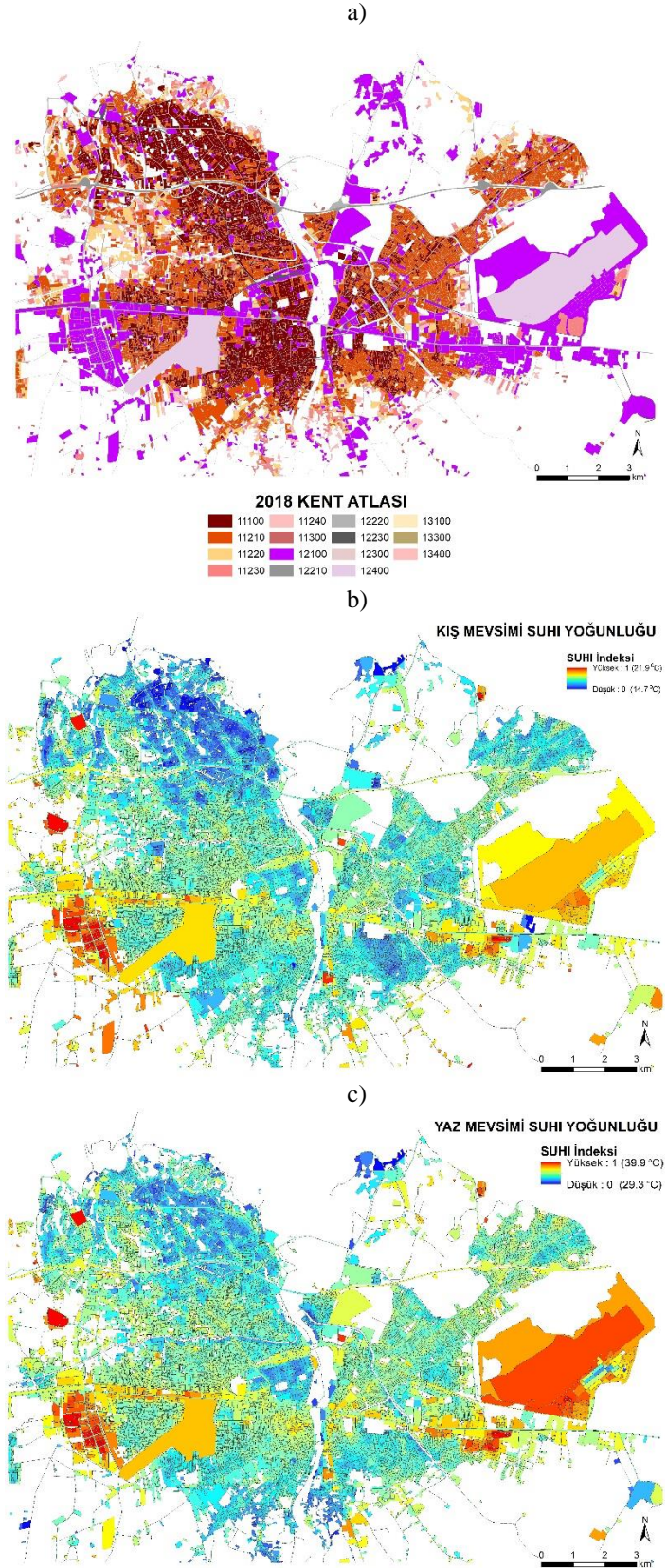
Her bir kentsel arazi örtüsü sınıfı için termal dağılımın konumsal analiz etmek için arazi kullanım haritaları SUHI yoğunluğu haritası ile ilişkilendirilmiştir. Sonuçlara göre, yüksek SUHI yoğunluğunun yerleşik alanlarda kış ve yaz mevsimlerinde özellikle sert zemin oranının yüksek olduğu havalimanı ile endüstriyel ve ticari birimlerde yoğunlaştığı kaydedilmiştir. Endüstriyel ve ticari alanlarda sert zemin oranının yüksek olmasının yanı sıra bu alanda yer alan yapıların kat yüksekliğinin düşük olması bu alanların güneş maruziyetini arttırmakta ve SUHI indeksini etkilemektedir. Hem yaz hemde kış mevsimleri için maksimum SUHI yoğunluğuna bakıldığında şehir yapısında geçirimsiz yüzeylerde (endüstri alanları, karayolları, havaalanları, vb.) yüksek oranda SUHI yoğunluğunun bulunduğu görülmektedir

Yoğun yerleşim alanlarında ise bu durum tam tersidir. Özellikle yüksek katlı yerleşim bölgelerinde (Kuzey Adana) SUHI sıcaklığının en düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bunun temel sebebi yüksek katlı yerleşim alanlarında veya düşük katlı yoğun yerleşim dokusuna sahip alanlarda binalardan kaynaklı gölge oranının yüksek olması ve bina çevresinde bulunan bitki

örtüsünden kaynaklı değişkenlerin olmasıdır. Bu yüzden değerlendirmeye dahil edilen iki periyot için minimum SUHI yoğunluğu sürekli şehir yapısı veya kesikli/süreksiz yoğun ve orta yoğun şehir yapısında ortaya çıkmaktadır (Tablo 2).

Tablo 2. AÖAK bazında yaz ve kış aylarında SUHI yoğunluğunun istatistiksel sonuçları (Table 2. Statistical results of SUHI density in summer and winter season for LULC)

AÖAK Kodu	AÖAK Sınıfları	Alan (ha)	SUHI Yoğunluğu					
			Minimum °C		Maksimum °C		Ortalama °C	
			Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz
11100	Sürekli Şehir Yapısı (>%80)	2213	0,00	0,20	0,7	0,8	0,3	0,4
11210	Kesikli/Süreksiz Yoğun Şehir Yapısı (%50- %80)	2715	0,05	0,00	0,7	0,7	0,3	0,4
11220	Kesikli/Süreksiz Orta Yoğun Şehir Yapısı (%30- %50)	730	0,13	0,15	0,6	0,6	0,3	0,4
11230	Kesikli/Süreksiz Az Yoğun Şehir Yapısı (%10- %30)	444	0,07	0,14	0,6	0,8	0,4	0,4
11240	Kesikli/Süreksiz Çok Az Yoğun Şehir Yapısı (< %10)	329	0,08	0,10	0,6	0,8	0,4	0,4
11300	İzole Yapılar	68	0,04	0,15	0,7	0,8	0,5	0,4
12100	Endüstriyel ve Ticari Birimler	3234	0,00	0,12	1,0	1,0	0,5	0,5
12210	Hızlı Transit Yollar ve İlgili Alanlar	117	0,32	0,38	0,5	0,5	0,4	0,5
12220	Karayolları ve İlgili Alanlar	2083	0,25	0,33	0,5	0,6	0,4	0,4
12230	Demiryolları ve İlgili Alanlar	90	0,38	0,44	0,5	0,6	0,4	0,5
12400	Havaalanları	929	0,55	0,63	0,6	0,7	0,6	0,7



Şekil 5. (a) Kentsel doku, (b) Kış mevsimi SUHI yoğunluğu, (c) yaz mevsimi SUHI yoğunluğu haritaları (Figure 5. The maps of (a) urban atlas, (b) winter SUHI density, and (c) summer SUHI density)

4. Sonuç

Çalışma, kış (Aralık-Ocak-Şubat) ve yaz ayları (Haziran-Temmuz-Ağustos) olmak üzere iki dönem için AÖAK ile YYS arasındaki ilişkinin değerlendirilmesine odaklanmayı amaçlamıştır. SUHI'nin mevsimsel değişimleri de kent dokusu arasında mekansal varyasyonunun yakından anlaşılması için değerlendirilmiştir. Kentsel dokudaki geçirgen yüzeylerin geçirimsiz yüzeylere hızlı bir şekilde dönüştürülmesi, termal ortamların değişmesine ve ardından ısı dalgalarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu durum, insan sağlığının aşırı sıcaktan büyük ölçüde etkilenmesi nedeniyle olumsuz etkileri de beraberinde getirmektedir (Liu ve ark., 2017; Pantavou ve ark., 2017; Massey ve ark., 2016; Janssen ve ark., 2012; Hajat ve ark., 2007; Kunst ve ark., 1993; Kyselý ve Huth; 2004). Bu çalışmada da geniş geçirimsiz yüzeylere sahip olan havalimanı ile endüstriyel ve ticari birimlerinde SUHI yoğunluğunun yüksek olduğu görülmüştür. Bu alanlarda YYS sıcaklığının azaltılması SUHI ve SUHI'nin insan sağlığı üzerine olumsuz etkisinin azaltacaktır. Bu bağlamda kentsel sürdürülebilirlik için iklime duyarlı planlamaya etkin bir şekilde odaklanılması ve kentler üzerindeki termal ısı davranış kalıplarının değerlendirilmesi için gelecekteki kentsel iklim yönetimine yardımcı olacak kentsel planlama ve politikalarda sürdürülebilir önemli bir veri sağlanmıştır.

Kaynakça

Agarwal, R., Sharma, U., & Taxak, A. (2014). Remote sensing based assessment of urban heat island phenomenon in

- Nagpur Metropolitan Area. *International Journal of Computers and Technology*, 4(11), 1069–1074.
- Arifwidodo, S. D., & Chandrasiri, O. (2020). Urban heat stress and human health in Bangkok, Thailand. *Environmental Research*, 185(March), 109398. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109398>.
- Basavaprasad, B., Ravi, M., 2014. A study on the importance of image processing and its applications. *Int. J. Res. Eng. Technol.* 3.
- Chavez, P.S., 1996. Image-based atmospheric corrections—revisited and improved. *Photogramm. Eng. Remote. Sens.* 62 (9), 1025–1035.
- Chen, Y.C., Chiu, H.W., Su, Y.F., Wu, Y.C., Cheng, K.S., 2017. Does urbanization increase diurnal land surface temperature variation? Evidence and implications. *Landsc. Urban Plan.* 157, 247–258.
- Das, M., Das, A., 2019a. Estimation of ecosystem services (EESs) loss due to transformation of LCZs(LCZs) in sriniketan-santiniketan planning area (SSPA) West Bengal, India. *Sustainable Cities and Society* 47, 101474. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101474>.
- Das, M., Das, A., 2019b. Dynamics of Urbanization and its impact on urban ecosystem services (UESs): a study of a medium size town of West Bengal, Eastern India. *Journal of Urban Management* 8 (3), 420–434.
- Das, M., Das, A., 2020a. Assessing the relationship between local climatic zones (LCZs) and land surface temperature (LST) –A case study of Sriniketan-Santiniketan Planning Area (SSPA), West Bengal, India. *Urban Climate* 32, 100591. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100591>.
- Das, M., Das, A., Mandal, S., 2020b. Outdoor thermal comfort in different settings of a tropical planning region of Eastern India by adopting LCZs approach: a case study on Sriniketan-Santiniketan Planning Area (SSPA). *Sustainable Cities and Society* 102433. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102433>
- Dash, P., Gottsche, F. -M., Olesen, F. -S., & Fischer, H. (2002). Land surface temperature and emissivity estimation from passive sensor data: Theory and practice—current trends. *International Journal of Remote Sensing*, 23(13), 2563–2594.
- Dickinson, R.E., 1994. Satellite systems and models for future climate change. In: Henderson-Sellers, A. (Ed.), *Future Climates of the World: A Modelling Perspective*. Elsevier, pp. 27–16, *World Survey of Climatology*.
- Diem, J. E., Stauber, C. E., & Rothenberg, R. (2017). Heat in the southeastern United States: Characteristics, trends, and potential health impact. *PLoS ONE*, 12(5), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177937>
- Dong, W., Liu, Z., Zhang, L., Tang, Q., Liao, H., Li, X., 2014. Assessing heat health risk for sustainability in Beijing's urban heat island. *Sustainability* 6, 7334–7357.
- Du, H., Zhou, F., Li, C., Cai, W., Jiang, H., Cai, Y., 2020. Analysis of the impact of land use on spatiotemporal patterns of surface urban heat island in rapid urbanization, a case study of Shanghai, China. *Sustainability* 12, 1171.
- Dutta, I., Das, A., 2020. Exploring the Spatio-temporal pattern of regional heat island (RHI) in an urban agglomeration of secondary cities in Eastern India. *Urban Climate* 34, 100679. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100679>.
- Estoque, R.C., Murayama, Y., Myint, S.W., 2017. Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: an urban heat island study in the megacities of Southeast Asia. *Sci. Total Environ.* 577, 349–359.
- Fonseka, H.P.U., Zhang, H., Sun, Y., Su, H., Lin, H., Lin, Y., 2019. Urbanization and its impacts on land surface temperature in Colombo metropolitan area, Sri Lanka, from 1988 to 2016. *Rem. Sens.* 11 (8), 957.
- Guo, Z., Wang, S.D., Cheng, M.M., Shu, Y., 2012. Assess the effect of different degrees of urbanization on land surface temperature using remote sensing images. *Procedia Environmental Sciences* 13, 935–942.
- Hajat, S., Kovats, R.S., Lachowycz, K., 2007. Heat-related and cold-related deaths in England and Wales: who is at risk? *Occup. Environ. Med.* 64 (2), 93–100. <https://doi.org/10.1136/oem.2006.029017>
- Heaviside, C., Vardoulakis, S., & Cai, X. M. (2016). Attribution of mortality to the urban heat island during heatwaves in the West Midlands, UK. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 15(Suppl 1). <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0100-9>.
- Hirano, Y., & Fujita, T. (2012). Evaluation of the impact of the urban heat island on residential and commercial energy consumption in Tokyo. *Energy*, 37(1), 371–383. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.11.018>
- Janssen, N.A.H., Gerlofs-Nijland, M.E., Lanki, T., Salonen, R.O., Cassee, F., Hoek, G., et al., 2012. Health Effects of Black Carbon, the WHO European Centre for Environment and Health. *World Health Organisation Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark*. Bonn, Germany
- Jiang, Y., Fu, P., Weng, Q., 2015. Assessing the impacts of urbanization-associated land use/cover change on land surface temperature and surface moisture: a case study in the midwestern United States. *Rem. Sens.* 7 (4), 4880–4898.
- Kunst, A.E., Looman, C.W., Mackenbach, J.P., 1993. Outdoor air temperature and mortality in The Netherlands: a time-series analysis. *Am. J. Epidemiol.* 137 (3), 331–341. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a116680>
- Kysely, J., Huth, R., 2004. Heat-related mortality in the Czech Republic examined through synoptic and traditional approaches. *Clim. Res.* 25 (3), 265–274. <https://doi.org/10.3354/cr025265>.
- Li, Z.L., Tang, B.H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z., ... Sobrino, J.A., 2013. Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote sensing of environment* 131, 14–37.
- Li, G., Zhang, F., Jing, Y., Liu, Y., Sun, G., 2017. Response of evapotranspiration to changes in land use and land cover and climate in China during 2001–2013. *Sci. Total Environ.* 596, 256–265.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran, E., 2002. Assessment of atmospheric correction methods for Landsat TM data

- applicable to Amazon basin LBA research. *Int. J. Remote Sens.* 23 (13), 2651–2671.
- Macintyre, H. L., Heaviside, C., Cai, X., & Phalkey, R. (2021). The winter urban heat island: Impacts on cold-related mortality in a highly urbanized European region for present and future climate. *Environment International*, 154, Article 106530. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106530>
- Mallick, J., Rahman, A., Singh, C.K., 2013. Modeling urban heat islands in heterogeneous land surface and its correlation with impervious surface area by using night-time ASTER satellite data in highly urbanizing city, Delhi-India. *Adv. Space Res.* 52 (4), 639–655. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2013.04.025>.
- Massey, D.D., Habil, M., Taneja, A., 2016. Particles in different indoor microenvironments-its implications on occupants. *Build. Environ.* 106, 237–244. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.06.036>
- Mathew, A., Sreekumar, S., Khandelwal, S., Kaul, N., Kumar, R., 2016. Prediction of surface temperatures for the assessment of urban heat island effect over Ahmedabad city using linear time series model. *Energy Build.* 128, 605–616. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.07.004>.
- Melaas, E.K., Wang, J.A., Miller, D.L., Friedl, M.A., 2016. Interactions between urban vegetation and surface urban heat islands: a case study in the Boston metropolitan region. *Environ. Res. Lett.* 11, 054020.
- Meteoblue.com, 2021. Adana iklim verileri (Erişim tarihi: 16 Kasım 2021)
- Oke, T.R., 1973. City size and the urban heat island. *Atmos. Environ.* 7 (8), 769–779. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(73\)90140-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6), 1967.
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1–24. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>
- Pantavou, K., Lykoudis, S., Psiloglou, B., 2017. Air quality perception of pedestrians in an urban outdoor Mediterranean environment: a field survey approach. *Sci. Total Environ.* 574, 663–670. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.090>
- Patz, J. A., Campbell-Lendrum, D., Holloway, T., & Foley, J. A. (2005). Impact of regional climate change on human health. *Nature*, 438(7066), 310–317. <https://doi.org/10.1038/nature04188>
- Ramamurthy, P., Sangobanwo, M., 2016. Inter-annual variability in urban heat island intensity over 10 major cities in the United States. *Sustain. Cities Soc.* 26, 65–75.
- Rasul, A., Balzter, H., Smith, C., Remedios, J., Adamu, B., Sobrino, J., Srivani, M., Weng, Q. (2017). A review on remote sensing of urban heat and cool islands, *Land* 6 38, <https://doi.org/10.3390/land6020038>
- Santamouris, M., Cartalis, C., Synnefa, A., 2015. Local urban warming, possible impacts and a resilience plan to climate change for the historical center of Athens, Greece. *Sustainable Cities and Society* 19, 281–291. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.02.001>
- Santamouris, M. (2013). Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island - A review of the actual developments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 224–240. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.047>.
- Santamouris, M. (2014) On the energy impact of urban heat island and global warming on buildings, *Energy Build.* 82, 100–113, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.022>.
- Sarrat, C., Lemonsu, A., Masson, V., Guedalia, D., 2006. Impact of urban heat island on regional atmospheric pollution. *Atmos. Environ.* 40, 1743–1758
- Stathopoulou, E., Mihalakakou, G., Santamouris, M., & Bagriorgas, H. S. (2008). On the impact of temperature on tropospheric Ozone concentration levels in urban environments. *Journal of Earth System Science*, 117(3), 227–236. <https://doi.org/10.1007/s12040-008-0027-9>
- Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- Sun, Y., & Augenbroe, G. (2014). Urban heat island effect on energy application studies of office buildings. *Energy and Buildings*, 77, 171–179. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.055>
- Tan, J., Zheng, Y., Tang, X., Guo, C., Li, L., Song, G., Zhen, X., Yuan, D., Kalkstein, A. J., Li, F., & Chen, H. (2010). The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. *International Journal of Biometeorology*, 54(1), 75–84. <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0256-x>
- Tan, J., Zheng, Y., Tang, X., Guo, C., Li, L., Song, G., Zhen, X., Yuan, D., Kalkstein, A.J., Li, F., Chen, H., 2010. The urban heat island and its impact on heatwaves and human health in Shanghai. *Int. J. Biometeorol.* 54, 75–84.
- Tayyebi, A., Shafizadeh-Moghadam, H., Tayyebi, A.H., 2018. Analyzing long-term spatio-temporal patterns of land surface temperature in response to rapid urbanization in the mega-city of Tehran. *Land Use Pol.* 71, 459–469.
- Urban Atlas, 2018. Urban Atlas Database. Copernicus Copernicus Land Monitoring Service.
- Unal Cilek, M., Cilek, A., 2021. Analyses of land surface temperature (LST) variability among local climate zones (LCZs) comparing Landsat-8 and ENVI-met model data. *Sustain. Cities Soc.* 69, 102877. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102877>.
- United Nations, 2018. 2018 Revision of World Urbanization Prospects. <https://population.un.org/wup/>.
- Ünal, M., Uslu, C. (2018) Evaluating and optimizing urban green spaces for compact urban areas: Cukurova District in Adana, Turkey. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 7:70.
- Vandentorren, S., Bretin, P., Zeghnoun, A., Mandereau Bruno, L., Croisier, A., Cochet, C., Riberon, J., Siberan, I., Declercq, B., Ledrans, M., 2006. August 2003 heat wave in France: risk factors for death of elderly people living at home. *Eur. J. Pub. Health* 16, 583–591

- Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 370–384.
- Wan, Z., & Li, Z. L. (1997). A physics-based algorithm for retrieving land-surface emissivity and temperature from eos/modis data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing : A Publication of the IEEE Geoscience and Remote Sensing Society*, 35(4), 980–996.
- Wang, W., Yao, X., & Shu, J. (2020). Air advection induced differences between canopy and surface heat islands. *Science of the Total Environment*, 725, Article 138120. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138120>
- Wemegah, C. (2020). *Systematic assessment of Urban Heat Island (UHI) warming in systematic assessment of Urban Heat Island (UHI) warming in greater Accra region. [place unknown]*. Ghana: Kwame Nkrumah University of Science and Technology.
- Weng, Q., Rajasekar, U., & Hu, X. (2011). Modeling Urban Heat Islands and Their Relationship With Impervious Surface and Vegetation Abundance by Using ASTER Images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing : A Publication of the IEEE Geoscience and Remote Sensing Society*, 49(2), 4080–4089.
- Yang, J., Sun, J., Ge, Q., Li, X., 2017. Assessing the impacts of urbanization-associated green space on urban land surface temperature: a case study of Dalian, China. *Urban For. Urban Green*. 22, 1–10.
- Yu, X., Guo, X., Wu, Z., 2014. Land surface temperature retrieval from Landsat 8 TIRS—comparison between radiative transfer equation-based method, split window algorithm and single channel method. *Rem. Sens.* 6 (10), 9829–9852. <https://doi.org/10.3390/rs6109829>
- Zhou, W., Pickett, S.T.A., Cadenasso, M.L., 2016. Shifting concepts of urban spatial heterogeneity and their implications for sustainability. *Land. Ecol.* 32, 15–30
- Zhou, D., Xiao, J., Bonafoni, S., Berger, C., Deilami, K., Zhou, Y., Froelking, S., Yao, R., Qiao, Z., & Sobrino, J. A. (2019). Satellite remote sensing of surface urban heat islands: Progress, challenges, and perspectives. *Remote Sensing*, 11(1), 1–36. <https://doi.org/10.3390/rs11010048>.
- Zhou, W., Pickett, S.T.A., McPhearson, T., 2021. Conceptual frameworks facilitate integration for transdisciplinary urban science. *npj Urban Sustainability*, 1.
- Zhou, W., Huang, G., & Cadenasso, M. L. (2011). Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 102(1), 54–63. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.03.009>
- Zipper, S. C., Schatz, J., Singh, A., Kucharik, C. J., Townsend, P. A., & Loheide, S. P. (2016). Urban heat island impacts on plant phenology: Intra-urban variability and response to land cover. *Environmental Research Letters*, 11(5). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/5/054023>.



Estimation and Analysis of the Characteristic Parameters of Photovoltaic Cells by Mayfly Algorithm

Burak Arıkan¹, Serdar Koçkanat^{2*}

¹Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Sivas, Turkey, (ORCID: 0000-0001-7735-741X), burk.arn@gmail.com

^{2*}Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Sivas, Turkey, (ORCID: 0000-0001-6415-0241), skockanat@cumhuriyet.edu.tr

(First received 22 December 2021 and in final form 23 January 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1039719)

ATIF/REFERENCE: Arıkan, B. & Koçkanat, S. (2022). Estimation and Analysis of the Characteristic Parameters of Photovoltaic Cells by Mayfly Algorithm. *European Journal of Science and Technology*, (33), 223-235.

Abstract

In recent years, renewable energy sources such as solar energy have been increasing their importance in energy production day by day. Various studies have been carried out in the literature for the effective performance and control of solar cells that generate energy from the sun. Various solar cell models, such as single diode and double diode models, have been developed to improve performance and control. However, the main problem in these studies is the estimation of characteristic parameters accurately and efficiently. In the last decade, this problem has been tried to be solved by using metaheuristic algorithms in the literature. In this study, for the first time, the Mayfly algorithm (MA) is used for characteristic parameter estimation of photovoltaic models. In order to analyze the estimation performance of the proposed approach, frequently used solar cells and diode models are examined. The results were compared with literature studies. Current-voltage and Power-voltage graphs used to find the maximum point were created using the estimated parameters. The results obtained and the graphs drawn show that the proposed approach is correct and effective in parameter estimation of photovoltaic cells.

Keywords: Mayfly Algorithm, Photovoltaic, Parameter Estimation, Optimization.

Fotovoltaik Hücrelerin Karakteristik Parametrelerinin Mayıs Sineği Algoritması ile Kestirimi ve İncelemesi

Öz

Son yıllarda Güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları enerji üretimindeki önemini gün geçtikçe artırmaktadır. Literatürde güneşten enerji üreten güneş pillerinin etkin performansı ve kontrolü için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Tek diyot ve çift diyot modelleri gibi çeşitli güneş pili modelleri performansı ve kontrolü artırmak için geliştirilmiştir. Ancak bu çalışmalarda asıl problem doğru ve verimli bir şekilde karakteristik parametrelerin kestirimidir. Son on yılda literatürde metasezgisel algoritmalar kullanılarak bu problem çözülmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada, ilk kez, Mayıs sineği algoritması (MA) fotovoltaik modellerin karakteristik parametre kestirimi için kullanılmıştır. Önerilen yaklaşımın kestirim performansını analiz etmek amacıyla sık kullanılan güneş pilleri ve diyot modelleri incelenmiştir. Sonuçlar literatür çalışmaları ile karşılaştırılmıştır. Maksimum noktanın bulunmasında kullanılan akım-gerilim ve güç-gerilim grafikleri kestirilen parametreler kullanılarak oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar ve çizilen grafikler, fotovoltaik hücrelerin parametre kestiriminde önerilen yaklaşımın doğru ve etkili olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Mayıs Sineği Algoritması, Parametre Kestirimi, Fotovoltaik, Optimizasyon.

* Corresponding Author: skockanat@cumhuriyet.edu.tr

1. Introduction

In recent years, the usage of carbon-based resources in vehicles and energy production has caused global warming problems and caused climate changes in many places around the world, especially in the poles. For this reason, the idea of using renewable and clean energy sources in daily life, vehicles and energy production has been adopted by many researchers and practitioners. So, the interest in renewable resources such as solar, wind, wave and geothermal is increasing day by day. In particular, the ability of solar energy to be used as an energy source both in the world and in space increases its importance (Ayala et al., 2015).

The main systems that provide energy production from the sun are photovoltaic (PV) systems (Olivia et al., 2014). Because, they can be directly convert solar energy into electric energy, PV systems have been setup and applied worldwide and in space, such as Mars explorer systems, satellites and energy harvesting fields. Although PV systems provided great advantages in energy generation, they had some weaknesses that had to be overcome (Brano & Ciulla, 2013). While PV systems provided great advantages in energy generation, they had some weaknesses to overcome, such as temperature, irradiance, micro defects, and partial shading. Therefore, to solve the problems mentioned above, it is necessary to develop an accurate and effective model of the PV system. The current-voltage (I-V) characteristic of solar (PV) system is nonlinear because of its parameters and it is important to recommend an accurate model using measured current-voltage data (Parida et al., 2011, Nassar-Eddine et al., 2016). In literature, to optimize and simulate PV system, single (SD) and double (DD) diode models has been proposed (Askarzadeh & Rezazadeh, 2012). In these models, there are five and seven unknown parameters, respectively. The accurate and effective estimation of unknown parameters from measured I-V data is an important for modelling, simulating and evaluating of the PV systems.

In literature, analytical, deterministic and meta-heuristic methods have been employed for characteristic parameter estimation of PV models from measured I-V data.

In the beginning, analytical methods including simple and fast solutions using mathematical equations were tried to be developed. However, the assumptions made in the initial state negatively affected the accuracy of the model (Chan & Phang, 1987; Ortiz-Conde et al., 2006; Saleem & Karmalkar, 2009).

Deterministic methods have been proposed to solve the problems encountered by analytical methods, but nonlinearity and multimodality have hampered the solution effectiveness of deterministic approaches (Easwarakhanthan et al., 1986; Tong et al., 2015).

Meta-heuristic algorithms provided sufficiently good solution for multimodal, multidimensional, constrained and unconstrained, linear and nonlinear optimization problems and inspired by natural phenomenon such as swarm behaviors, evolutionary stages and natural events. Recently, to overcome the disadvantages mentioned above, meta-heuristic methods have been applied for parameter extraction of PV model.

Genetic algorithm (GA) was applied to parameter extraction of fuel cells and three types PVs simulated with MATLAB/Simulink (Balasubramanian et al., 2015; İsmail et al.,

2013). Particle swarm optimization (PSO) algorithm, and its variant (enhanced leader PSO, chaotic heterogeneous comprehensive learning PSO) were employed for parameter determining of static and dynamic PV models. (Jordehi, 2018; Nunes et al., 2018; Yousri et al., 2019). Penalty based differential evolution (DE), repaired adaptive DE and memetic adaptive DE algorithms were proposed for different PV models such as thin film, mono- and multi crystalline (Ishaque et al., 2012; Gong & Zhihua, 2013; Li et al., 2019). Cuckoo search (CS) algorithm was hybridized with biogeography-based optimization for different PV models (Chen et al., 2019). Artificial bee colony (ABC) algorithm and its teaching-learning-based version were compared with other suggested methods for PV parameters estimation (Olivia et al., 2014; Chen et al., 2018). Bacterial foraging optimization (BFO) algorithm and its modified approaches were proposed for parameter estimator design from nameplate data of solar cells (Rajasekar et al., 2013; Subudhi & Pradhan, 2018; Awadallah, 2016). Biogeography-based optimization (BBO) algorithm was improved with mutation strategies and hybridization for estimating solar and fuel cells parameters at different models (Chen & Yu, 2019; Niu et al., 2014). Flower pollination algorithm (FPA) and its hybrids were used for different types PV modules at different irradiance (Alam et al., 2015; Xu & Wang, 2017; Olivia et al., 2019). The improved and basic versions of Jaya optimization (JAYA) algorithms were successively applied for estimation and a comprehensive comparison has been made. (Yu et al., 2017; Yu et al., 2019). The parameter estimations of salp swarm (SSA) algorithm and bird mating (BMO) optimization algorithm were realized at different operating (Abbassi et al., 2019; Askarzadeh & Coelho, 2015). Teaching-learning-based optimization (TLBO) and its improved and hybridized versions were employed and compared for parameter identification (Chen et al., 2018; Li et al., 2019; Patel et al., 2014; Yu et al., 2017; Chen et al., 2016]. Also, Backtracking search algorithm (BSA) was improved with multiple learning strategy and suggested for determining parameters of single diode (SD), double diode (DD) and PV module (Yu et al., 2018). Improved chaotic whale optimization algorithm was performed for comparisons of experimental results (WOA) (Olivia et al., 2017). Sine cosine algorithm (SCA) was developed with opposition-based learning strategy and tested PV parameter identification (Chen et al., 2019). Imperialist competitive algorithm was applied to estimation for mono-, poly- and amorphous modules (ICA) (Fathy & Rezk, 2017). Multi-verse optimizer (MVO) algorithm was analyzed for estimation at varying sun irradiance and temperature cases (Ali et al., 2016). Improved ant lion (ALO) optimizer algorithm and cat swarm (CSO) optimization algorithm were employed parameter estimation of PV modules (Wu et al., 2017; Guo et al., 2016).

Also, parameters extraction of different structure PV models have been analyzed using grouping-based global, innovative global and basic harmony search algorithm (HS) (Askarzadeh & Rezazadeh, 2012), hybrid firefly (FA) algorithm and pattern search algorithm (Beigi & Maroosi, 2018), modified simplified swarm optimization algorithm (SSO) (Lin et al., 2017), moth-flame (MFO) optimization (Allam et al., 2016), eagle (ES) strategy (Chen et al., 2016), water cycle (WCA) algorithm (Kler et al., 2017; Rezk & Fathy, 2017), shuffled frog leaping algorithm (SFL) (Hasanien, 2015), hybrid grey wolf (GWO) algorithm (Long et al., 2020) at varying irradiance and room temperature.

According to the literature review mentioned above, parameter extraction of PV models from the I-V data is an important real world problem for researcher and practitioners in energy area. Especially, to realize accurate and fast estimation, we need optimization algorithms with high exploration and exploitation capabilities. Of course, with these capabilities, the optimization algorithm should be easy and simple to use for real time application.

In 2020, unlike many well-known meta-heuristic algorithms, Mayfly algorithm (MA) that has a fast and robustness convergence behavior in both the local and the global search space was proposed as a swarm based algorithm (Zervoudakis & Tsafarakis, 2020). MA is inspired by flight and mating behavior of male and female mayflies. It is analyzed for single- and multi-objective optimization tasks and benchmarked in well-known literature test problems such as CEC2017 and flow-shop scheduling. Also, MA is tested for continuous and discrete real engineering problems. The results show that MA has a good solution performance compared with the other algorithms such as PSO, FA, DE, HS, invasive weed optimization (IWO) and bees (BA) algorithms. The successful rise of the MA algorithm in the literature has attracted the attention of researchers and practitioners and this algorithm has been applied in the solutions of new developed and old optimization problems.

For the aforementioned purpose, in this paper, Mayfly algorithm (MA) was applied to extract the characteristic parameter of single diode, double diode and PV modules. To the best of our knowledge, there is no paper in literature about parameter determination of PV models using MA. The motivations and contributions of this paper are given as follows:

- For characteristic parameter estimation of PV cells, MA algorithm was firstly applied in literature.
- The current-voltage data of Photowatt-PWP-201 and R.T.C France PV cells were used to connect the study to the real world problem.
- The estimation performance of MA algorithm was extensively compared with those of the state-of-algorithms in literature. Also, using estimated parameters, P-V and I-V curves were obtained and compared with those of the measured data curves of PV cells.
- The results demonstrate that MA algorithm has a significant performance for parameter determination of PV models and it can be used an alternative method.

This paper is explained in 5 sections. In section 2, the problem of parameter estimation of PV models is explained. MA algorithm is proposed in Section 3. Results and analysis are represented in detail and the comparisons with other algorithms are made in Section 4. Lastly, Section 5 includes conclusions.

2. Mathematical Modelling of PV Cell

In literature, SD and DD models are the most preferred reference designs for PV cell parameter estimation. Also, using reference designs, several parallel or series connected diodes are used to model the PV panel modules. The simplified circuit designs of SD, DD and PV panel models are shown in Figure 1.

In this section, firstly, single diode and double diode models are explained in detail with basic diode parameters definitions.

Secondly, it was explained how PV panel modules are modeled using diode models. Finally, it is discussed how aforementioned models are embedded in the objective functions to be used for parameter estimation in optimization algorithms.

2.1. Mathematical Model of Single Diode

The SD model is mathematically expressed as:

$$I = I_{ph} - I_{sd} \left[\exp\left(\frac{q(V + I \cdot R_s)}{n \cdot k \cdot T}\right) - 1 \right] - \frac{V + I \cdot R_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

where I , I_{ph} and I_{sd} are cell output, photo and reverse saturation currents. Also, V is output voltage, R_s represents series resistance, R_{sh} shows shunt resistance, n is ideality factor, k denotes Boltzmann constant, T shows cell temperature (Kelvin) and electron charge is q . I_{sd} , I_{ph} , R_s , R_{sh} and n are main characteristic parameter of SD model and they are estimated using optimization algorithms.

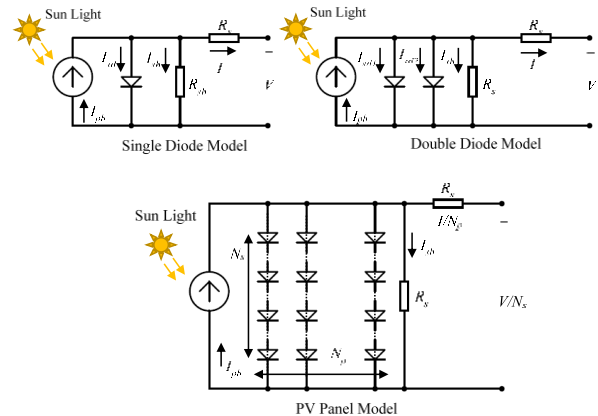


Figure 1. Simplified circuit designs of SD, DD and PV panel models

2.2. Mathematical Model of Double Diode

Using SD model, mathematical model of DD is given as:

$$I = I_{ph} - I_{sd1} \left[\exp\left(\frac{q(V + I \cdot R_s)}{n_1 \cdot k \cdot T}\right) - 1 \right] - \dots - I_{sd2} \left[\exp\left(\frac{q(V + I \cdot R_s)}{n_2 \cdot k \cdot T}\right) - 1 \right] - \frac{V + I \cdot R_s}{R_{sh}} \quad (2)$$

where I_{sd1} and I_{sd2} are reverse saturation currents of first and second diodes while n_1 and n_2 are the ideality factors. I_{ph} , I_{sd1} , I_{sd2} , R_s , R_{sh} , n_1 and n_2 are the main characteristic parameter of double diode model and they are estimated using optimization algorithms.

2.3. Mathematical Model of PV Panel

The output current of PV panel is represented as

$$\frac{I}{N_p} = I_{ph} - I_{sd} \left[\exp\left(\frac{q(V/N_s + R_s \cdot I/N_p)}{n \cdot k \cdot T}\right) - 1 \right] - \dots - \frac{V/N_s + R_s \cdot I/N_p}{R_{sh}} \quad (3)$$

where N_p and N_s show the number of series or parallel connected solar cells in PV panel. The aforementioned model is constructed using single diode model and the unknown parameters (I_{ph} , I_{sd} , R_s , R_{sh} , n) are the same as in that model. Generally in practice, the solar cells in PV panel are connected in series, hence N_p is determined as 1.

2.4. Objective Functions of Parameter Estimation Problem

In this paper, to optimize the characteristic parameters estimation of SDM, DDM and PV panel models, three objective function were applied using aforementioned models. The objective functions of SD, DD and PV panel model are formulated in Equation 4, respectively.

$$\begin{cases}
 f(V, I, x) = I - \left(I_{ph} - I_{sd} \left[\exp\left(\frac{q(V + I \cdot R_s)}{n \cdot k \cdot T} \right) - 1 \right] - \frac{V + I \cdot R_s}{R_{sh}} \right) \\
 x = \{I_{ph}, I_{sd}, R_s, R_{sh}, n\} \\
 \\
 f(V, I, x) = I - \left(I_{sd1} \left[\exp\left(\frac{q(V + I \cdot R_s)}{n_1 \cdot k \cdot T} \right) - 1 \right] - \dots \right. \\
 \left. - I_{sd2} \left[\exp\left(\frac{q(V + I \cdot R_s)}{n_2 \cdot k \cdot T} \right) - 1 \right] \dots \right) \\
 - \frac{V + I \cdot R_s}{R_{sh}} \\
 x = \{I_{ph}, I_{sd1}, I_{sd2}, R_s, R_{sh}, n_1, n_2\} \\
 \\
 f(V, I, x) = \left(I / N_p \right) - \left(I_{ph} - I_{sd} \left[\exp\left(\frac{q(V / N_s + R_s \cdot I / N_p)}{n \cdot k \cdot T} \right) - 1 \right] \dots \right) \\
 - \frac{V / N_s + R_s \cdot I / N_p}{R_{sh}} \\
 x = \{I_{ph}, I_{sd}, R_s, R_{sh}, n\}
 \end{cases} \quad (4)$$

For all three objective functions given above, the root mean square error (RMSE) as suggested in literature is the error function. RMSE is calculated between measured and calculated data and it is suggested as follow:

$$RMSE(x) = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K f_k(V_k, I_k, x)^2} \quad (5)$$

where K is the number of real-time measured data. The optimization algorithm tries to converge the RMSE value to zero as much as possible, thus the error between measured and simulated data is reduced and the accuracy of the estimated characteristic parameters is increased.

3. Mayfly Algorithm

Mayfly Algorithm (MA) is a swarm based optimization algorithm and proposed by Zervoudakis and Tsafarakis in 2020 (Zervoudakis & Tsafarakis, 2020). Mayflies are a type of insect that lives in nature. The mating and flight behaviours of mayflies are simulated by this algorithm. MA is developed for the solutions of continuous and discrete problems and performs well compared to other well-known algorithms. Especially, exploration and exploitation process are improved and balanced with nuptial dance and random flight mechanisms. The pseudo-code structure of the MA algorithm is given in Algorithm 1:

Algorithm 1: Pseudo-code of Mayfly Algorithm

- 1: Setup control parameter, problem dimensions and bounds
- 2: Generate the male mayflies population $y_i (i = 1, 2, \dots, M)$ and their velocities v_{mi}
- 3: Generate the female mayflies population $x_i (i = 1, 2, \dots, N)$ and their velocities v_{fi}
- 4: Evaluate solutions applying predefined objective functions.
- 5: Calculate global best (gbest) and personal best (pbest)
- 6: **while (stopping criteria)**
- 7: Update velocities and position of males and females mayflies according to velocity and position limits
- 8: Evaluate solutions applying predefined objective functions
- 9: Rank mayflies population
- 10: Mate mayflies population
- 11: Evaluate offspring
- 12: Separate randomly the offspring to male and female
- 13: Replace worst solutions with the best new solutions
- 14: Update pbest and gbest
- 15: **end while**
- 16: Save best solution population

In Mayfly Algorithm, important optimization phases are movements of male and female mayflies, crossover and mutation. Especially, crossover and mutation form the mating phase of mayflies. The position of male mayflies is formulated as

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^{t+1} \quad (6)$$

where x_i^t and x_i^{t+1} are current and new position, respectively. v_i^{t+1} shows the velocity. The velocity is given as

$$v_{ij}^{t+1} = v_{ij} + a_1 \times e^{-\beta r_p^2} \times (pbest_{ij} - x_{ij}^t) + a_2 \times e^{-\beta r_g^2} \times (gbest_j - x_{ij}^t) \quad (7)$$

where a_1 and a_2 are positive social and cognitive constant. x_{ij}^t shows the position of particle i in dimension j when v_{ij}^t shows the velocity. Also, pbest and gbest demonstrate the personal and global best solution. $pbest_{ij}$ is given as

$$pbest_i = \begin{cases} x_i^{t+1}, & \text{if } f(x_i^{t+1}) < f(pbest_i) \\ \text{is saved same, otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

gbest is the best solution of pbest. r_p (between x_i and $pbest_i$) and r_g (between x_i and $gbest$) are the Cartesian distance and β is the fixed visibility coefficient. The nuptial dance is an important scene for best mayfly and change the velocity that is given as

$$v_{ij}^{t+1} = v_{ij}^t + d \times r \quad (9)$$

where d and r are the coefficient of nuptial dance and random value between -1 and 1.

The position of female mayflies is formulated as

$$y_i^{t+1} = y_i^t + v_i^{t+1} \quad (10)$$

where y_i^t and y_i^{t+1} are current and new position, respectively. v_i^{t+1} is the velocity. The velocity is demonstrated as

$$v_{ij}^{t+1} = \begin{cases} v_{ij}^t + a_2 \times e^{-\beta r_{mf}^2} (x_{ij}^t - y_{ij}^t), & \text{if } f(y_i) > f(x_i) \\ v_{ij}^t + fl \times r, & \text{if } f(y_i) \leq f(x_i) \end{cases} \quad (11)$$

where v_{ij}^t is the velocity of female particle i in dimension j . a_2 , β , r_{mf} and fl are positive attraction value, fixed visibility constant, Cartesian distance and random walk value respectively.

The mating phase is realized using crossover and mutation mechanism. They are formulated as

$$\begin{aligned} \text{Crossover} & \begin{cases} \text{offspring1} = L \times \text{male} + (1-L) \times \text{female} \\ \text{offspring2} = L \times \text{female} + (1-L) \times \text{male} \end{cases} \quad (12) \\ \text{Mutation} & \{ \text{offspring}'_n = \text{offspring}_n + \text{rand value} \end{aligned}$$

where L is specified random value.

3.1. Proposed Approach based MA

Characteristic parameter estimation of SD, DD and PV panel models was realized using Mayfly Algorithm. MA minimized aforementioned objective functions of three models using RMSE function and obtained the best parameter of the desired model from the measured I-V data. In Figure 2, the flowchart of the proposed method based MA is shown.

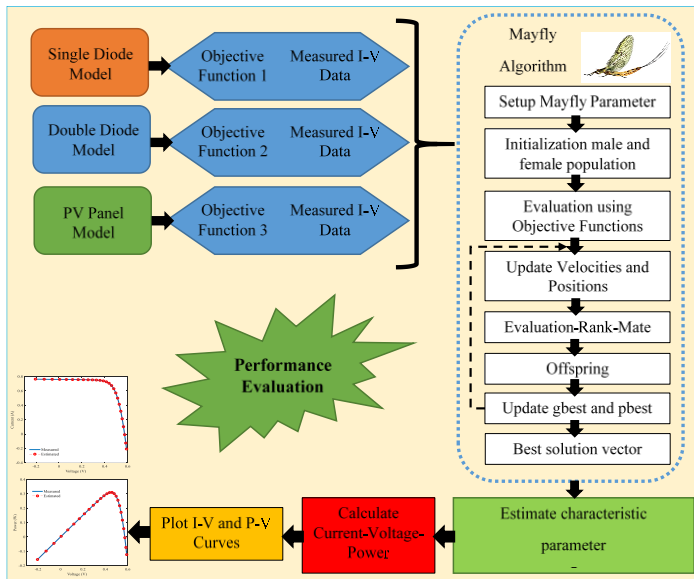


Figure 2. Flowchart of the method based MA for characteristic parameter determination of PV

4. Analysis and Results

In this paper, to analyze performance comparison of the proposed method based MA, the measured I-V data of silicon R.T.C. France solar cell (irradiance: 1000 W/m², temperature: 33 Celsius), poly-crystalline Photowatt-PWP-201 (36 poly-crystalline, irradiance: 1000 W/m², temperature: 45 Celsius) are used for characteristic parameter estimation of aforementioned models (Easwarakhanthan et al., 1986; Long et al., 2020).

For a fairly comparison, the search space of the characteristic parameters is selected as in the estimation studies suggested in literature. In Table 1, the lower (LB) and upper (UB) bounds are shown. Also, maximum number of function evaluations (Max_FES) of competitor algorithms is chosen as 50000. But, for MA, Max_FES is set 10000 unlike other competitor algorithms. In this paper, to demonstrate the accurate and robust prediction performance of the MA, several well-known algorithms and their improved versions are compared in the same optimization conditions. For the proposed method by MA, 30 runs with a different initial point are realized and the achieved results are tabulated.

Table 1. Search space of the characteristic parameters

Parameters/ Models	Single and double diode models		Photowatt-PWP-201	
	LB	UB	LB	UB
I_{ph} (A)	0	1	0	2
I_{sd}, I_{sd1}, I_{sd2} (μA)	0	1	0	50
R_s (Ω)	0	0.5	0	2
R_{sh} (Ω)	0	100	0	2000
n, n_1, n_2	1	2	1	50

4.1. Analysis of Single Diode Model

For SD model, the performance of MA is compared with those of the HISA (Kler et al., 2019), MADE (Li et al., 2019), CS (Chen & Yu, 2019), CS-BBO (Chen & Yu, 2019), ABC (Olivia et al., 2014), TLBO-ABC (Chen et al., 2018), BBO-M (Niu et al., 2014), BLPSO (Yu et al., 2019), CLPSO (Yu et al., 2019), BMO (Askarzadeh & Coelho, 2015), GOTLBO (Chen et al., 2016), IBSA (Yu et al., 2018), LBSA (Yu et al., 2018), DE/BBO (Yu et al., 2018), CWOA (Olivia et al., 2017), ISCA (Chen et al., 2019), IGHS (Askarzadeh & Rezaazadeh, 2012), GGHS (Askarzadeh & Rezaazadeh, 2012), PSO-WOA (Xiong et al., 2018), SA (El-Naggar et al., 2012), GWO (Long et al., 2020), mGWO (Long et al., 2020), EGWO (Long et al., 2020), AgGWO (Long et al., 2020), SCA (Long et al., 2020), WOA (Long et al., 2020) and GWOCS (Long et al., 2020) algorithms.

In Table 2, the best obtained diode parameters and the minimum values of RMSE of competitor algorithms for single diode model are shown. As seen Table 2, MADE, CS-BBO, TLO-ABC, BMO, CWOA, ISCA and MA algorithms converge to 9.8602E-04 and it is the best value of RMSE.

Table 2. The best obtained diode parameters and RMSE values of competitor algorithms for single diode model.

Algorithm	RMSE	I_{ph}	I_{sd}	R_s	R_{sh}	n
ABC (Olivia et al., 2014)	9.8620E-04	0.7608	0.3251	0.0364	53.6433	1.4817
AgGWO (Long et al., 2020)	6.7762E-03	0.769897	0.42945	0.03306	16.8530	1.51294
BBO-M (Niu et al., 2014)	9.8634E-04	0.76078	0.31874	0.03642	53.36277	1.47984
BLPSO (Yu et al., 2019)	1.0272E-03	0.7607	0.36620	0.0359	60.2845	1.4939
BMO (Askarzadeh & Coelho, 2015)	9.8602E-04	0.76077	0.32479	0.03636	53.8716	1.48173
CLPSO (Yu et al., 2019)	9.9633E-04	0.7608	0.34302	0.0361	54.1965	1.4873
CS (Chen & Yu, 2019)	2.0119E-03	0.76048	0.36015	0.03492	43.84232	1.4929
CS-BBO (Chen & Yu, 2019)	9.8602E-04	0.76078	0.32302	0.03638	53.71852	1.48118
CWOA (Olivia et al., 2017)	9.8602E-04	0.76077	0.3239	0.03636	53.7987	1.4812
DE/BBO (Yu et al., 2018)	9.9922E-04	0.7605	0.32477	0.0364	55.2627	1.4817
EGWO (Long et al., 2020)	2.1121E-03	0.763117	0.42126	0.034838	36.1165	1.5091
GGHS (Askarzadeh & Rezazadeh, 2012)	9.9097E-04	0.76092	0.32620	0.03631	53.0647	1.48217
GOTLBO (Chen et al., 2016)	9.8744E-04	0.76078	0.331552	0.036265	54.115426	1.48382
GWO (Long et al., 2020)	7.5011E-03	0.769969	0.91215	0.02928	18.1030	1.596658
GWOCs (Long et al., 2020)	9.8607E-04	0.760773	0.32192	0.03639	53.6320	1.4808
HISA (Kler et al., 2019)	2.0166E-03	1.032368	2.67736	1.23178	748.4507	47.6575
IBSA (Yu et al., 2018)	1.0092E-03	0.7607	0.35502	0.0361	58.2012	1.4907
IGHS (Askarzadeh & Rezazadeh, 2012)	9.9306E-04	0.76077	0.34351	0.03613	53.2845	1.48740
IGWO (Long et al., 2020)	2.3038E-03	0.762763	0.23878	0.036472	30.5388	1.452148
ISCA (Chen et al., 2019)	9.8602E-04	0.760778	0.323017	0.03638	53.7182	1.4812
LBSA (Yu et al., 2018)	1.0143E-03	0.7606	0.34618	0.0362	59.0978	1.4881
MADE (Li et al., 2019)	9.8602E-04	0.7608	0.3230	0.0364	53.7185	1.4812
mGWO (Long et al., 2020)	1.1278E-03	0.760595	0.38534	0.035654	64.6624	1.49911
Proposed	9.8602E-04	0.7608	0.32302	0.0364	53.7185	1.4812
PSO-WOA (Xiong et al., 2018)	1.0710E-03	0.760563	0.340158	0.036124	59.323133	1.486399
SA (El-Naggar et al., 2012)	1.7000E-03	0.7620	0.4798	0.0345	43.1034	1.5172
SCA (Long et al., 2020)	4.1410E-02	0.7852	1.00000	0	6.25833	1.61597
TLBO-ABC (Chen et al., 2018)	9.8602E-04	0.76078	0.32302	0.03638	53.71636	1.48118
WOA (Long et al., 2020)	3.2001E-03	0.7598	0.073481	0.0421	42.77218	1.3453

Table 3. The calculated current, power and IAEs values achieved with MA for the SD model

V (V)	I (A)	Calculated I (A)	IAE (I)	P (W)	Calculated P (W)	IAE (P)
-0.2057	0.7640	0.764087704897160	0.000087704897160	-0.1571548	-0.157172840897346	0.000018040897346
-0.1291	0.7620	0.762663087090251	0.000663087090251	-0.0983742	-0.098459804543351	0.000085604543351
-0.0588	0.7605	0.761355307921703	0.000855307921703	-0.0447174	-0.044767692105796	0.000050292105796
0.0057	0.7605	0.760153991638703	0.000346008361297	0.00433485	0.004332877752341	0.000001972247659
0.0646	0.7600	0.759055209383934	0.000944790616066	0.04909600	0.049034966526202	0.000061033473798
0.1185	0.7590	0.758042345619050	0.000957654380950	0.08994150	0.089828017955857	0.000113482044143
0.1678	0.7570	0.757091654254763	0.000091654254763	0.12702460	0.127039979583949	0.000015379583949
0.2132	0.7570	0.756141365011120	0.000858634988880	0.16139240	0.161209339020371	0.000183060979629
0.2545	0.7555	0.755086872878871	0.000413127121129	0.19227475	0.192169609147673	0.000105140852327
0.2924	0.7540	0.753663878335808	0.000336121664192	0.22046960	0.220371318025390	0.000098281974610
0.3269	0.7505	0.751390966587659	0.000890966587659	0.24533845	0.245629706977506	0.000291256977506
0.3585	0.7465	0.747353851448388	0.000853851448388	0.26762025	0.267926355744247	0.000306105744247
0.3873	0.7385	0.740117221955217	0.001617221955217	0.28602105	0.286647400063256	0.000626350063256
0.4137	0.7280	0.727382224955978	0.000617775044022	0.30117360	0.300918026464288	0.000255573535712
0.4373	0.7065	0.706972651226130	0.000472651226130	0.30895245	0.309159140381187	0.000206690381187
0.4590	0.6755	0.675280151186212	0.000219848813788	0.31005450	0.309953589394471	0.000100910605529
0.4784	0.6320	0.630758271967074	0.001241728032926	0.30234880	0.301754757309048	0.000594042690952
0.4960	0.5730	0.571928357736496	0.001071642263504	0.28420800	0.283676465437302	0.000531534562698
0.5119	0.4990	0.499607017977832	0.000607017977832	0.25543810	0.255748832502852	0.000310732502852
0.5365	0.4130	0.413648791425570	0.000648791425570	0.21744450	0.217786088685563	0.000341588685563
0.5398	0.3165	0.317510108816846	0.001010108816846	0.17084670	0.171391956739333	0.000545256739333

0.5521	0.2120	0.212154938458203	0.000154938458203	0.11704520	0.117130741522774	0.000085541522774
0.5633	0.1035	0.102251311341269	0.001248688658731	0.05830155	0.057598163678537	0.000703386321463
0.5736	-0.0100	-0.00871754175614925	0.001282458243851	-0.0057360	-0.005000381951327	0.000735618048673
0.5833	-0.1230	-0.125507412310708	0.002507412310708	-0.0717459	-0.073208473600836	0.001462573600836
0.5900	-0.2100	-0.208472325535473	0.001527674464527	-0.1239000	-0.122998672065929	0.000901327934071

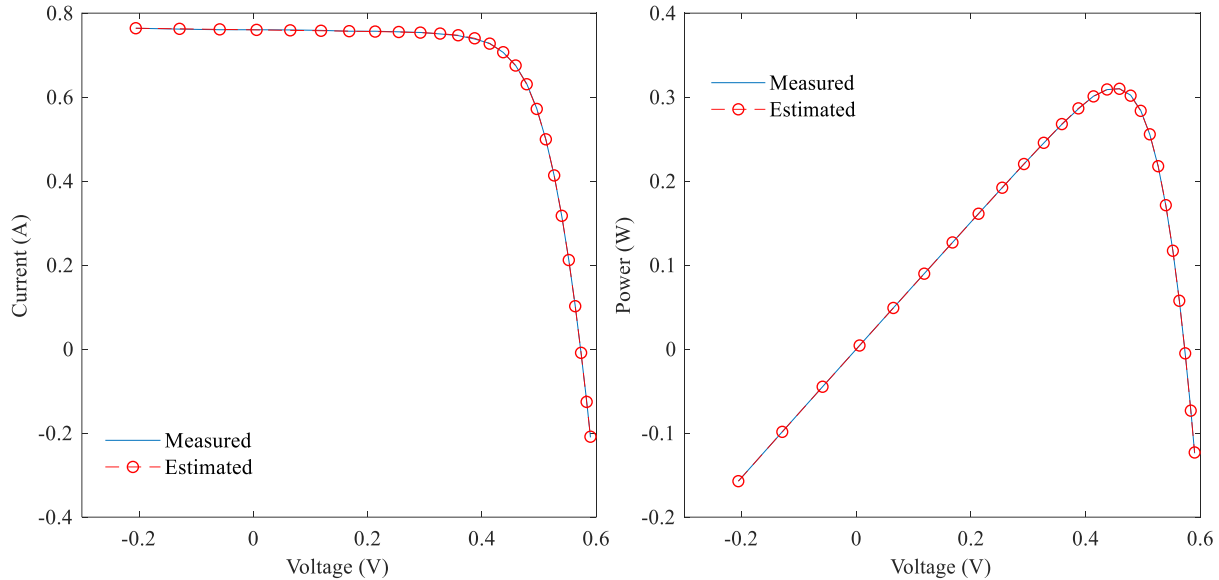


Figure 3. Comparisons between measured data and estimated data achieved by MA for SD model

The calculated values of current, power and individual absolute errors (IAE) achieved with MA for the single diode model are reported in Table 3. Also, using calculated values, P-V and I-V characteristics for SD model are shown in Figure 3. As seen Figure 3, the alignment between the measured and calculated values by MA is quite perfect.

4.2. Analysis of Double Diode Model

For DD model, the performance of MA is compared with those of the TLBO (Li et al., 2019), HISA (Kler et al., 2019), MADE (Li et al., 2019), CS (Chen & Yu, 2019), CS-BBO (Chen & Yu, 2019), ABC (Olivia et al., 2014), TLBO-ABC (Chen et al., 2018), BLPSO (Yu et al., 2019), BMO (Askarzadeh &

Coelho, 2015), LBSA (Yu et al., 2018), CWOA (Olivia et al., 2017), ISCA (Chen et al., 2019), IGHS (Askarzadeh & Rezaazadeh, 2012), PSO-WOA (Xiong et al., 2018), SA (El-Naggar et al., 2012), GWO (Long et al., 2020), mGWO (Long et al., 2020), EGWO (Long et al., 2020), AgGWO (Long et al., 2020), SCA (Long et al., 2020), WOA (Long et al., 2020) and GWOCs (Long et al., 2020) algorithms.

In Table 4, the best estimated diode parameters and RMSE values of competitor algorithms for double diode model are reported. As reported in Table 4, the best value 9.8237E-04 of RMSE is achieved by ISCA and the second best algorithm is MA with RMSE value 9.8248E-04.

Table 4. The best obtained diode parameters and RMSE values of competitor algorithms for DD model.

Algorithm	RMSE	I_{ph}	I_{sd1}	I_{sd2}	R_s	R_{sh}	n_1	n_2
ABC (Olivia et al., 2014)	9.8956E-04	0.76071	0.14623	0.24605	0.03654	55.36509	1.68023	1.46226
AgGWO (Long et al., 2020)	1.1646E-03	0.76003	0.30993	0.071708	0.03643	67.6033	1.4778	1.8839
BLPSO (Yu et al., 2019)	1.1042E-03	0.76056	0.17895	0.31560	0.03553	64.79937	1.69574	1.48789
BMO (Askarzadeh & Coelho, 2015)	9.8262E-04	0.76078	0.21110	0.87688	0.03682	55.8081	1.44533	1.99997
CS (Chen & Yu, 2019)	2.4440E-03	0.76223	0.02732	0.50832	0.03530	97.73242	1.70274	1.52893
CS-BBO (Chen & Yu, 2019)	9.8249E-04	0.76078	0.74935	0.22597	0.03674	55.48544	2	1.45102
CWOA (Olivia et al., 2017)	9.8272E-04	0.76077	0.24150	0.6	0.03666	55.2016	1.45651	1.9899
EGWO (Long et al., 2020)	1.8062E-03	0.76251	0.20856	0.12109	0.03837	32.8813	1.6971	1.3982
GWO (Long et al., 2020)	2.2124E-03	0.761668	0.40302	0.45338	0.03265	72.52775	1.6460	1.5527
GWOCs (Long et al., 2020)	9.8334E-04	0.76076	0.53772	0.24855	0.03666	54.7331	2	1.4588
HISA (Kler et al., 2019)	2.0166E-03	1.032368	2.64194	1.00E-09	1.23178	748.4507	47.6574	47.6325
IGHS (Askarzadeh & Rezaazadeh, 2012)	9.8635E-04	0.76079	0.97310	0.16791	0.03690	56.8368	1.92126	1.42814
IGWO (Long et al., 2020)	1.7576E-03	0.760725	0.52878	0.23949	0.03330	80.84466	1.5420	1.74057
ISCA (Chen et al., 2019)	9.8237E-04	0.76078	0.74935	0.22597	0.03674	55.48543	2	1.45102
LBSA (Yu et al., 2018)	1.0165E-03	0.7606	0.29814	0.27096	0.0363	60.1880	1.4760	1.9202
MADE (Li et al., 2019)	9.8261E-04	0.7608	0.7394	0.2246	0.03680	55.4329	1.9963	1.4505

mGWO (Long et al., 2020)	1.3163E-03	0.76088	0.49333	0.17345	0.034646	62.17868	1.52522	1.94264
Proposed	9.8248E-04	0.7608	0.22641	0.74563	0.0367	55.4777	1.4512	2
PSO-WOA (Xiong et al., 2018)	1.6700E-03	0.761091	0.20123	0.93611	0.034223	82.82299	1.463324	1.773674
SA (El-Naggar et al., 2012)	1.9000E-02	0.7623	0.4767	0.01	0.0345	43.1034	1.5172	2
SCA (Long et al., 2020)	4.0585E-02	0.750912	0	0.94825	0	7.374536	1	1.6156
TLBO (Li et al., 2019)	1.0069E-03	0.7610	0.2947	0.1373	0.0366	53.1210	1.4730	1.9938
TLBO-ABC (Chen et al., 2018)	9.8415E-04	0.76081	0.42394	0.24011	0.03667	54.66797	1.90750	1.45671
WOA (Long et al., 2020)	3.1312E-03	0.761631	0.37996	0.98043	0.029896	69.8988	1.876598	1.609125

The calculated current, power and IAEs values achieved with MA for the DD model are tabulated in Table 5. I-V and P-V characteristics obtained by MA for DD model are shown in Figure 4.

The low IEA values shown in Table 5 and the overlapping of measured and calculated data in Figure 4 show the prediction accuracy and efficiency of the MA algorithm.

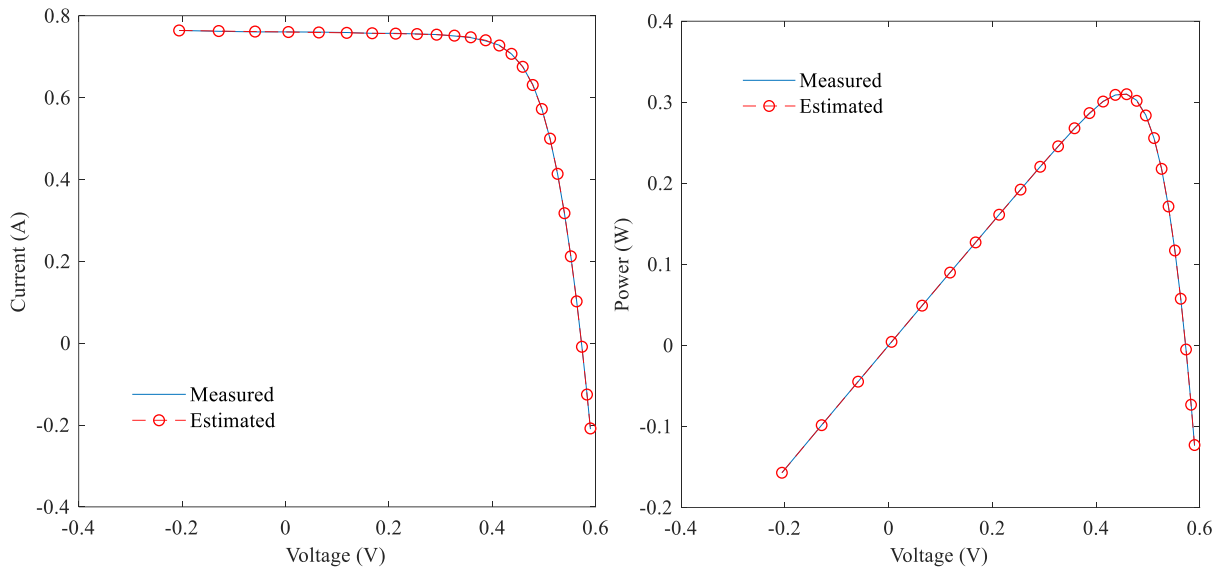


Figure 4. Comparisons between measured data and estimated data achieved by MA for DD model

Table 5. The calculated current, power and IAEs values achieved with MA for the DD model.

V (V)	I (A)	Calculated I (A)	IAE (I)	P (W)	Calculated P (W)	IAE (P)
-0.2057	0.7640	0.763983771266760	0.000016228733240	-0.1571548	-0.157151461749573	0.000003338250427
-0.1291	0.7620	0.762604263115149	0.000604263115149	-0.0983742	-0.098452210368166	0.000078010368166
-0.0588	0.7605	0.761337690239598	0.000837690239598	-0.0447174	-0.044766656186088	0.000049256186088
0.0057	0.7605	0.760173622040099	0.000326377959901	0.00433485	0.004332989645629	0.000001860354371
0.0646	0.7600	0.759107377820958	0.000892622179042	0.04909600	0.049038336607234	0.000057663392766
0.1185	0.7590	0.758121009380292	0.000878990619708	0.08994150	0.089837339611565	0.000104160388435
0.1678	0.7570	0.757188137450428	0.000188137450428	0.12702460	0.127056169464182	0.000031569464182
0.2132	0.7570	0.756243127853974	0.000756872146026	0.16139240	0.161231034858467	0.000161365141533
0.2545	0.7555	0.755176905587466	0.000323094412534	0.19227475	0.192192522472010	0.000082227527990
0.2924	0.7540	0.753722142366433	0.000277857633567	0.22046960	0.220388354427945	0.000081245572055
0.3269	0.7505	0.751399198721574	0.000899198721575	0.24533845	0.245632398062083	0.000293948062083
0.3585	0.7465	0.747301829752872	0.000801829752872	0.26762025	0.267907705966405	0.000287455966405
0.3873	0.7385	0.740011324679151	0.001511324679151	0.28602105	0.286606386048235	0.000585336048235
0.4137	0.7280	0.727247747002051	0.000752252997949	0.30117360	0.300862392934749	0.000311207065251
0.4373	0.7065	0.706850991411476	0.000350991411476	0.30895245	0.309105938544238	0.000153488544238
0.4590	0.6755	0.675210919040362	0.000289080959638	0.31005450	0.309921811839526	0.000132688160474
0.4784	0.6320	0.630760720624882	0.001239279375118	0.30234880	0.301755928746944	0.000592871253056
0.4960	0.5730	0.571994341340495	0.001005658659505	0.28420800	0.283709193304886	0.000498806695114
0.5119	0.4990	0.499705573500788	0.000705573500788	0.25543810	0.255799283075053	0.000361183075053
0.5365	0.4130	0.413733208249973	0.000733208249973	0.21744450	0.217830534143611	0.000386034143611
0.5398	0.3165	0.317546025847281	0.001046025847281	0.17084670	0.171411344752362	0.000564644752362

0.5521	0.2120	0.212123193219821	0.000123193219821	0.11704520	0.117113214976663	0.000068014976663
0.5633	0.1035	0.102163759194494	0.001336240805506	0.05830155	0.057548845554258	0.000752704445742
0.5736	-0.0100	-0.008791410321428	0.001208589678572	-0.0057360	-0.005042752960371	0.000693247039629
0.5833	-0.1230	-0.125543404541762	0.002543404541762	-0.0717459	-0.073229467869210	0.001483567869210
0.5900	-0.2100	-0.208372428076835	0.001627571923165	-0.1239000	-0.122939732565333	0.000960267434667

4.3. Analysis of PV Panel Model

For Photowatt-PWP-201 model, the performance of MA is compared with those of the MADE (Li et al., 2019), TLBO-ABC (Chen et al., 2018), FPA (Alam et al., 2015), CPSO (Xu & Wang, 2017), CLPSO (Yu et al., 2019), JAYA (Yu et al., 2019), LBSA (Yu et al., 2018), MLBSA (Yu et al., 2018), CWOA (Olivia et al., 2017), ISCA (Chen et al., 2019), PSO-WOA (Xiong et al., 2018), SA (El-Naggar et al., 2012), GWO (Long et al., 2020), mGWO (Long et al., 2020), EGWO (Long et al., 2020), AgGWO (Long et al., 2020), SCA (Long et al., 2020), WOA (Long et al., 2020) and GWOCS (Long et al., 2020) algorithms.

In Table 6, the best obtained diode parameters and RMSE values of competitor algorithms for Photowatt-PWP-201 model are tabulated. When the estimation results in Table 6 are compared, the best RMSE value 2.4250E-03 is achieved by MA.

The calculated current, power and IAEs values achieved with MA for Photowatt-PWP-201 model are mentioned in Table 7. The calculated values of current, power values are employed to plot P-V and I-V characteristics of Photowatt-PWP-201 model and they are shown in Figure 5. It is easily understood that the success of the MA algorithm continues because of the low error values (RMSE and IAE) in the tables and the graphical coherence between measured and calculated data.

Table 6. The best obtained diode parameters and RMSE values of competitor algorithms for Photowatt-PWP-201 model.

Algorithm	RMSE	I_{ph}	I_{sd}	R_s	R_{sh}	n
AgGWO (Long et al., 2020)	2.6145E-03	1.02808	4.9187	1.16459	1728.7773	50
CLPSO (Yu et al., 2019)	2.4281E-03	1.0304	3.6131	1.1978	1017.0	48.7847
CPSO (Xu & Wang, 2017)	3.5000E-03	1.0286	8.3010	1.0755	1850.1	52.2430
CWOA (Olivia et al., 2017)	2.6417E-03	1.029962	3.847725	1.201407	1172.121142	49.023217
EGWO (Long et al., 2020)	2.6448E-03	1.02984	4.9105	1.16042	1268.9149	50
FPA (Alam et al., 2015)	2.7425E-03	1.032091	3.047538	1.217583	811.3721	48.13128
GWO (Long et al., 2020)	2.6749E-03	1.03038	4.9068	1.15926	1173.7966	50
GWOCS (Long et al., 2020)	2.4251E-03	1.03049	3.4650	1.2019	982.7566	48.62367
IGWO (Long et al., 2020)	2.6228E-03	1.0277	4.9210	1.16582	1895.9042	49.9986
ISCA (Chen et al., 2019)	2.4251E-03	1.030514201	3.4822623	1.201271659	981.9966	48.64283
JAYA (Yu et al., 2019)	2.4278E-03	1.0302	3.4931	1.2014	1022.5	48.6531
LBSA (Yu et al., 2018)	2.4296E-03	1.0304	3.5233	1.2014	1020.4	48.6866
MADE (Li et al., 2019)	2.4251E-03	1.0305	3.4823	1.2013	981.9823	48.6428
mGWO (Long et al., 2020)	2.6034E-03	1.02952	4.6005	1.17284	1261.0638	49.7338
MLBSA (Yu et al., 2018)	2.4251E-03	1.0305	3.4823	1.2013	981.9823	48.6428
Proposed	2.4250E-03	1.0305	3.4823	1.2013	981.9870	48.6428
PSO-WOA (Xiong et al., 2018)	2.6242E-03	1.033772	3.340338	1.205482	776.330261	48.48701
SA (El-Naggar et al., 2012)	2.7000E-03	1.0331	3.6642	1.1989	833.3333	48.8211
SCA (Long et al., 2020)	3.1103E-02	1.0722	5.2254	1.27171	2000	50
TLBO-ABC (Chen et al., 2018)	2.4251E-03	1.0305	3.4826	1.2013	982.1815	48.6432
WOA (Long et al., 2020)	3.6253E-03	1.03265	2.1278	1.22796	624.58027	46.8347

Table 7. The calculated current, power and IAEs values achieved with MA for the Photowatt-PWP-201 model.

V (V)	I (A)	Calculated I (A)	IAE (I)	P (W)	Calculated P (W)	IAE (P)
0.1248	1.0315	1.029119159571656	0.002380840428344	0.1287312	0.128434071114543	0.000297128885457
1.8093	1.0300	1.027381071767876	0.002618928232125	1.8635790	1.858840573149617	0.004738426850383
3.3511	1.0260	1.025741795860399	0.000258204139601	3.4382286	3.437363332107783	0.000865267892217
4.7622	1.0220	1.024107154017180	0.002107154017180	4.8669684	4.877003088860617	0.010034688860617
6.0538	1.0180	1.022291804049050	0.0044291804049050	6.1627684	6.188750123352136	0.025981723352136
7.2364	1.0155	1.019930680571695	0.004430680571695	7.3485642	7.380626376889014	0.032062176889013
8.3189	1.0140	1.016363105520908	0.002363105520908	8.4353646	8.455023038517878	0.019658438517878
9.3097	1.0100	1.010496151251689	0.000496151251689	9.4027970	9.407416019307844	0.004619019307844
10.2163	1.0035	1.000628969664897	0.002871030335103	10.252057	10.222725742787487	0.029331307212514

11.0449	0.9880	0.984548378375851	0.003451621624149	10.912361	10.874238384323434	0.038122815676566
11.8018	0.9630	0.959521675878379	0.003478324121621	11.365133	11.324082914381457	0.041050485618543
12.4929	0.9255	0.922838817701344	0.002661182298656	11.562179	11.528933065661123	0.033245884338877
13.1231	0.8725	0.872599662395507	0.000099662395507	11.449905	11.451212629582480	0.001307879582479
13.6983	0.8075	0.807274263265701	0.000225736734299	11.061377	11.058285040492549	0.003092209507450
14.2221	0.7265	0.728336477684136	0.001836477684136	10.332355	10.358474219271551	0.026118569271551
14.6995	0.6345	0.637137999872465	0.002637999872465	9.3268327	9.365610029125293	0.038777279125293
15.1346	0.5345	0.536213063203068	0.001713063203068	8.0894437	8.115370226353159	0.025926526353159
15.5311	0.4275	0.429511325125178	0.002011325125178	6.6395452	6.670783341651655	0.031238091651654
15.8929	0.3185	0.318774483107432	0.000274483107432	5.0618886	5.066250982578100	0.004362332578100
16.2229	0.2085	0.207389507018174	0.001110492981826	3.3824746	3.364459233405143	0.018015416594857
16.5241	0.1010	0.096167172050621	0.004832827949379	1.6689341	1.589075967681673	0.079858132318327
16.7987	-0.008	-0.008325386101837	0.000325386101837	-0.134390	-0.139855663508923	0.005466063508923
17.0499	-0.111	-0.110936483014156	0.000063516985844	-1.892539	-1.891455941743056	0.001082958256944
17.2793	-0.209	-0.209247266603263	0.000247266603263	-3.611374	-3.615646293817758	0.004272593817759
17.4885	-0.303	-0.300863588123880	0.002136411876120	-5.299016	-5.261652860904483	0.037362639095516

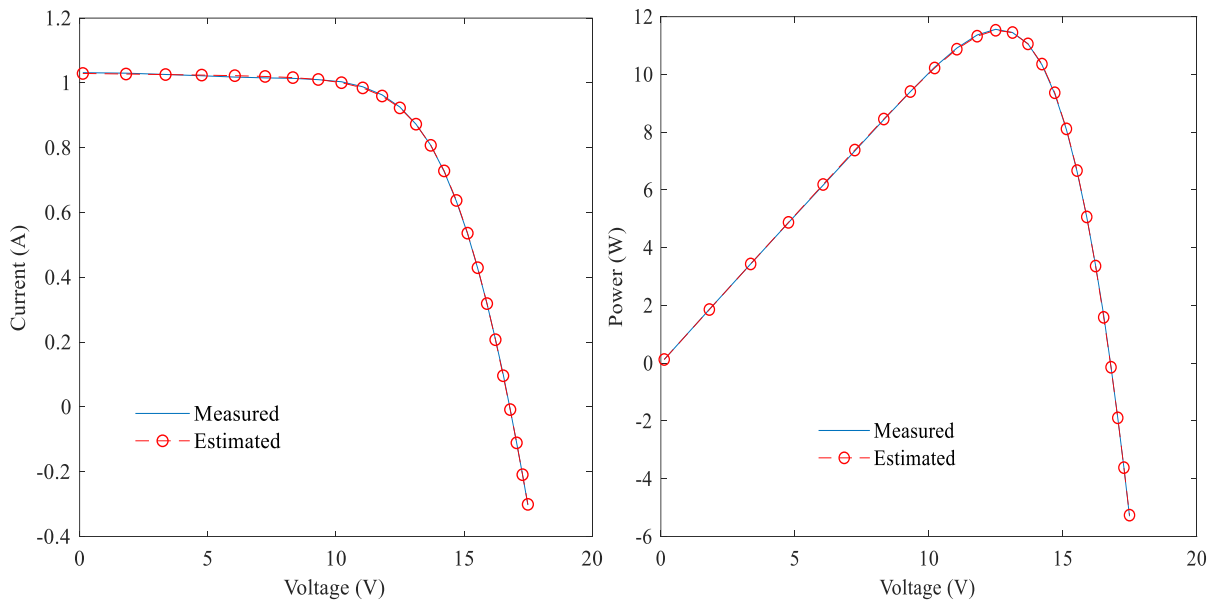


Figure 5. Comparisons between measured data and estimated data achieved by MA for Photowatt-PWP-201 model

4.4. Performance Summary of MA

In table 8, the robustness results of RMSE achieved by MA for single diode, double diode and Photowatt-PWP-201 models are summarized. As seen Table 8, standard deviations are very small

for all models. Also, compared with the other algorithms, MA is obtained minimum RMSE values for single diode and Photowatt-PWP-201 models. For double diode model, second minimum value is converged by MA.

Table 8. The robustness results of RMSE achieved by MA for SD, DD and Photowatt-PWP-201 models.

Model	Min	Mean	Max	SD
SD model	9.8602E-04	9.8602E-04	9.8602E-04	6.8856E-15
DD model	9.8248E-04	9.8282E-04	9.8332E-04	2.7878E-07
Photowatt-PWP-201 module model	2.4250E-03	2.4272E-03	2.4383E-03	3.0873E-06

5. Conclusion

In this paper, Mayfly algorithm is applied to estimate the characteristic parameter of aforementioned photovoltaic models, such as single and double diodes. Especially, to analyze the accuracy and robustness of the proposed approach, real-time devices such as R.T.C France, Photowatt-PWP-201 and STM-40/36 are measured and output current and voltage values are used for estimation. Estimated parameters and RMSE values of MA are compared with well-known literature algorithms. Also, current, voltage and their IAEs are calculated and I-V and P-V characteristics are plotted.

Outstanding conclusions of this paper can be declared as follows:

- When the Max_FES is set 50000 for competitor algorithms suggested in literature, MA is realized estimation process for 10000 evaluations. But despite this important factor, MA shows good performance for characteristic parameter estimation of PV models than the other literature algorithms.
- Although several algorithms are improved with strategies and mechanisms in literature, the performance of basic Mayfly algorithm has been demonstrated for four models.
- The robustness and efficiency of MA are quite satisfactory according to achieved statistical results.

I-V and P-V curves are plotted using estimated parameters by MA for all aforementioned models. The alignment between measured and calculated data concludes that the semiconductor models for PV are done correctly and MA algorithm performs characteristic parameter estimation with high precision.

References

- Abbassi, R., Abbassi, A., Heidari, A.A., Miajalili, S. (2019). An efficient salp swarm-inspired algorithm for parameters identification of photovoltaic cell models. *Energy Convers Management*, 179, 362–372. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.10.069>.
- Alam, D.F., Yousri, D.A., Eteiba, M.B. (2015). Flower pollination algorithm based solar PV parameter estimation. *Energy Convers Management*, 101, 410–22. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.05.074>.
- Ali, E.E., El-Hameed, M.A., El-Fergany, A.A., El-Arini, M.M. (2016). Parameter extraction of photovoltaic generating units using multi-verse optimizer. *Sustain Energy Technologies Assessment*, 17, 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2016.08.004>.
- Allam, D., Yousri, D.A., Eteiba, M.B. (2016). Parameters extraction of the three diode model for the multi-crystalline solar cell/ module using moth-flame optimization algorithm. *Energy Convers Management*, 123, 535–48. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.06.052>.
- Askarzadeh, A., Coelho, L.S. (2015). Determination of photovoltaic modules parameters at different operating conditions using a novel bird mating optimizer approach. *Energy Convers Management*, 89, 608–14. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.10.025>.
- Askarzadeh, A., Rezazadeh, A. (2012). Parameter identification for solar cell models using harmony search-based algorithms. *Sol Energy*, 86(11):3241–9. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.08.018>.
- Awadallah, M.A. (2016). Variations of the bacterial foraging algorithm for the extraction of PV module parameters from nameplate data. *Energy Convers Management*, 113:312–20. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.01.071>.
- Ayala, H.V.H., dos Santos Coelho, L., Mariani, V.C., Askarzadeh, A. (2015). An improved free search differential evolution algorithm: a case study on parameters identification of one diode equivalent circuit of a solar cell module. *Energy*, 93:1515–22. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.08.019>.
- Balasubramanian, K., Jacob, B., Priya, K., Sangeetha, K., Rajasekar, N., Babu, TS. (2015). Critical evaluation of genetic algorithm based fuel cell parameter extraction. *Energy Procedia*, 75:1975–1982. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.244>.
- Beigi, A.M., Maroosi A. (2018). Parameter identification for solar cells and module using a hybrid firefly and pattern search algorithm. *Sol Energy*, 171:435–46. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.06.092>.
- Branco, V.L., Ciulla, G. (2013). An efficient analytical approach for obtaining a five parameters model of photovoltaic modules using only reference data. *Applied Energy*, 111, 894–903. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.06.046>.
- Chan, D.S.H., Phang, J.C.H. (1987). Analytical methods for the extraction of solar-cell single and double-diode model parameters from i–v characteristics. *IEEE Trans Electron Devices*, 34(2), 286–93. <https://doi.org/10.1109/T-ED.1987.22920>.
- Chen, H., Jiao, S., Heidari, A.A., Wang, M., Chen, X., Zhao, X. (2019). An opposition-based sine cosine approach with local search for parameter estimation of photovoltaic models. *Energy Convers Management*, 195, 927–42. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.05.057>.
- Chen, X., Xu, B., Mei, C., Ding, Y., Li, K. (2018). Teaching-learning-based artificial bee colony for solar photovoltaic parameter estimation. *Applied Energy*, 212, 1578–88. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.12.115>.
- Chen, X., Yu, K., Du, W., Zhao, W., Liu, G. (2016). Parameters identification of solar cell models using generalized oppositional teaching learning based optimization. *Energy*, 99, 170–80. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.01.052>.
- Chen, X., Yu, K. (2019). Hybridizing cuckoo search algorithm with biogeography-based optimization for estimating photovoltaic model parameters. *Solar Energy*, 180, 192–206. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.01.025>.
- Chen, Z., Wu, L., Lin, P., Wu, Y., Cheng, S. (2016). Parameters identification of photovoltaic models using hybrid adaptive Nelder-Mead simplex algorithm based on eagle strategy. *Applied Energy*, 182, 47–57. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.083>.
- Easwarakhanthan, T., Bottin, J., Bouhouch, I., Boutrif, C. (1986). Nonlinear minimization algorithm for determining the solar cell parameters with microcomputers. *International Journal of Solar Energy*, 4(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/01425918608909835>.
- El-Naggar, K.M., Alrashidi, M.R., Alhajri, M.F., Al-Othman, A.K. (2012). Simulated annealing algorithm for photovoltaic parameter identification. *Solar Energy*, 86, 266–274. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.09.032>.
- Fathy, A., Rezk, H. (2017). Parameter estimation of photovoltaic system using imperialist competitive algorithm. *Renewable*

- Energy, 111, 307–20. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.04.014>.
- Gong, W., Zhihua, Cai. (2013). Parameter extraction of solar cell models using repaired adaptive differential evolution. *Solar Energy*, 94, 209–220. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.05.007>.
- Guo, L., Meng, Z., Sun, Y., Wang, L. (2016). Parameter identification and sensitivity analysis of solar cell models with cat swarm optimization algorithm. *Energy Conversion and Management*, 108, 520–8. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.11.041>.
- Hasanien, HM. (2015). Shuffled frog leaping algorithm for photo-voltaic model identification. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 6, 509–15. <https://doi.org/10.1109/TSTE.2015.2389858>
- Ishaque, K., Salam, Z., Mekhilef, S., Shamsudin, A. (2012). Parameter extraction of solar photovoltaic modules using penalty-based differential evolution. *Applied Energy*, 99, 297–308. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.05.017>.
- Ismail, M., Moghavvemi, M., Mahlia, T. (2013). Characterization of PV panel and global optimization of its model parameters using genetic algorithm. *Energy Conversion and Management*, 73, 10–25. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.03.033>.
- Jordehi, AR. (2018). Enhanced leader particle swarm optimization (ELPSO): An efficient algorithm for parameter estimation of photovoltaic (PV) cells and modules. *Solar Energy*, 159, 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.10.063>.
- Kler, D., Goswami, Y., Rana, K.P.S., Kumar, V. (2019). A novel approach to parameter estimation of photovoltaic systems using hybridized optimizer. *Energy Conversion and Management*, 187, 486–511. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.01.102>.
- Kler, D., Sharma, P., Banerjee, A., Rana, K.P.S., Kumar V. (2017). PV cell and module efficient parameters estimation using evaporation rate based water cycle algorithm. *Swarm and Evolutionary Computation*, 35, 93–110. <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2017.02.005>.
- Li, S., Gong, W., Yan, X., Hu, C., Bai, D., Wang, L., et al. (2019). Parameter extraction of photovoltaic models using an improved teaching-learning-based optimization. *Energy Conversion Management*, 186, 293–305. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.02.048>.
- Li, S., Gong, W., Yan, X., Hu, C., Bai, D., Wang, L. (2019). Parameter estimation of photovoltaic models with memetic adaptive differential evolution. *Solar Energy*, 190, 465–74. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.08.022>.
- Lin, P., Cheng, S., Yeh, W., Chen, Z., Wu, L. (2017). Parameters extraction of solar cell models using a modified simplified swarm optimization algorithm. *Solar Energy*, 144, 594–603. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.01.064>.
- Long, W., Cai, S., Jiao, J., et al. (2020). A new hybrid algorithm based on grey wolf optimizer and cuckoo search for parameter extraction of solar photovoltaic models. *Energy Conversion and Management*, 203, 112243. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112243>.
- Nassar-Eddine, I., Obbadi, A., Errami, Y., Fajri, A.E., Agunaou, M. (2016). Parameter estimation of photovoltaic modules using iterative method and the lambert w function: a comparative study. *Energy Conversion Management*, 119, 37–48. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.04.030>.
- Niu, Q., Zhang, L., Li, K. (2014). A biogeography-based optimization algorithm with mutation strategies for model parameter estimation of solar and fuel cells. *Energy Conversion Management*, 86, 1173–85. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.06.026>
- Nunes, H.G.G., Pombo, J.A.N., Mariano, S.J.P.S., Calado, M.R.A., Felipe de Souza, J.A.M. (2018). A new high performance method for determining the parameters of PV cells and modules based on guaranteed convergence particle swarm optimization. *Applied Energy*, 211, 774–91. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.11.078>
- Oliva, D., Aziz, M.A.E., Hassanien, A.E. (2017). Parameter estimation of photovoltaic cells using an improved chaotic whale optimization algorithm. *Applied Energy*, 200, 141–54. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.05.029>.
- Oliva, D., Cuevas, E., Pajares, G. (2014). Parameter identification of solar cells using artificial bee colony optimization. *Energy*, 72(7), 93–102. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.05.011>.
- Oliva, D., Elaziz, M.A., Elsheikh, A.H., Ewees, A.A. (2019). A review on meta-heuristics methods for estimating parameters of solar cells. *Journal of Power Sources*, 435, 126683. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2019.05.089>.
- Ortiz-Conde, A., Sánchez, F.J.G., Muci, J. (2006). New method to extract the model parameters of solar cells from the explicit analytic solutions of their illuminated characteristics. *Solar Energy Mater Sol Cells*, 90(3), 352–61. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2005.04.023>.
- Parida, B., Iniyan, S., Goic, R. (2011). A review of solar photovoltaic technologies. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1625–36. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.032>.
- Patel, S.J., Panchal, A.K., Kheraj, V. (2014). Extraction of solar cell parameters from a single current-voltage characteristic using teaching learning based optimization algorithm. *Applied Energy*, 119, 384–93. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.01.027>.
- Rajasekar, N., Kumar, N.K., Venugopalan, R. (2013). Bacterial foraging algorithm based solar PV parameter estimation. *Solar Energy*, 97, 255–65. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.08.019>.
- Rezk, H., Fathy, A. (2017). A novel optimal parameters identification of triple-junction solar cell based on a recently meta-heuristic water cycle algorithm. *Solar Energy*, 157, 778–91. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.08.084>.
- Saleem, H., Karmalkar, S. (2009). An analytical method to extract the physical parameters of a solar cell from four points on the illuminated j-v curve. *IEEE Electron Device Letters*, 30(4), 349–52. <https://doi.org/10.1109/LED.2009.2013882>.
- Subudhi, B., Pradhan, R. (2018). Bacterial foraging optimization approach to parameter extraction of a photovoltaic module. *IEEE Trans Sustain Energy*, 9, 381–9. <https://doi.org/10.1109/TSTE.2017.2736060>.
- Tong, N.T., Kamolpattana, K., Pora W. (2015). A deterministic method for searching the maximum power point of a pv panel. In: *International conference on electrical engineering/electronics, computer, telecommunications and information technology*, p. 1–6. <https://doi.org/10.1109/ECTICon.2015.7206928>.
- Wu, Z., Yu, D., Kang, X. (2017). Parameter identification of photovoltaic cell model based on improved ant lion

- optimizer. *Energy Conversion Management*, 151, 107–15. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.08.088>.
- Xiong, G., Zhang, J., Yuan, X., Shi, D., He, Y., Yao, G. (2018). Parameter extraction of solar photovoltaic models by means of a hybrid differential evolution with whale optimization algorithm. *Solar Energy*, 176, 742–61. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.10.050>.
- Xu, S., Wang, Y. (2017). Parameter estimation of photovoltaic modules using a hybrid flower pollination algorithm. *Energy Conversion Management*, 144, 53–68. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.04.042>.
- Yousri, D., Allam, D., Eteiba, M.B., Suganthan, P.N. (2019). Static and dynamic photovoltaic models' parameters identification using chaotic heterogeneous comprehensive learning particle swarm optimizer variants. *Energy Conversion Management*, 182, 546–63. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.12.022>.
- Yu, K., Chen, X., Wang, X., Wang, Z. (2017). Parameters identification of photovoltaic models using self-adaptive teaching-learning-based optimization. *Energy Conversion Management*, 145, 233–46. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.04.054>.
- Yu, K., Liang, J., Qu, B., Chen, X., Wang, H. (2017). Parameters identification of photovoltaic models using an improved JAYA optimization algorithm. *Energy Conversion Management*, 150, 742–53. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.08.063>.
- Yu, K., Liang, J., Qu, B., Cheng, Z., Wang, H. (2018). Multiple learning backtracking search algorithm for estimating parameters of photovoltaic models. *Applied Energy*, 226, 408–22. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.06.010>.
- Yu, K., Qu, B., Yue, C., Ge, S., Chen, X., Liang, J. (2019). A performance guided JAYA algorithm for parameters identification of photovoltaic cell and module. *Applied Energy*, 237, 241–57. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.008>
- Zervoudakis, K., Tsafarakis, S. (2020). A mayfly optimization algorithm. *Computers & Industrial Engineering*, 145, 106559. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106559>.



Dağıtık Üretime Sahip Şebekelerde Yük Karakteristiklerinin Koruma Sistemi Üzerine Etkisinin İncelenmesi

İbrahim Evkay^{1*}, Mustafa Baysal², Uğur S. Selamoğulları³

^{1*} Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-7886-9051), ibrahimevkay@gmail.com

² Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-6298-918X), baysal@yildiz.edu.tr

³ Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-2272-4355), selam@yildiz.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 25 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 22 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1042351)

ATIF/REFERENCE: Evkay, İ., Baysal, M. & Selamoğulları, U. S. (2022). Dağıtık Üretime Sahip Şebekelerde Yük Karakteristiklerinin Koruma Sistemi Üzerine Etkisinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 236-243.

Öz

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının yaygınlaşması ile "Dağıtık Üretim" bir terim olarak elektrik şebekelerinde kullanılmaya başlanmıştır. Elektrik şebekesine bağlanan Dağıtık Üretim birimleri ile çift yönlü elektrik akışı söz konusudur. Bu nedenle şebekede koruma görevini yönlü elemanlar üstlenmektedir. Dağıtım şebekelerinde ise aşırı akım koruması için Yönlü Aşırı Akım Rölesi kullanılmaktadır. Kullanılan rölelerin sistemin bütününde koordinasyon içinde çalışması, koruma sisteminin etkin şekilde kullanılması açısından önemlidir. Bu çalışmada baralara bağlı olan yük tipleri ile röle koordinasyonu arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Farklı yük dağılımları kullanıldığında seçilen ayar grubuna sistemin nasıl tepki verdiği ve açma sürelerindeki değişiklikler incelenmiştir. Çalışmada IEEE 14 baralı test sisteminin dağıtım kısmı, test sistemi olarak kullanılmıştır. Ele alınan sistem ETAP (Elektrik Güç Sistemi Analiz Programı) programı ile modellenmiştir ve simüle edilmiştir. Rölelerin koordinasyonu için gerekli olan Zaman Kadranı Ayarı (TDS) değerleri, GAMS (Genel Cebirsel Modelleme Sistemi) aracı ile optimize edilmiştir. Çalışma sonucunda statik yük yoğunluğu arttıkça toplam röle açma süresinin arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yönlü aşırı akım rölesi, Dağıtık üretim, Statik yük, Motor yükü, Zaman kadranı ayarı.

Investigation of Effect of Load Characteristics on Protection System in Distributed Generation Integrated Networks

Abstract

"Distributed Generation" term is being used in electricity networks in response to the widespread use of Renewable Energy Resources in the network. When Distributed Generation units are connected to the electricity grid, the power flow becomes bidirectional. For this reason, directional elements undertake the task of protection in the network. In distribution networks, Directional Overcurrent Relay is used for overcurrent protection. It is important for the effectiveness of the protection system that the relays used work in coordination throughout the system. In this study, the relationship between the load types connected to the busbars and the relay coordination is analyzed. When different load distributions are used, how the system responds to the selected relay setting group and the changes in opening times are examined. In the study, the distribution part of the IEEE 14 busbar test system is used as the test system. The simulation of the system is modeled on ETAP (Electrical Power System Analysis Program). The Time Dial Setting (TDS) values required for the coordination of the relays have been optimized with the GAMS (General Algebraic Modeling System) tool. As a result of the study, it is seen that the total relay opening time increases as the static load ratio increases.

Keywords: Directional overcurrent relay, Distributed generation, Static load, Motor load, Time dial setting.

* Sorumlu Yazar: ibrahimevkay@gmail.com

1. Giriş

Geleneksel şebeke yapısından Akıllı Şebekelere geçişin hızlanmasının getirilerinden olan Dağıtık Üretim kaynaklarının şebekeye entegrasyonu, dağıtım şebekelerinde ve mikro şebekelerde daha fazla görünmeye başlamıştır. Dağıtık Üretim birimlerinin şebekelere dahil olmasıyla tek yönlü enerji akışı yerine çift yönlü enerji akışı ortaya çıkmıştır. Elektrik şebekelerindeki bu değişim ile dağıtım şebekelerinde tek yönlü enerji akışına göre tasarlanan koruma stratejilerinin iki yönlü enerji akışına göre uyarlanması gerekmektedir. Geliştirilen koruma yaklaşımlarının temel elemanları koruma röleleridir. Dağıtım şebekelerinde çift yönlü enerji akışı da bulunuyorsa yaygın olarak yönlü aşırı akım röleleri kullanılmaktadır. Bu cihazlar, bağlı oldukları sistem üzerindeki enerji dağıtım kabloları ve trafolar gibi diğer bileşenlere göre daha ucuzdur ve basit yapıdadır.

Dağıtık Üretim kaynaklarının elektrik sistemindeki oranının artması nedeniyle koruma sistemlerinde birtakım zorluklar ortaya çıkmıştır (Yazdaninejadi, 2017) ve koruma sistemi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalar yapılmıştır (Amer vd., 2021; Gairola ve Rawat, 2021). Kullanılan Dağıtık Üretim kaynağının türü röle koordinasyonu açısından önemli bir etkendir: Örneklendirmek gerekirse Senkron Tabanlı Dağıtık Üretim (SBDG, Synchronous Based Distributed Generation) kaynağı, bir İnverter Tabanlı Dağıtık Üretim kaynağına göre daha yüksek arıza akımı üretmektedir (Yazdaninejadi, 2017). Ayrıca sistemdeki statik ve motor (dinamik) yük modelleri de akımların büyüklüğünü etkilemektedir (Abacı vd., 2002). Bu tip sorunlar eşliğinde hatların korunması için etkin bir röle koordinasyonuna ihtiyaç vardır. Yönlü aşırı akım rölelerinin koordinasyonu üç ana grup altında çözüme ulaşabilir: Birincisi karışık tamsayı programlama (Srinivas vd., 2019; Urdaneta vd., 1988; Std. I, 1989; Yang vd., 2013), ikincisi doğrusal olmayan programlama (Darabi vd., 2020; Zeienldin vd., 2004), ve üçüncüsü doğrusal programlama (Elraife vd., 1993; Chattopadhyay vd., 1996; Sharaf vd., 2015; Alkaran vd., 2016; Evkay vd., 2020). Elektrik sisteminde yer alan statik ve motor yüklerine ait bazı modeller geliştirilmiştir (Hou vd., 2011; Arif vd., 2017). ETAP simülasyon programında bara yükü olarak motor ya da statik seçenekleri bulunmaktadır (Prabhu vd., 2016). Değişen yüklerin bulunduğu sistemdeki rölelerin koordinasyonu için bazı adaptif koruma yaklaşımları geliştirilmiştir (Alam, 2018; Coffele vd., 2014; Kumar vd., 2018). Her ne kadar yükler ve koruma yaklaşımı üzerine literatürde çeşitli çalışmalar yapılmış olsa da yüklerin yönlü koruma rölelerinin koordinasyon ayarları üzerindeki etkisine yönelik kapsamlı bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, dağıtım şebekelerindeki yük karakteristiklerinin yönlü koruma röleleri uygulamalarındaki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla dağıtım şebekesinde yer alan motor ve statik yüklerin ağırlıkları değiştirilerek farklı yük karakteristikleri elde edilmiştir. Test sisteminde bulunan yönlü aşırı akım rölelerinin optimal koordinasyonu lineer programlama ile yapılarak farklı yük dağılımlarına göre tamamlandıktan sonra tamamen motor yüküne ve tamamen statik yüke ait röle ayarları, incelenen durumlar üzerine uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar incelenerek röleler arasındaki açma süreleri kontrol edilmiştir. Hedeflenen çalışmada, yük yoğunluğu açısından birbirinden farklı test sistemleri için, yükten bağımsız tek bir röle ayar grubu kullanmanın sonuçları analiz edilerek yük

modelinin türünün röle açma süresine etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen bilgiler, sonraki çalışmalar için ön çalışma niteliğindedir.

Çalışmanın geri kalanında şu bölümler bulunmaktadır: Test sisteminin özellikleri, rölelerin optimizasyon aşamaları ve çalışma boyunca gerçekleştirilen diğer adımlar Bölüm 2'de yer almaktadır. Bölüm 3'te gerçekleştirilen simülasyon işlemlerinin sonuçları paylaşılmıştır. Bölüm 4'te ise elde edilen sonuçlar ve gelecek çalışmalar yorumlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Yönlü Aşırı Akım Röleleri ve Koruma Mantığı

Geleneksel şebekelerde güç akışı üretim noktasından tüketim noktasına doğru olmaktadır. Birbirinin tersi yönünde konumlanmış iki kaynaklı bir sistem için iki yönlü enerji akışı söz konusudur. Dağıtık Üretim birimlerinin şebekelere entegre olmasıyla ortaya çıkan iki yönlü enerji akışı için yönlü aşırı akım koruma röleleri kullanılması gerekmektedir. Yönlü aşırı akım röleleri ve yönlü koruma mantığı için konsept çalışmalar yapılmıştır (Horak, 2006; Bawayan ve Younis, 2021; Tresnadi vd., 2021). Teknolojinin gelişmesinin de etkisiyle nümerik röleler ortaya çıkmış ve yeni nesil elektrik şebekeleri için dijital aşırı akım röleleri geliştirilmiştir (Oğuz vd., 2019).

Yönlü aşırı akım rölelerinde gerilim ve akım fazörünün arasındaki açı, akımın yönünü belirtmektedir (Horak, 2006). Koruma sistemlerinde yönlü aşırı akım rölelerine yönü belirlemede yardımcı olan ve ilgili akım seviyesini ölçen cihazlar gerilim ve akım trafolarıdır. Röle, aldığı yön ve akım büyüklüğü bilgisiyle devreyi açma komutunu devre kesiciye göndermektedir. Eğer devre kesici, asıl (primer) röleden gelen komutu zamanında uygulayamazsa ya da devre kesiciye göndermektedir. Eger devre kesici, asıl (primer) röleden gelen komutu zamanında bir komut gelmez ise aynı yönde bulunan yedek (backup) röleler, arıza akımının daha fazla noktaya ulaşip sistemlerin zarar görmemesi ve enerji kesintisini sınırlı alanda tutmak amacıyla devreye girmektedirler. Koruma sistemlerinde seçiciliğin (selektivite) sağlanması için asıl ve yedek rölelerin koordinasyonuna ihtiyaç bulunmaktadır.

2.2. Röle Koordinasyonu ve Optimizasyon

Test sisteminde kullanılan rölelerin açma süreleri IEC 60255-3 standardı kullanılarak (1) numaralı denklem ile hesaplanmaktadır (Sharaf vd., 2016). Denklemde t_{trip} rölenin açma süresini, TDS zaman kadranı ayarını, I_{pu} rölenin üzerinden geçen anlık akım (yük akımı) değerini ve I_{fc} ise arıza akımını göstermektedir. A ve B değerleri ise kullanılan IEC standardından gelmekte olup normal ters zamanlı karakteristik eğrisine göre A değeri 0,14, B değeri ise 0,02 olarak alınmıştır (Std. I, 1989).

$$t_{trip} = TDS * \frac{A}{\left(\frac{I_{fc}}{I_{pu}}\right)^B - 1} \quad (1)$$

Yönlü aşırı akım rölelerinin koordinasyonunu sağlamak için optimal TDS değerini hesaplamak gerekmektedir. Bu nedenle bu optimizasyon problemini çözmek için gerekli olan amaç fonksiyonu denklem (2)'de verilmiştir (Sharaf vd., 2016).

$$\text{Min } T_{total} = \sum_{k=1}^m \left(\sum_{j=1}^n t_{trip,jk}^p + \sum_{i=1}^N t_{trip,ik}^b \right) \quad (2)$$

Denklem (2)'de k, lokasyonu; m, muhtemel arıza noktasını; n, toplam röle sayısını; N, yedek (backup) olarak çalışan röle sayısını; $t_{trip,jk}^p$, primer rölenin açma süresini; $t_{trip,ik}^b$, yedek rölenin açma süresini belirtmektedir.

$$t_{trip,ik}^b - t_{trip,jk}^p \geq \beta \quad \forall i, j, k \quad (3)$$

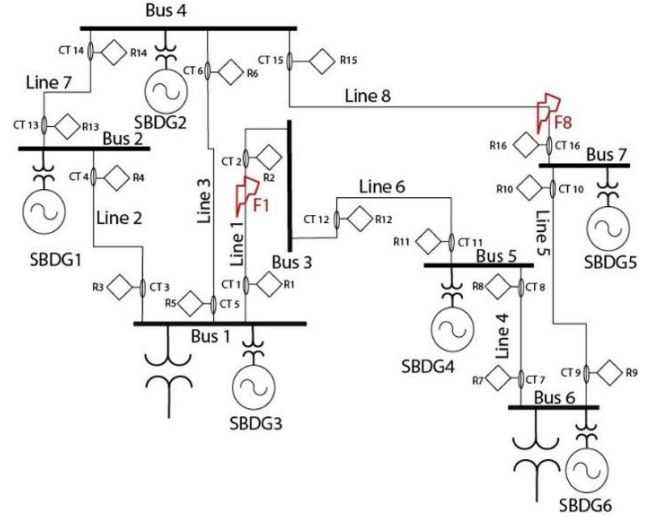
Denklem (3)'te ise optimizasyon problemini çözmek için gerekli olan kısıt denklemi verilmiştir. Burada; β , Koordinasyon Zaman Payı (KZP)'ni ifade etmektedir. Bu çalışmada β , 0,2 olarak alınmıştır (Evkay vd., 2020).

Problemin çözümü için gerekli olan ve denklem (1)'de belirtilen arıza akımı ve yük akımı ise ETAP adı verilen program aracılığıyla hesaplanmıştır. Röle koordinasyonu problemi, lineer (doğrusal) programlama olarak modellenmiştir. GAMS programı ile çözümlenerek en uygun TDS değerleri elde edilmiştir (Soroudi, 2017).

2.3. Sistem Özellikleri

Test sistemi olarak IEEE 14 baralı test sisteminin bir kısmı olan dağıtım şebekesi kullanılmıştır (Evkay vd., 2020). Test sistemi, Şekil 1'de verilmiştir. Test sistemindeki yüklere ait bilgiler Tablo 1'de, hatlara ait bilgiler ise Tablo 2'de bulunmaktadır. Primer ve yedek röle çiftleri, Tablo 3'te gösterilmiştir. Bu test sisteminde altı adet Dağıtık Üretim birimi

bulunmaktadır. Dağıtık Üretim birimleri, şekil üzerinde SBDG olarak gösterilmiştir ve SBDG modelinin detayları Khanbabapour ve Golshan'ın yaptıkları çalışmasında verilmiştir (Khanbabapour ve Golshan, 2016). Dağıtık Üretim birimlerinin güçleri SBDG1'den SBDG6'ya kadar sırasıyla şöyledir: 5 MVA, 10 MVA, 4 MVA, 5 MVA, 10 MVA ve 5 MVA.



Şekil 1. IEEE 14 Baralı Test Sisteminin Dağıtım Kısmı (Figure 1. Distribution Portion of IEEE 14-Bus Test System) (Evkay vd., 2020)

Tablo 1. Test Sistemine Bağlı Olan Yüklere Ait Bilgiler (Table 1. Information on Loads Connected to the Test System)

Yük Adı	Bağlı Olduğu Bara	Anma Gerilimi (kV)	Etiket Bilgileri			
			MVA	MW	Mvar	% Güç Faktörü
Load 1	1	1	13,479	11,2	7,5	83,09
Load 2	2	1	6,306	6,1	1,6	96,73
Load 3	3	1	3,936	3,5	1,8	88,93
Load 4	4	1	14,693	13,5	5,8	91,88
Load 5	5	1	10,707	9	5,8	84,06
Load 6	6	1	33,85	29,5	16,6	87,15
Load 7	7	1	15,717	14,9	5	94,8

Tablo 2. Test Sistemindeki Hatların Empedans Değerleri (Table 2. Impedance Values of Lines in the Test System)

Hat Adı	Baradan	Baraya	Gerilim Seviyesi	Baz MVA	Hat Empedansı (pu)	
					R	X
Line 1	1	3	1 kV	100 MVA	9,498	19,890
Line 2	1	2	1 kV	100 MVA	12,291	25,581
Line 3	1	4	1 kV	100 MVA	6,615	13,027
Line 4	6	5	1 kV	100 MVA	3,181	8,450
Line 5	6	7	1 kV	100 MVA	12,711	27,038
Line 6	3	5	1 kV	100 MVA	8,205	19,207
Line 7	2	4	1 kV	100 MVA	22,092	19,988
Line 8	4	7	1 kV	100 MVA	17,093	34,802

Tablo 3. Primer ve Yedek Röle Çiftleri (Table 3. Primary and Backup Relay Pairs)

Primer Röle	Yedek Röle	Primer Röle	Yedek Röle
1	4	8	12
	6	9	8
2	11	10	15
3	2	11	7
	6	12	1
4	14	13	3
5	2	14	5
	4		16
6	13	15	5
	16		13
7	10	16	9

2.3. Uygulanan Metot

Test sistemi, ETAP programında modellenmiştir. Arıza akımlarını ölçmek için üç fazlı simetrik arıza tipi kullanılmıştır. Arıza noktaları her rölenin hemen çıkışına konulmuştur. Böylece en yüksek arıza akımını görmek hedeflenmiştir. Her arıza noktası için ayrı ayrı arıza oluşturulmuştur. Her bir arıza sonucunda primer ve yedek rölelerin açma süreleri ölçülmüştür. Başlangıçta test sistemine bağlı olan yüklerin ETAP arayüzünde %100 motor yükü olduğu kabul edilmiştir ve aynı işlem, yük grubu %100 statik olacak şekilde değiştirilip tekrar arızalar

oluşturulmuştur. Daha sonra yükler, %50 motor yükü ve %50 statik yük olarak ayarlanıp test tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, aynı sistemde yük ayarları değiştirilmeden sadece röle TDS değerleri değiştirilerek sırasıyla %100 motor yükü ve %100 statik yük ayarları uygulanmış ve testin tekrarları yapılarak sonuçlar not alınmıştır. Bu işlem adımları “%30 motor %70 statik” ve “%70 motor %30 statik” yükler için tekrarlanmıştır. Yapılan yük değişimlerinde toplam yük miktarı değişmemektedir. Sadece yükün statik yük ve motor yükü arasındaki yüzdesinde yani toplam yük içerisindeki ağırlıklarında değişiklik yapılmaktadır. Simülasyon programında incelenen durumlar aşağıda listelenmiştir:

- Durum 1: %100 Motor Yükü
- Durum 2: %100 Statik Yük
- Durum 3: %50 Motor Yükü ve %50 Statik Yük
- Durum 4: %30 Motor Yükü ve %70 Statik Yük
- Durum 5: %70 Motor Yükü ve %30 Statik Yük
- Durum 6: Durum 3 için %100 Motor Yükü Ayarları
- Durum 7: Durum 3 için %100 Statik Yük Ayarları
- Durum 8: Durum 4 için %100 Motor Yükü Ayarları
- Durum 9: Durum 4 için %100 Statik Yük Ayarları
- Durum 10: Durum 5 için %100 Motor Yükü Ayarları
- Durum 11: Durum 5 için %100 Statik Yük Ayarları

Her bir adım öncesinde sistemdeki yük akımları ve arıza akımları alınıp rölelerin optimizasyonu için kullanılmışlardır. Bir sistemde yüzdesel olarak yüklerin statik veya motor ağırlıkları değiştiğinde, farklı ayar gruplarının kullanımı sonucu rölelerin bu durumlara cevabı araştırılmıştır, geçici olarak %100 motor yükü ayarları ya da %100 statik yük ayarları uygulamasının sonuçları karşılaştırılmıştır. Durum 1 ve Durum 2, rölelerin TDS ayarları açısından referans alınacak sistemlerin incelendiği çalışmalardır. Durum 3, Durum 4 ve Durum 5, sistemdeki yük ağırlıkları değiştirilerek elde edilen çalışmaları göstermektedir.

Bu durum incelemelerinin sonuçları da test edilmek istenen %100 motor ayarlarının uygulanmasında ve %100 statik yük ayarlarının uygulanmasında kendi içlerinde referans alınan çalışma olarak değerlendirilmiştir. Durum 1, Durum 2, Durum 3, Durum 4 ve Durum 5'teki çalışmalar optimal değerlere göre yapılmıştır. Durum 6, Durum 7, Durum 8, Durum 9, Durum 10 ve Durum 11 ise sistemin motor yükü ve statik yük açısından yüzdesel yük ağırlıkları bilinmediği takdirde sistemde yer alan rölelerin TDS değerlerini %100 motor yüküne ya da %100 statik yüke göre alıp açma sürelerini de bu ayar gruplarıyla hesaplayıp ilgili sistemin toplam açma süreleri ile bu eyleme karşı vereceği tepkinin araştırıldığı senaryolardır. Buradaki amaç tek bir ayar grubu kullanarak yüklerin statik ve motor yükü açısından ağırlığı bilinmeden sistemin koordinasyona uygun şekilde çalışmasının seçilen bir ayar grubu ile mümkün olup olmadığının incelenmesi vardır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Simülasyon programında elde edilen sonuçlar, tablolar halinde aşağıda verilmiştir. Her bir primer röle için rölenin yakınında oluşturulan arızaya göre açma süresi tespit edilip aynı rölenin yedek röle konumunda olanları için açma süreleri ölçülmüştür. Tüm primer röle için gerçekleştirilen bu adımların sonrasında ilgili duruma ait tablolar oluşturulmuştur. Sistemdeki tüm primer ve yedek rölelerin açma süreleri toplanarak "toplam röle açma süresi" değeri elde edilmiştir.

Yapılan simülasyonlar sonucunda incelenen her bir duruma ait toplam açma süreleri Tablo 4, Tablo 5, Tablo 6 ve Tablo 7'de verilmiştir. Durum 1 ve Durum 2 test sonuçları, hem toplam açma sürelerinin diğer durumlara göre karşılaştırmasını yapmak hem de Durum 1'de ve Durum 2'de kullanılan TDS ayar gruplarını elde ederek diğer durumlar üzerinde uygulamak için Tablo 4'te verilmiştir. İncelenmesi hedeflenen Durum 3, Durum 4 ve Durum 5'e ait test sonuçları, referans alınacak durumlar olarak seçilmiştir. Bu beş durum tamamen optimal röle ayar değerleri ile oluşturulmuştur. Geriye kalan test sonuçları ise çalışmanın hedefi doğrultusunda karşılaştırma yapılması istenen durumlar ile ilgilidir.

Tablo 4. Referans Alınacak Durumların Toplam Açma Sürelerinin Karşılaştırılması (Table 4. Comparison of Total Tripping Times of Reference Conditions)

İncelenen Durumlar	Primer Röle Açma Süresi (s)	Yedek Röle Açma Süresi (s)	Sistemin Toplam Röle Açma Süresi (s)
Durum 1: %100 Motor Yükü	18,21	30,038	48,248
Durum 2: %100 Statik Yük	19,535	32,225	51,76

Tablo 5. %50 Motor Yükü ve %50 Statik Yük İçin Toplam Açma Sürelerinin Karşılaştırılması (Table 5. Comparison of Total Tripping Times for 50% Motor Load and 50% Static Load)

İncelenen Durumlar	Primer Röle Açma Süresi (s)	Yedek Röle Açma Süresi (s)	Sistemin Toplam Röle Açma Süresi (s)	Toplam Röle Açma Süresinin Değişimi
Durum 3: %50 Motor Yükü ve %50 Statik Yük	22,25	36,746	58,996	---
Durum 6: Durum 3 için %100 Motor Yükü Ayarları Uygulaması	19,575	31,823	51,398	%-12,88
Durum 7: Durum 3 için %100 Statik Yük Ayarları Uygulaması	17,208	28,243	45,451	%-22,96

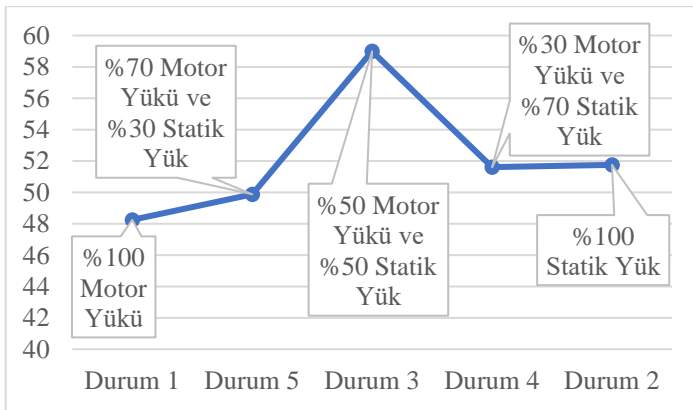
Tablo 6. %30 Motor Yükü ve %70 Statik Yük İçin Toplam Açma Sürelerinin Karşılaştırılması (Table 6. Comparison of Total Tripping Times for 30% Motor Load and 70% Static Load)

İncelenen Durumlar	Primer Röle Açma Süresi (s)	Yedek Röle Açma Süresi (s)	Sistemin Toplam Röle Açma Süresi (s)	Toplam Röle Açma Süresinin Değişimi
Durum 4: %30 Motor Yükü ve %70 Statik Yük	19,532	32,069	51,601	---
Durum 8: Durum 4 için %100 Motor Yükü Ayarları Uygulaması	20,145	33,062	53,207	%3,11
Durum 9: Durum 4 için %100 Statik Yük Ayarları Uygulaması	17,882	29,327	47,209	%-8,51

Tablo 7. %70 Motor Yüğü ve %30 Statik Yüğü İçin Toplam Açma Sürelerinin Karşılaştırılması (Table 7. Comparison of Total Trip Times for 70% Motor Load and 30% Static Load)

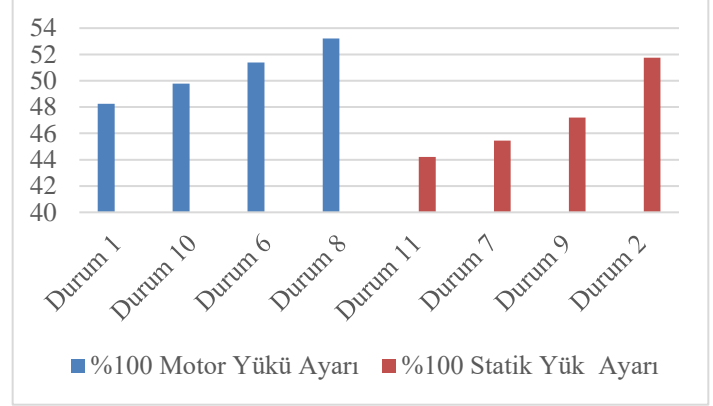
İncelenen Durumlar	Primer Röle Açma Süresi (s)	Yedek Röle Açma Süresi (s)	Sistemin Toplam Röle Açma Süresi (s)	Toplam Röle Açma Süresinin Değişimi
Durum 5: %70 Motor Yüğü ve %30 Statik Yüğü	18,859	31,016	49,875	---
Durum 10: Durum 5 için %100 Motor Yüğü Ayarları Uygulaması	18,83	30,948	49,778	%-0,19
Durum 11: Durum 5 için %100 Statik Yüğü Ayarları Uygulaması	16,729	27,477	44,206	%-11,37

Tablo 5, Tablo 6 ve Tablo 7’de “Toplam Röle Açma Süresinin Değişimi” sütunu bulunmaktadır. Bu sütundaki değerler, ilgili tablonun ilk sırasında bulunan o tabloya göre referans alınan duruma göre olan yüzdesel değişimi ifade etmektedir. Örneğin, Tablo 5’te optimal değerlerle incelenen %50 motor yüğü ve %50 statik yüğü ağırlığı ile Durum 3 referans alınmıştır ve Durum 6 ile Durum 7’deki toplam röle açma sürelerindeki artma ya da azalmalar Durum 3’e göre yüzdesel değişimler şeklinde ilgili sütunda belirtilmiştir. Burada +, açma süresindeki artmaya işaret ederken, - ise açma süresinde azalmayı göstermektedir.



Şekil 2. Referans Alınan Durumların Toplam Röle Açma Sürelerinin Karşılaştırılması (Figure 2. Comparison of Total Tripping Times of Reference Conditions)

Şekil 2’deki grafikte yük tipleri ile açma süresi arasındaki ilişkiyi inceleyebilmek için incelenen durumların sonuçları yük tiplerindeki oranların değişimine göre sıralanmıştır. Şekil 2’ye göre %50 motor yüğü ve %50 statik yüğü sahip sistem, en yüksek toplam röle açma süresine sahiptir. En düşük toplam röle açma süresi ise %100 motor yüğüne ait sistemdedir.



Şekil 3. Statik Yüğü Ayarı ve Motor Yüğü Ayarı Uygulamalarının Toplam Röle Açma Süresinin Karşılaştırılması (Figure 3. Comparison of Total Relay Tripping Time of Static Load Setting and Motor Load Setting Applications)

Şekil 3’te %100 motor yüğü ayarının kullanıldığı durumlar ile %100 statik yüğü ayarlarının kullanıldığı durumlar karşılaştırılmıştır. Durum 1 ve Durum 2, temel durumlar olduğu için grafikte referans olarak yer verilmiştir. %100 motor yüğü ayarlarını içeren sonuçlara göre sistemin sahip olduğu yük tipinde motor yüğü azaldıkça toplam röle açma süresi artmıştır. %100 statik yüğü ayarlarının sonuçlarına göre ise %100 motor yüğü sonuçlarının tersine bir durum ortaya çıkmıştır. Sistemde bulunan statik yüğü oranı arttıkça motor yüğüne göre toplam röle açma süresinin arttığı sonucuna varılabilir. Ayrıca aynı yük dağılımına sahip sistemlerde %100 motor yüğü ayarının kullanılması ile ortaya çıkan toplam açma süresi, %100 statik yüğü ayarları sonucu elde edilen açma sürelerinden her zaman fazla olduğu görülmektedir.

4. Sonuç

Tablo 4’teki sonuçlara göre optimizasyonu yapılmış olan %100 motor yüğü, %100 statik yüğü göre daha düşük açma süresi vermektedir. Buna karşın diğer yük dağılımlarının sonuçlarına bakıldığında diğer sistemlere uygulanan %100 statik yüğü ayarları aynı yük dağılımına sahip sistemin toplam açma süresini %100 motor ayarlarına göre daha çok düşürdüğü görülmektedir. Bununla birlikte %100 statik yüğü ayarları uygulanan durumlarda primer ve yedek rölelerin açma sürelerini göz önüne aldığımızda optimizasyonun gerekliliklerinden birisi olan KZP şartını sağlamadığı görülmüştür. %100 motor yüğü primer ve yedek röle açma süresi tablolarında ise %100 statik yüğü göre daha fazla röle bu şartı sağlarken tüm röleler bu kısıta uymadığı için bu ayar grubunun da her yerde kullanımı uygun görünmemektedir. Daha detaylı çalışmalar yapılarak röle açma süreleriyle uygulanan röle ayarları ve yük tipi arasındaki ilişkinin araştırılması gerekmektedir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler, gelecekte yapılacak çalışmalar için temel oluşturmuştur.

Gelecekteki çalışmalarda incelenen diğer yük dağılımlarına sahip Durum 3, Durum 4 ve Durum 5'teki ayar grupları, farklı yük dağılımları için denenip tek bir ayar grubu ile tüm sistemler için uygulanabilecek değerler aranmaya devam edilebilir. Sistemin tüm bileşenleri arıza akımlarını ve yük akımlarını etkilediği için test sisteminde bulunan Dağıtık Üretim kaynaklarının sayıları ve güçlerinin sistem üzerine dağılışının bu çalışma üzerindeki etkisinin olup olmadığının incelenmesi de hedefler arasında yer almaktadır. Ayrıca bulunması amaçlanan ayar grubu sayesinde rölelerin selektivitesinden ödün vermeden koruma yaklaşımı geliştirilebilir. Geliştirilen yeni koruma yaklaşımı, röle açma süresi açısından bir üst sınırı olmayan dağıtım şebekelerinde veya şebekeden bağımsız çalışabilen mikro şebekede tekrar tekrar optimizasyon problemi çözmeden röle ayarlarını kullanmaya imkan tanıyabilir.

Kaynakça

Abacı, K., Yalçın, M., & Gelberi, H. (2002). Elektriksel Yüklerin Dinamik Benzetimleri. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 77-81.

Alam, M. N. (2018). Adaptive protection coordination scheme using numerical directional overcurrent relays. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(1), 64-73.

Alkaran, D. S., Vatani, M. R., Sanjari, M. J., Gharehpetian, G. B., & Naderi, M. S. (2016). Optimal overcurrent relay coordination in interconnected networks by using fuzzy-based GA method. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 9(4), 3091-3101.

Amer, A. A., Abdelbaki Gouda, E., & Elmitwally, A. (2021). An Overview in Protection Coordination Methods for Mitigation DGs Penetration in Distribution System.(Dept. E). *MEJ. Mansoura Engineering Journal*, 46(4), 53-64.

Arif, A., Wang, Z., Wang, J., Mather, B., Bashualdo, H., & Zhao, D. (2017). Load modeling—A review. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 9(6), 5986-5999.

Bawayan, H., & Younis, M. (2021). Microgrid Protection through Adaptive Overcurrent Relay Coordination. *Electricity*, 2(4), 524-553.

Chattopadhyay, B., Sachdev, M. S., & Sidhu, T. S. (1996). An on-line relay coordination algorithm for adaptive protection using linear programming technique. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 11(1), 165-173.

Coffe, F., Booth, C., & Dýsko, A. (2014). An adaptive overcurrent protection scheme for distribution networks. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 30(2), 561-568.

Darabi, A., Bagheri, M., & Gharehpetian, G. B. (2020). Dual feasible direction-finding nonlinear programming combined with metaheuristic approaches for exact overcurrent relay coordination. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 114, 105420.

Elrafie, H. B., & Irving, M. R. (1993). Linear programming for directional overcurrent relay coordination in interconnected power systems with constraint relaxation. *Electric power systems research*, 27(3), 209-216.

Evkay, I., Ashraf, S., Baysal, M., Selamogullari, U. S., & Hasan, O. (2020, October). Single Dual Setting Directional Overcurrent Relay Based Line Protection Logic for Distributed Generation Integrated Power Systems. In 2020 2nd Global Power, Energy and Communication Conference (GPECOM) (pp. 245-250). IEEE.

Gairola, E., & Rawat, M. S. (2021, December). An Extensive Review On Microgrid Protection Issues, Techniques And

Solutions. In 2021 9th IEEE International Conference on Power Systems (ICPS) (pp. 1-6). IEEE.

Horak, J., & Babic, W. (2006, April). Directional Overcurrent Relaying (67) Concepts. In 2006 IEEE Rural Electric Power Conference (pp. 1-8). IEEE.

Hou, J., Xu, Z., & Dong, Z. Y. (2011, July). Load modeling practice in a smart grid environment. In 2011 4th International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT) (pp. 7-13). IEEE.

Khanbabapour, S., & Golshan, M. H. (2016). Synchronous DG planning for simultaneous improvement of technical, overcurrent, and timely anti-islanding protection indices of the network to preserve protection coordination. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 32(1), 474-483.

Kumar, D. S., Srinivasan, D., Sharma, A., & Reindl, T. (2018). Adaptive directional overcurrent relaying scheme for meshed distribution networks. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 12(13), 3212-3220.

Oğuz, E., Ateş, Y., & Hekimoğlu, M. (2019). Yeni Nesil Elektrik Dağıtım Şebekeleri İçin Çok Fonksiyonlu Dijital Aşırı Akım Rölesi Tasarımı ve Geliştirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16), 915-924.

Prabhu, J. A. X., Sharma, S., Nataraj, M., & Tripathi, D. P. (2016, March). Design of electrical system based on load flow analysis using ETAP for IEC projects. In 2016 IEEE 6th International Conference on Power Systems (ICPS) (pp. 1-6). IEEE.

Sharaf, H. M., Zeineldin, H. H., Ibrahim, D. K., & Essam, E. L. (2015). A proposed coordination strategy for meshed distribution systems with DG considering user-defined characteristics of directional inverse time overcurrent relays. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 100(65), 49-58.

Sharaf, H. M., Zeineldin, H. H., & El-Saadany, E. (2016). Protection coordination for microgrids with grid-connected and islanded capabilities using communication assisted dual setting directional overcurrent relays. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 9(1), 143-151.

Soroudi A. (2017) Introduction to Programming in GAMS. In: Power System Optimization Modeling in GAMS. Springer, Cham.

Srinivas, S. T. P., & Swarup, K. S. (2019). A new mixed integer linear programming formulation for protection relay coordination using disjunctive inequalities. *IEEE Power and Energy Technology Systems Journal*, 6(2), 104-112.

Std, I. (1989). 60255-3. Electrical relays-Part 3: Single input energizing quantity measuring relays with dependent or independent time.

Tresnadi, H. A., Nugroho, T. A., Abdillah, M., & Pertiwi, N. I. (2021, September). Coordination of Directional Overcurrent Relay Using PSO-DE Algorithm. In 2021 International Conference on Technology and Policy in Energy and Electric Power (ICT-PEP) (pp. 412-417). IEEE.

Urdaneta, A. J., Nadira, R., & Jimenez, L. P. (1988). Optimal coordination of directional overcurrent relays in interconnected power systems. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 3(3), 903-911.

Yang, H., Wen, F., & Ledwich, G. (2013). Optimal coordination of overcurrent relays in distribution systems with distributed generators based on differential evolution algorithm. *International transactions on electrical energy systems*, 23(1), 1-12.

- Yazdanejadi, A., Nazarpour, D., & Golshannavaz, S. (2017). Dual-setting directional over-current relays: An optimal coordination in multiple source meshed distribution networks. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 100(86), 163-176.
- Zeienldin, H., El-Saadany, E. F., & Salama, M. A. (2004, July). A novel problem formulation for directional overcurrent relay coordination. In *2004 Large Engineering Systems Conference on Power Engineering (IEEE Cat. No. 04EX819)* (pp. 48-52). IEEE.



¹³⁷Cs Concentration In Soils Collected From Bulgaria-Turkey Border Region

Selin Özden Özsoy^{1*}

^{1*} Kırklareli University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Physics, Kırklareli, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3860-8444), selinnozden@gmail.com

(First received 10 December 2021 and in final form 25 January 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1055855)

ATIF/REFERENCE: Özden Özsoy, S. (2022). ¹³⁷Cs Concentration In Soils Collected From Bulgaria-Turkey Border Region. *European Journal of Science and Technology*, (33), 244-250.

Abstract

The Chernobyl accident caused artificial radioactive contamination, especially artificial ¹³⁷Cs radionuclide contamination. Due to having long half-life, ¹³⁷Cs still continues to remain in soils. In the present study, the surface soil samples were collected from various locations in Bulgaria-Turkey border. The activity concentrations of ¹³⁷Cs in collected soil samples were determined. In order to investigate the radiological hazard; the dose rates and the annual effective dose rates were estimated. The activity concentrations of artificial ¹³⁷Cs radionuclide in soils were found to range from 1.71±0.18 Bq kg⁻¹ to 6.99±0.66 Bq kg⁻¹. The mean values of absorbed dose rates, outdoor and indoor annual effective dose rates were found to be 0.10, 4.19, and 16.77 μSv y⁻¹, respectively. The dose rates and the annual effective dose rates were below the worldwide limit values reported by UNSCEAR and ICRP. In addition, statistical data were estimated, frequency distribution and Q-Q plot were used to assess ¹³⁷Cs distribution.

Keywords: ¹³⁷Cs, Artificial radionuclides, Soil, Activity concentration, HPGe detector.

Bulgaristan-Türkiye Sınır Bölgesinden Toplanan Topraklarda ¹³⁷Cs Konsantrasyonu

Öz

Chernobyl kazası yapay radyoaktif kirliliğe, özellikle yapay ¹³⁷Cs radyonüklid kirliliğine neden olmuştur. ¹³⁷Cs, uzun yarılanma ömrüne sahip olması nedeniyle hala topraklarda bulunmaktadır. Bu çalışmada, yüzey toprak örnekleri Bulgaristan-Türkiye sınırında farklı konumlardan toplanmıştır. Toplanan topraklarda ¹³⁷Cs aktivite konsantrasyonları hesaplanmıştır. Radyolojik tehlikeyi belirlemek için doz oranları ve yıllık etkin doz oranları tahminleri yapılmıştır. Topraklardaki yapay ¹³⁷Cs radyonüklid aktivite konsantrasyonları 1.71±0.18 Bq kg⁻¹ ile 6.99±0.66 Bq kg⁻¹ aralığında bulunmuştur. Soğurulan doz oranları, açık hava ve bina içi yıllık etkin doz oranlarının ortalama değerleri sırasıyla 0.10, 4.19, and 16.77 μSv y⁻¹ bulunmuştur. Doz oranları ve yıllık etkin doz oranları, UNSCEAR ve ICRP tarafından raporlanan dünya genelindeki limit değerlerinden daha düşüktür. Ek olarak, istatistiksel veriler hesaplanmış, ¹³⁷Cs dağılımını belirlemek için frekans dağılımı ve Q-Q çizimi kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: ¹³⁷Cs, Yapay radyonüklidler, Toprak, Aktivite konsantrasyonu, HPGe dedektör.

* Corresponding Author: selinnozden@gmail.com

1. Introduction

Natural and artificial radionuclide contents in soil are the main sources of radiation. Natural radionuclide contents have existed since the beginning of the universe in the earth's crust. ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K and ^{238}U are main radionuclides to exposure natural radiation and can be found in all types of rocks, sand, granite (Mavi and Akkurt, 2010; Aközcan, 2012; Günay, 2018). On the other hand, artificial radionuclides have been spread out to environment by nuclear weapon tests and nuclear accidents (El Samad et al 2013).

The Chernobyl disaster that occurred on 26 April 1986 was the most serious nuclear reactor accident. Although, there have been nuclear reactor accidents in the history such as Fukushima Daiichi, Windscale Piles and Three Mile Island accidents, especially the Chernobyl disaster changed the destiny of humanity.

The Chernobyl accident caused artificial radioactive contamination across a large area in the Earth's environment (Obha et al. 2021; Hasegawa et al. 2015). As with many European countries, Bulgaria and Turkey have been affected by the artificial radioactive contamination in relatively high degree (Zhiyanski et al. 2008; Ozyar 2003). Thrace and North-Eastern Blacksea Region are mainly affected areas in Turkey. Radioactive clouds reached to North-Eastern Blacksea Region in 28th April and reached to Thrace region in 1st May (Ozyar 2003).

Many artificial radionuclides have been released to the environment due to the Chernobyl accident. Radiocaesium is the most important one that soils were heavily contaminated by fallout (Rosen et al. 1999). Radiocaesium includes the two long-lived isotopes of ^{134}Cs (half-life is 2.07 years) and ^{137}Cs (half-life is 30.17 years) (Mori et al. 2013). Being a longer-lived isotope, ^{137}Cs will continue to remain in soils and will be detected for many years.

Artificial ^{137}Cs radionuclide binds and fixes in soil, transfers to plants and the food chain. Exposure to ^{137}Cs can have unhealthy consequences that increases the risk of cancer (Krstic and Nikezic 2006; Paul et al. 2014; Günay and Abamor 2019).

This study focuses on the investigation of contaminated soils due to the Chernobyl accident after 35 years. The soil samples were collected from various locations in Bulgaria-Turkey border to evaluate the activity of artificial ^{137}Cs radionuclide. The surface soil samples counted for ^{137}Cs using High-Purity Germanium detector (HPGe). To understand the health effect of ^{137}Cs contamination due to Chernobyl disaster after 35 years, the dose rates and the annual effective doses were estimated. Statistical analysis of artificial ^{137}Cs activity concentrations were applied to indicate the distribution of radiologic data set.

2. Material and Method

2.1. Sample Preparation

Soil samples were collected from the surface layer (10 cm depth) at 17 different locations in Bulgaria-Turkey border region. The study area is shown in Figure 1. The collected surface soil samples were dried at 105 °C for 24 h in an oven. Dried samples were sieved through a 2 mm mesh to remove impurities. The soil samples were placed in 500 mL polyethylene containers and waited for more than a month in order to reach secular equilibrium before gamma spectrometric analysis.

2.2. Sample Measurements

A coaxial high-purity germanium gamma ray detector (Ortec GEM70P4-95) was used to obtain artificial ^{137}Cs activity concentrations. GammaVision-32 software programme was used to analyze activity concentrations. The detector has a 70% relative efficiency in multi-layered coating. The calibrations were carried out using a certified cylindrical shape multi-nuclide standard source. Source has 1300 mL volume with 1.0 g cm⁻³ density. The activity levels of ^{241}Am , ^{109}Cd , ^{57}Co , ^{123}mTe , ^{51}Cr , ^{113}Sn , ^{85}Sr , ^{137}Cs , ^{88}Y , ^{60}Co were used to perform the energy and efficiency calibrations and energy range was between 80 and 2500 keV.



Figure 1. Study area

2.3. Determination of Soil Radioactivity

After equilibrium, each soil samples were counted for 160000 s. The activity of ^{137}Cs was assessed from the gamma-ray determined using 661.66 keV peak. The activity concentrations of ^{137}Cs in the surface soil samples were estimated by;

$$A (\text{Bq kg}^{-1}) = C / (\epsilon \times I_\gamma \times m) \quad (1)$$

In equation, A is the specific activity (Bq kg⁻¹), C is the net counting rate (CPS), ϵ is gamma-ray detection efficiency, I_γ is the emission probability, m is the mass of the soil sample in kg.

2.4. Estimation of Dose Rates

To estimate the absorbed dose rate in outdoor air (nGy h⁻¹) due to artificial ^{137}Cs radionuclide, the following equation was used:

$$D = 0.03x A \quad (2)$$

where, D is the absorbed dose rate (nGy h^{-1}), A is the specific activity and $0.03 (\text{nGy h}^{-1}/\text{Bq kg}^{-1})$ is the dose conversion factor for ^{137}Cs activity (Rafique, 2014; Kaynar, 2018; UNSCEAR, 2000)

The annual effective dose rate (E) in $\mu\text{Sv y}^{-1}$ was estimated by following relation:

$$E = Q \times T \times OF \times D \times 10^{-3} \quad (3)$$

In the relation, Q is the conversion factor ($Q = 0.7 \text{ Sv Gy}^{-1}$) to convert the absorbed dose in outdoor air to the annual effective dose, T is the number of hours in a year (8760 h), OF is the occupancy factor for outdoor air (0.2) and for indoor air (0.8) (Rafique, 2014; Kaynar, 2018; UNSCEAR, 2000).

3. Results and Discussion

The contour map of ^{137}Cs activity concentrations in soil samples collected from Bulgaria-Turkey border is given in Figure 2. The contour map was plotted using Surfer programme. The activity concentrations of ^{137}Cs are given in $\text{Bq kg}^{-1}\text{d.w}$. The lowest ^{137}Cs concentration was found at location $41^{\circ} 56'99'' \text{ N}$, $27^{\circ} 8'79'' \text{ E}$ and the highest one was found at $41^{\circ} 50'57'' \text{ N}$, $27^{\circ} 10'77'' \text{ E}$.

The activity concentrations of ^{137}Cs in the soil samples collected from Bulgaria-Turkey border are summarized in Table 1. In Figure 3, ^{137}Cs activity concentrations of in soil samples are compared with each other. As given in Table 1 and Figure 3, the highest activity concentration value of fallout ^{137}Cs was observed as $6.99 \pm 0.66 \text{ Bq kg}^{-1}\text{d.w}$ for BR4 sample, whereas the lowest activity concentration value of fallout ^{137}Cs was observed as $1.71 \pm 0.18 \text{ Bq kg}^{-1}\text{d.w}$ for BR10 sample.

High ^{137}Cs activity concentration results in surface soil samples can be explained by collected areas are rich in organic matter (Karadeniz and Yaprak 2007).

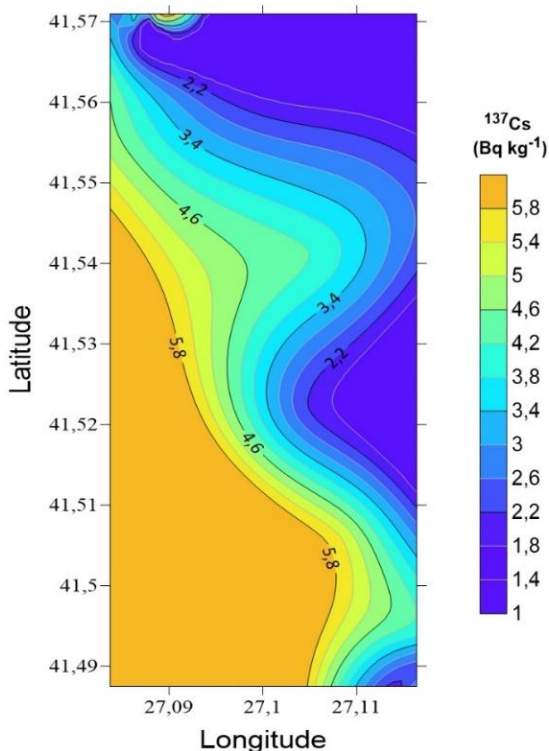


Figure 2. The distribution map of ^{137}Cs activity concentrations

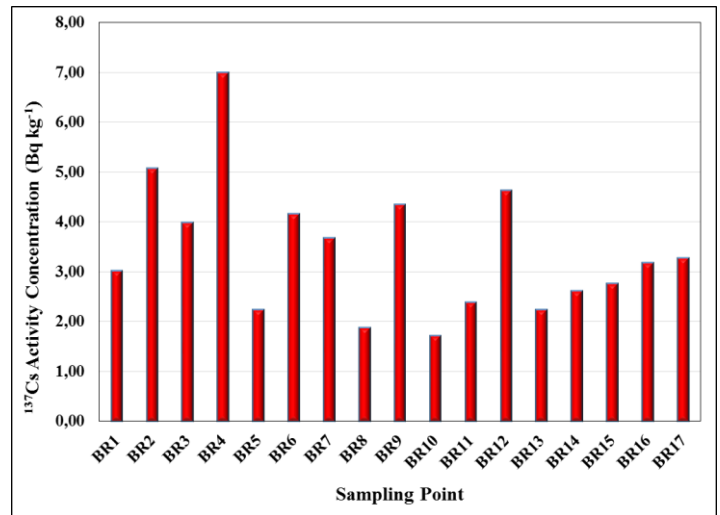


Figure 3. The activity concentrations of ^{137}Cs

The absorbed dose rates (D) in outdoor air (nGy h^{-1}) and the annual effective dose rates (E) in $\mu\text{Sv y}^{-1}$ were calculated using activity concentrations of artificial ^{137}Cs radionuclide in surface soil samples and estimated values were given in Figure 4 and 5. The absorbed dose rates ranged 0.05 nGy h^{-1} to 0.21 nGy h^{-1} . The mean value of absorbed dose rates was found as 0.10 nGy h^{-1} . The determined values showed that the annual effective dose rates for outdoor air varied from $2.10 \mu\text{Sv y}^{-1}$ to $8.57 \mu\text{Sv y}^{-1}$ with a mean value of $4.19 \mu\text{Sv y}^{-1}$. In addition, the annual effective dose rates for indoor air varied from 8.39 to $34.29 \mu\text{Sv y}^{-1}$, with a mean value of $16.77 \mu\text{Sv y}^{-1}$. The estimated absorbed dose rates in outdoor air, annual effective dose rates in outdoor and indoor air are given in detail for each sampling point in Table 1. The determined annual effective dose rates are lower than the worldwide standard value ($70 \mu\text{Sv y}^{-1}$) reported by UNSCEAR.

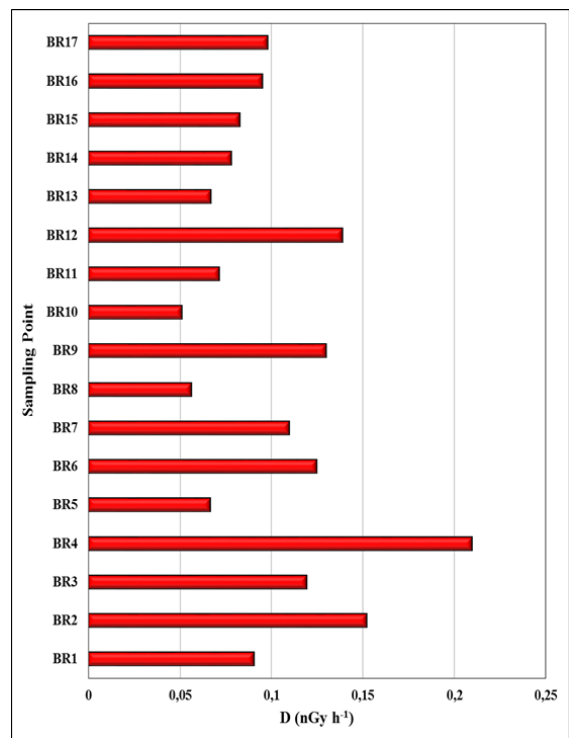


Figure 4. Estimated mean the absorbed dose rates due to ^{137}Cs in Bulgaria-Turkey border

Table 1. The activity concentrations of ^{137}Cs , dose rates and annual effective doses due to ^{137}Cs (Bq kg^{-1})

Sample ID	Activity Concentrations (Bq kg^{-1})	Dose Rates (nGy h^{-1})	Annual Effective Dose Rates ($\mu\text{Sv y}^{-1}$)	
			Outdoor	Indoor
BR1	3.02±0.43	0.09	3.70	14.81
BR2	5.07±0.48	0.15	6.22	24.87
BR3	3.98±0.29	0.12	4.88	19.52
BR4	6.99±0.66	0.21	8.57	34.29
BR5	2.23±0.37	0.07	2.73	10.94
BR6	4.16±0.37	0.12	5.10	20.41
BR7	3.67±0.45	0.11	4.50	18.00
BR8	1.88±0.86	0.06	2.31	9.22
BR9	4.34±0.18	0.13	5.32	21.29
BR10	1.71±0.18	0.05	2.10	8.39
BR11	2.39±0.42	0.07	2.93	11.72
BR12	4.63±0.49	0.14	5.68	22.71
BR13	2.24±0.71	0.07	2.75	10.99
BR14	2.61±0.38	0.08	3.20	12.80
BR15	2.76±0.41	0.08	3.38	13.54
BR16	3.18±0.23	0.10	3.90	15.60
BR17	3.27±0.54	0.10	4.01	16.04
Range	1.71±0.18-6.99±0.66	0.05-0.21	2.10-8.57	8.39-34.29
Mean	3.42±0.44	0.10	4.19	16.77

Table 2. Comparison of activity concentrations and annual effective dose rates with other studies

Country	^{137}Cs (Bq kg^{-1})	E ($\mu\text{Sv y}^{-1}$)	Reference
Saudi Arabia	0.80–3.10	0.00005-0.0008	(Alaamer, 2012)
Lebanon	23.90-119.20	19.3-91.6	(El Samad et al., 2007)
Pakistan	0.076–2.94	0.0123–0.54	(Rafique, 2014)
Hungary	2.30-13.60	-	(Tserendorj et al., 2021)
Ordu (Turkey)	67.40–275.30	2.50–10.10	(Celik et al., 2010)
Black Sea (Turkey)	26.80–774.70	0.98–28.11	(Cevik et al., 2009)
Manisa (Turkey)	3.61–124.14	3.66–13.81	(Kaynar, 2018)
Marmara Region (Turkey)	0.92-153.72	-	(Kılıç et al., 2008)
Ayvacık (Turkey)	4.00-134	-	(Top et al., 2021)
Adana (Turkey)	0.10 to 28.00	-	(Degerlier et al., 2008)
Mersin (Turkey)	1.80-86.20	-	(Karataşlı et al., 2016)
Küçük Menderes Basin (Turkey)	2.31–7.75	-	(Aközcan, 2014)
Büyük Menderes Basin (Turkey)	2.81-20.75	-	(Aslani et al., 2003)
Thrace Region (Turkey)	3.05-46.78	-	(Aközcan et al., 2014)
Anatolian Side of Istanbul (Turkey)	0.74-6.21	-	(Günay and Aközcan 2018)
Istanbul-Sarıyer (Turkey)	1.70-16.43	-	(Günay and Canel 2019)
Bulgaria-Turkey Border	1.71-6.99	10.49-42.86	Present Work

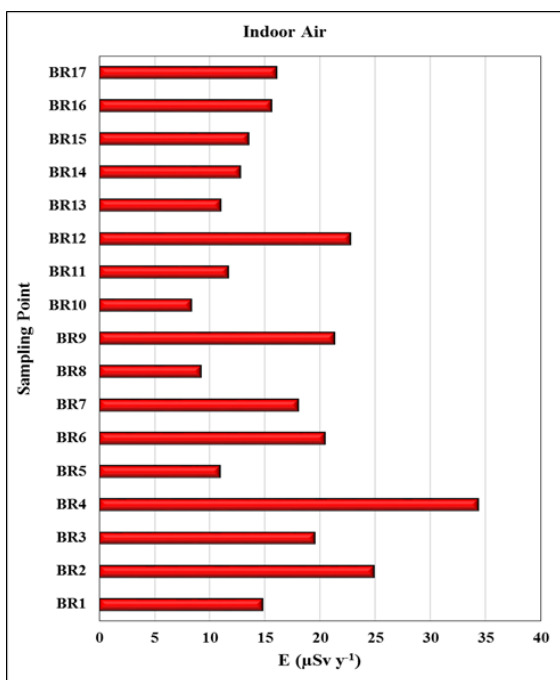
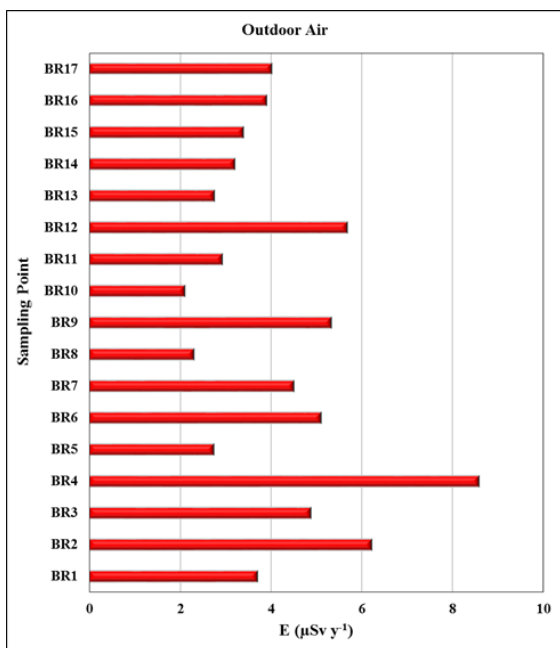


Figure 5. Annual effective doses of ¹³⁷Cs in Bulgaria-Turkey border

Comparison of the activity concentrations of artificial ¹³⁷Cs radionuclide in soil samples and estimated indoor annual effective dose plus outdoor annual effective dose rate in this study with other studies was given in Table 2. The measured ¹³⁷Cs activity concentration was found lower than Black Sea (27–775 Bq kg⁻¹), Manisa (3.61–124.14 Bq kg⁻¹), Ordu (67.40–275.30 Bq kg⁻¹) in Turkey and Lebanon (23.90–119.20 Bq kg⁻¹). Some of concentration levels in this study were found higher than Saudi Arabia, Pakistan, Hungary, Marmara Region (Turkey), Ayvacık (Turkey), Mersin (Turkey), Küçük Menderes Basin (Turkey), Büyük Menderes Basin (Turkey), Thrace Region (Turkey), Anatolian Side of Istanbul (Turkey) and Istanbul-Sarıyer (Turkey). Activity concentration values obtained in the present study was almost in the same range with the results obtained in Anatolian Side of Istanbul (Turkey). The maximum value of annual effective dose (42.86 μSv y⁻¹) in this study was found

higher than the values obtained for Saudi Arabia, Pakistan, Ordu (Turkey), Eastern Black Sea (Turkey) and Manisa (Turkey) but lower than Lebanon.

In addition, statistical analysis were performed to understand the behavior of the data of artificial ¹³⁷Cs activity concentration. Statistical software (SPSS 25.0) was used to obtain information about the data. Mean, median, variance, skewness and kurtosis were calculated and the results are given in Table 3.

Table 3. Statistical data for assessed parameters in soil samples

Variables	Results
Mean	3.42
Median	3.18
Std. Deviation	1.35
Skewness	1.13
Kurtosis	1.62
Minimum	1.71
Maximum	6.99
Range	5.28

As seen in Table 3, mean and median of the data was found as 3.42 and 3.18, respectively. Skewness of the data gives information about the distribution. Skewness of ¹³⁷Cs was found as a positive value (1.13). Positive value of skewness shows that the peak of the distribution is right of mean value and the data are highly skewed (>1). Kurtosis of the data provides information about the probability distribution rate. Kurtosis was found as a positive value (1.62). Positive value of kurtosis indicates relatively peaked distribution.

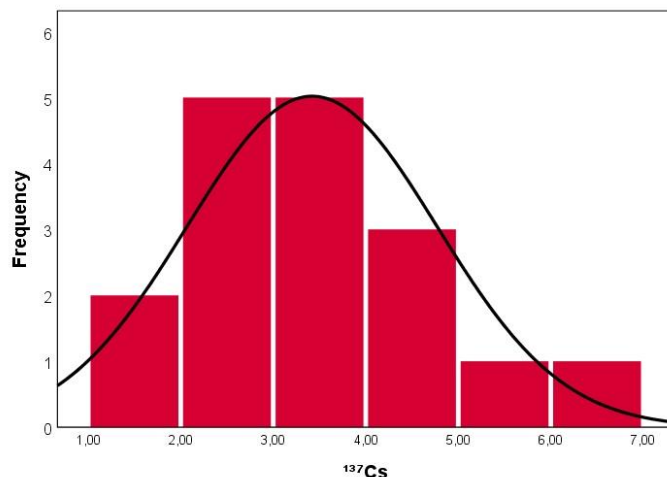


Figure 6. Frequency distribution of ¹³⁷Cs in soil samples

The frequency distribution of ¹³⁷Cs in soil samples is given in Figure 6. The frequency distribution shows that radionuclides demonstrate multimodality characteristic with log-normal distribution. The multimodality characteristic of distribution shows the complexity of radionuclide in soil samples. In addition, to identify type of distribution, quantile-quantile plot (Q-Q plot) of ¹³⁷Cs was examined and given in Figure 7. As seen in plot, the points line approximately along reference line. It can be supposed that the obtained data for ¹³⁷Cs activity concentration show normal distribution.

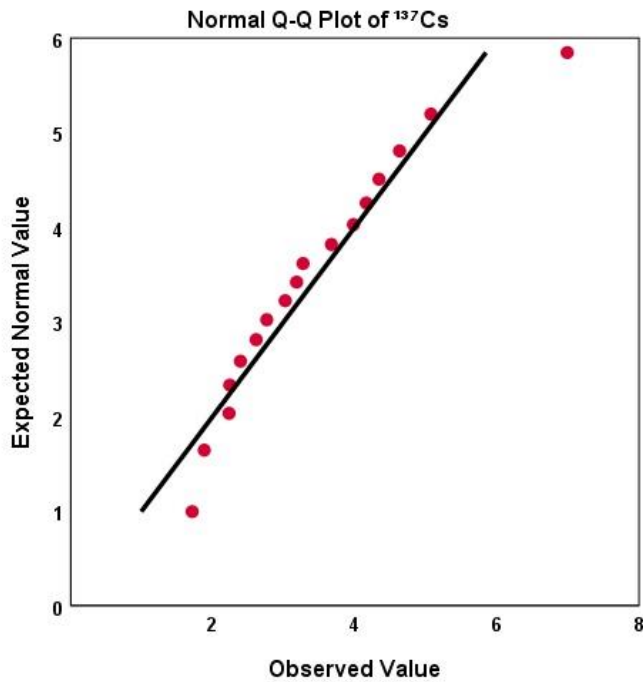


Figure 7. Q-Q plot of ^{137}Cs in soil samples

4. Conclusions and Recommendations

In the present study, the activity concentrations of ^{137}Cs in soil samples collected from Bulgaria-Turkey border were measured. The activity concentration levels of ^{137}Cs in surface soil samples were found to range from $1.71 \pm 0.18 \text{ Bq kg}^{-1}$ to $6.99 \pm 0.66 \text{ Bq kg}^{-1}$. The mean activity concentration value was calculated as $3.42 \pm 0.44 \text{ Bq kg}^{-1}$. The absorbed dose rates, the outdoor and indoor annual effective dose rates due to ^{137}Cs for soil samples were estimated. The mean values of absorbed dose rates, outdoor and indoor annual effective dose rates of the soil samples were found to be 0.10, 4.19, and $16.77 \mu\text{Sv y}^{-1}$, respectively. Estimated data were found lower than the worldwide standard value of annual dose ($70 \mu\text{Sv y}^{-1}$) and recommended annual dose rate limit (1 mSv y^{-1}) (UNSCEAR 2000, Smith, 1991).

In addition, statistical analysis were performed to understand the distribution of ^{137}Cs activity concentration. Skewness of the data showed that the peak of the distribution is right of the mean value and kurtosis of the data indicated relatively peaked distribution. The frequency distribution and also Q-Q plot showed the multimodality characteristic of distribution and normal normal distribution, respectively.

The measurements and analysis showed that the studied regions are contaminated with ^{137}Cs . Results in this study will be indicated in important data for the contaminated soils due to the Chernobyl accident after 35 years.

5. Acknowledge

This work was carried out using HPGe detector at the Central Research Laboratory of Kırklareli University.

References

- Aközcan, S. (2014). Natural and artificial radioactivity levels and hazards of soils in the Küçük Menderes Basin, Turkey. *Environmental earth sciences*, 71(10), 4611-4614.
- Aközcan, S. (2012). Distribution of natural radionuclide concentrations in sediment samples in Didim and Izmir Bay (Aegean Sea-Turkey). *Journal of Environmental Radioactivity*, 112, 60-63.
- Aközcan, S., Yılmaz, M., & Külahcı, F. (2014). Dose rates and seasonal variations of ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra and ^{40}K and ^{137}Cs radionuclides in soils along Thrace, Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 299(1), 95-101.
- Alaamer, A. S. (2012). Characterization of ^{137}Cs in Riyadh Saudi Arabia Soil Samples.
- Aslani, M. A., Aytas, S., Akyil, S., Yaprak, G., Yener, G., & Eral, M. (2003). Activity concentration of caesium-137 in agricultural soils. *Journal of environmental radioactivity*, 65(2), 131-145.
- Çelik, N., Damla, N., & Çevik, U. (2010). Gamma ray concentrations in soil and building materials in Ordu, Turkey. *Radiation Effects & Defects in Solids: Incorporating Plasma Science & Plasma Technology*, 165(1), 1-10.
- Cevik, U. G. U. R., Celik, N., Celik, A., Damla, N., & Coskuncelebi, K. (2009). Radioactivity and heavy metal levels in hazelnut growing in the Eastern Black Sea Region of Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 47(9), 2351-2355.
- Degerlier, M., Karahan, G., & Ozger, G. (2008). Radioactivity concentrations and dose assessment for soil samples around Adana, Turkey. *Journal of environmental radioactivity*, 99(7), 1018-1025.
- El Samad, O., Baydoun, R., Nsouli, B., & Darwish, T. (2013). Determination of natural and artificial radioactivity in soil at North Lebanon province. *Journal of environmental radioactivity*, 125, 36-39.
- El Samad, O., Zahraman, K., Baydoun, R., & Nasreddine, M. (2007). Analysis of radiocaesium in the Lebanese soil one decade after the Chernobyl accident. *Journal of environmental radioactivity*, 92(2), 72-79.
- Günay, O. (2018). Assessment of lifetime cancer risk from natural radioactivity levels in Kadikoy and Uskudar District of Istanbul. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(24), 1-6.
- Günay, O., & Abamor, E. (2019). Environmental radiation dose rate arising from patients of PET/CT. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(9), 5177-5184.
- Günay, O., & Aközcan, S. (2018). İstanbul Boğazi'nda ^{137}Cs Konsantrasyonunun Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (14), 54-60.
- Günay, O., & Canel, E. K. E. (2019). İstanbul-Sarıyer İlçesindeki Bazı Toprak Örneklerinde Cs-137 Konsantrasyonunun Belirlenmesi. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1), 29-39.
- Hasegawa, A., Tanigawa, K., Ohtsuru, A., Yabe, H., Maeda, M., Shigemura, J., ... & Chhem, R. K. (2015). Health effects of radiation and other health problems in the aftermath of nuclear accidents, with an emphasis on Fukushima. *The Lancet*, 386(9992), 479-488.
- Karadeniz, Ö., & Yaprak, G. 2007. "Dynamic equilibrium of radiocaesium with stable caesium within the soil-mushroom system in Turkish pine forest." *Environmental Pollution* 148(1), 316-324.
- Karataşlı, M., Turhan, Ş., Varinlioğlu, A., & Yeğingil, Z. E. H. R. A. (2016). Natural and fallout radioactivity levels and

- radiation hazard evaluation in soil samples. *Environmental Earth Sciences*, 75(5), 424.
- Kaynar, S. Ç. (2018). Annual effective dose values from 137 Cs activity concentrations in soils of Manisa, Turkey. *Nuclear Science and Techniques*, 29(7), 1-7.
- Krstic, D., & Nikezic, D. (2006). External doses to humans from 137Cs in soil. *Health physics*, 91(3), 249-257.
- Kılıç, Ö., Belivermiş, M., Topçuoğlu, S., Cotuk, Y., Coşkun, M., Çayır, A., & Küçer, R. (2008). Radioactivity concentrations and dose assessment in surface soil samples from east and south of Marmara region, Turkey. *Radiation protection dosimetry*, 128(3), 324-330.
- Mavi, B., & Akkurt, I. (2010). Natural radioactivity and radiation hazards in some building materials used in Isparta, Turkey. *Radiation Physics and Chemistry*, 79(9), 933-937.
- Mori, T., Akamatsu, M., Okamoto, K., Sumita, M., Tateyama, Y., Sakai, H., ... & Ariga, K. (2013). Micrometer-level naked-eye detection of caesium particulates in the solid state. *Science and technology of advanced materials*.
- Ohba, T., Tanigawa, K., & Liutsko, L. (2021). Evacuation after a nuclear accident: Critical reviews of past nuclear accidents and proposal for future planning. *Environment international*, 148, 106379.
- Ozyar, E. (2003). Effects of Chernobyl accident on Turkey. In *Environmental Protection Against Radioactive Pollution* (pp. 85-88). Springer, Dordrecht.
- Paul, S., Ghandhi, S. A., Weber, W., Doyle-Eisele, M., Melo, D., Guilmette, R., & Amundson, S. A. (2014). Gene expression response of mice after a single dose of 137CS as an internal emitter. *Radiation research*, 182(4), 380-389.
- Rafique, M. (2014). Cesium-137 activity concentrations in soil and brick samples of Mirpur, Azad Kashmir; Pakistan. *International Journal of Radiation Research*, 12(1), 39.
- Rosén, K., Öborn, I., & Lönsjö, H. (1999). Migration of radiocaesium in Swedish soil profiles after the Chernobyl accident, 1987–1995. *Journal of Environmental Radioactivity*, 46(1), 45-66.
- Smith, H. (1991). *1990 recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. International Commission on Radiological Protection.
- Tserendorj, D., Szabó, K. Z. S., Völgyesi, P. V., Abbaszade, G., Salazar, N., Zacháry, D., ... & Szabó, C. (2021). *Comparative study of Cs-137 activity concentration between attic dust and urban soil from Salgotarjan city, Hungary* (No. EGU21-16233). Copernicus Meetings.
- Top, G., Örgün, Y., Ayazlı, I. E., Belivermiş, M., Karacık, Z., & Kampfl, G. (2021). Determination of Ra-226, Th-232, K-40 and Cs-137 Activities in Soils and Beach Sands and Related External Gamma Doses in Arikli Mineralization Area (Ayvacik/Turkey). *Radiation Protection Dosimetry*, 193(3-4), 137-154.
- UNSCEAR, Sources and Effects of Ionizing Radiation. (2000). United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation Report Vol. 1 to the General Assembly, with Scientific Annexes.
- Zhiyanski, M., Bech, J., Sokolovska, M., Lucot, E., Bech, J., & Badot, P. M. (2008). Cs-137 distribution in forest floor and surface soil layers from two mountainous regions in Bulgaria. *Journal of Geochemical Exploration*, 96(2-3), 256-266.



Kaynak Uygulamaları Sonucunda Gemi Saclarında Meydana Gelen Distorsiyon ve Çarpılmaların Önlenmesine Yönelik Çalışmalar

Sıtkı Çırtlık^{1*}, Ömer Savaş²

^{1*} Sedef Gemi ARGE Merkezi, Tuzla, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9476-8752), SITKI.CIRTLIK@sedefshipyard.com

² Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7457-1457), o.savas@yildiz.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 17 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 25 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1059275)

ATIF/REFERENCE: Çırtlık, S. & Savaş, Ö. (2022). Gemi ve Deniz Yapılarında Kaynak Uygulamaları Sonucunda İstenmeyen Şekil Değişimlerin ve Artık Gerilmelerin Önlenmesine Yönelik Çalışmalar. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 251-257.

Öz

Bu çalışmada, 10 mm kalınlıkta A grade AH 36 tip gemi imalatı sac parçaları toz altı kaynak methodu ile birleştirilmesi neticesinde ortaya çıkan çarpılma miktarları incelenmiştir. Klas kuruluşları gemi saclarının kaynatılmasında, kaynatılan sacın kalınlığı ve kaynak yöntemine bağlı olarak kaynak tatminkâr bir kaynak parametresi sunmaktadır. Ancak kaynak sonrasında ortaya çıkan çarpılma ve distorsiyon konusunda yeterli sonuç sunamamaktadır. Yapılan bu çalışmada DNV-GL klas kuruluşunun kaynak prosedürüne göre 10 mm kalınlıktaki sacların tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilmesi neticesinde ortaya çıkan çarpılma miktarları belirlenmiş ve optimum kaynak şartları ortaya konmuştur. Bununla birlikte çalışmada kaynak akımı, kaynaklı bağlantıların sabitlenmesi, ön tav durumu ve bölgesel değişim gibi kaynak parametrelerinin çarpılmaya etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışmada sac kalınlığı ve kaynak prosedüründe yer alan parametrelere bağlı olarak malzemeye giren ısı girdisinin malzemenin makro yapısında, sertliğinde ve distorsiyon miktarlarında bir takım değişikliğe sebep olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışma sonucunda, 10 mm kalınlıktaki AH 36 tipi gemi imalatı saclarının tozaltı kaynak yöntemi ile kaynatılmasında tatminkâr bir bağlantı elde edilmesi için kaynak sırasında parçaların bağlanmadan, ön tav yapılarak ve 510 A kaynak akımı ile birleştirilmesi gerektiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kaynak prosedürü, gemi sacları, makro yapı incelemesi, distorsiyon miktarı.

Studies on the Prevention Distortion and Warping Occuring in Ship Sheet as a result of Welding Applications

Abstract

In this study, the amount of distortion resulting from the joining of 10 mm thick A grade AH 36 type ship building sheet metal parts with the submerged arc welding (SAW) method was investigated. Class societies offer a satisfactory welding parameter for the welding of ship plates, depending on the thickness of the welded plate and the welding method. However, it cannot provide sufficient results for warping and distortion after welding. In this study, according to the welding procedure of the DNV-GL class society, the amount of distortion resulting from the joining of 10 mm thick sheets with the submerged arc welding (SAW) method was determined and optimum welding conditions were revealed. In addition, the effects of welding parameters such as welding current, fixation of welded joints, preheating and regional variation on distortion were investigated in this study. In this study, it was determined that the heat input entering the material depending on the parameters in the sheet thickness and welding procedure, caused some changes in the macro structure, hardness and amount of distortion of the material. In addition, as a result of study, it was determined that in order to obtain a satisfactory connection during welding of AH 36 type shipbuilding sheets of 10 mm thickness with the submerged arc welding method, the parts should be joined without connecting, preheating and with a welding current of 510 A during welding.

Keywords: Welding procedure, ship plate, macrostructure analysis, the amount of distortion.

* Sorumlu Yazar: SITKI.CIRTLIK@sedefshipyard.com

1. Giriş

Ülkemizde gemi sacı olarak farklı tiplerde çelikler kullanılmaktadır. Bunlardan Grade A çelik seri olarak üretilmektedir. Metal gemilerin yapımlarının kalitesi, güvenilirliği ve ekonomikliğini doğrudan etkilemektedir. Kaynaklı bağlantılar gemi inşasının bel kemiğini oluşturmaktadır (Asarkaya, 2002). Başlangıçta gemi inşaat alanında örtülü elektrot ark kaynak yönteminin yoğun bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Ancak gelişen teknoloji ile birlikte yarı-otomatik bir kaynak yöntemi olan gaz altı kaynak yöntemleri bu kaynak yönteminin yerini almıştır. (Ang, Lim, Lin 1999).

Anık ve Tülbenççi (2009) yüksek ergime ve kaynak hızına sahip kaynak yöntemlerinin başında toz altı kaynağının geldiğini belirtmişlerdir. Toz altı kaynak yönteminde, akım şiddetinin çok yüksek olması nedeniyle oldukça kaim parçaları rahatlıkla kaynak yapmak mümkündür. Bu durum ise daha az işçilik ve daha az malzeme sarfiyatına sebep olduğu belirtilmiştir (Gülbahar, 1983). Ayrıca Lincoln (2000) yapmış olduğu çalışmada tozaltı kaynak yönteminde ergiyen bir toz koruma örtüsünün bulunduğunu, arkı ve kaynak bölgesini korumak için kullanılmasıyla diğer kaynak yöntemlerinden farklılık gösterdiğini ifade etmiştir.

Malzeme içerisinde oluşan artı gerilme en kaba tanımıyla tüm dışsal yüklerin kaldırılması sonrasında kalan gerilme olarak tanımlanmaktadır (Balık, 2008). Masubuchi (1980) yapmış olduğu çalışmada artık gerilmelerin yapının üzerindeki tüm dış yükler kaldırıldığında yapıda var olan gerilme olduğunu ifade etmiş olup ayrıca artık gerilmelerin üretim esnasında, kaynak, ısıl işlem, çekme, delme, eğme, taşıma gibi nedenlerde oluşabileceğini ifade etmiştir.

Gemi inşa çeliklerinin iç yapısı ve tüm özelliklerinin tespiti için, uygun kaynak methodu ve dolgu malzemesinin seçimi, kaynak uygulaması sırasında yüksek ısı sonucunda meydana gelen distorsiyonların sebepleri ve çözümlerinin, kaynak planlamaları ve kaynak parametre tercihlerinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Asarkaya, 2006). Ayrıca Oğuz (1989) ve Şengel (2005) kaynağı yapılan malzemelerde meydana gelen deformasyonları etkileyen parametrelerin yapının rijitlik derecesi, malzemenin metalürjik özellikleri, ısıl genleşme katsayısı, ısıl iletkenlik katsayısı, kaynak hızı, kaynak metalinin ergime sıcaklığı, akma sınırı, elastiklik modülü olarak ifade etmiştir.

Sumper, Kent (2006) yapmış oldukları çalışmada gemi gibi dinamik yüklere maruz kalan yapı malzemelerin yorulma ve kırılma tokluğu gibi mekanik özelliklerinin bilinmesinin ve iyi olmasının önemli olduğunu rapor etmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, değişen birtakım parametreler birlikte toz altı kaynak yöntemleriyle birleştirilen AH36 saclar üzerinde meydana gelen çarpılma, makroyapı ve sertlik değişimleri incelemektedir. Ayrıca gemi saclarının kaynağında en az çarpılma

meydana getiren kaynak parametreleri ve seviyeleri tespit edilecektir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler ve Kaynak Parametreleri

Yapılan çalışmada AH 36 gemi sacının alın altına tozaltı kaynağı sonucunda ortaya çıkan distorsiyonların belirlenmesine yöneliktir. Kaynak parametreleri olarak, kaynak akımı, ön tav durumu, parçalarının bağlama durumu ve bölgesel değişim şeklinde 4 farklı kaynak parametresi seçilmiştir. DNV-GL klas kuruluşunun kaynak prosedürü kullanılmıştır.

Parametre ve seviyeleri olarak Tablo 1'de görüleceği üzere kaynak akımı parametresi için 475, 510 ve 540 A, ön tav parametresi için ön tav uygulanmış ve ön tav uygulanmamış, sabitleme durumu parametresi için ise sabitlenmiş ve sabitlenmemiş şeklinde parametre seviyeleri belirlenmiştir. Kaynak yönünde çarpılma miktarını belirlemek için kaynatılan bölgeden eşit aralıklarda üç bölgeden çarpılma ölçümü alınmıştır. Kaynak voltajı 34 V'da sabit tutulmuştur. Kaynatılacak parçalar Şekil 1'de görüldüğü gibi 450 mm boyunda ve 150 mm boyunda kesilmiş ve kaynatılmadan önce gerekli kalınlık ölçümü Olympus 38 DL sertlik ölçüm cihazı ve dijital kumpas ile Şekil 1'deki gibi kontrol edilmiştir.

Tablo 1. Kaynak parametreleri ve onların seviyeleri (Table 1. Welding Parameters and Their Levels)

Kaynak Parametreleri ve Seviyeleri			
Parametreler	1. Seviye	2. Seviye	3. Seviye
Bağlama Durumu	Sabitlendi	Sabitlenmedi	Sabitlenmedi
Öntav Durumu	Ön tav uygulanmış	Ön tav uygulanmamış	
Akım (A)	475	510	540
Voltaj (V)	34	34	34
Bölge	1. bölge	2. bölge	3. bölge

Sabitlenerek kaynatılan saclar ön ve arkasından punta ile sabitlenmiştir. Ön tav uygulanarak yapılan kaynaklarda kaynak öncesinde parçalar yaklaşık 84°C'ye tavlannmıştır. Şekil 2'de ön tav sonrası kaynak parçaları üzerinden ölçülen ön tav sıcaklığı görülmektedir.



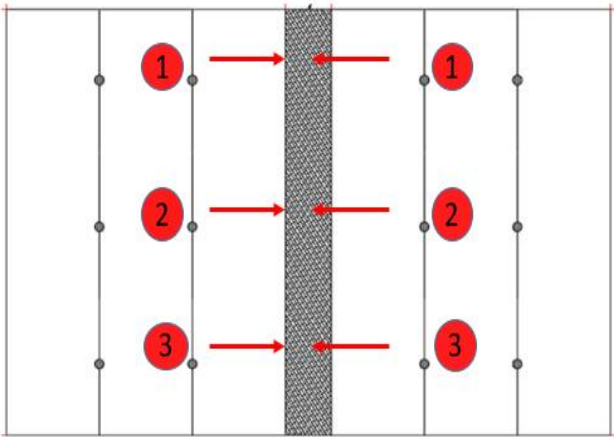
Şekil 1. Olympus Sertlik Ölçüm Cihazı (Figure 1. Olympus Hardness Measurement Experiment)



Şekil 2. Ön Tav Sonrası Numune Saclardaki Sıcaklık Değeri
(Figure 2. Temperature Value in Samples Sheets After Preheat)

2.2. Distorsiyon Miktarlarının Belirlenmesi

Distorsiyon miktarlarını belirlemek için kaynatılacak parçalar üzerinde Şekil 3'de görüldüğü gibi kaynak yönünde 20 mm aralıklarla üç bölge belirlenmiş ve yatayda karşılıklı olarak 30 mm'lik mesafede işaretlenmiştir. Bu mesafeler kaynak öncesi ve kaynak sonrası ölçülerek kaynaklı parçanın ne kadar çarpıldığı cm cinsinden belirlenmiştir. Kaynak sonrasında belirlenen mesafeler arasında ki fark ne kadar fazla ise distorsiyon miktarında o kadar fazla olacağı düşünülerek kaynak sonrası oluşan distorsiyon miktarı bu şekilde matematiksel olarak ifade edilebilmiştir.



Şekil 3. Numunelerin Kaynak Sonrası Tek Yönlü Çekme Davranışları
(Figure 3. Unidirectional Tensile Behaviours of Samples After Welding)

2.3. Makroyapı ve Sertlik ölçümleri

DNV-GL kaynak prosedürü kullanılarak hazırlanan kaynak numuneleri Çizelge 1'de yer alan kaynak akım ve voltaj değerleri ile kaynatılmıştır. Kaynaklar 8.8 °C'de %57,50 nemlilik düzeyinde aynı çevresel şartlarda Sedef tersanesi yeni imalat atölyesinde yapılmıştır. Kullanılan parametreler için ısı girdisi aşağıda verilen denklem kullanılarak hesaplanmıştır (Shome, 2007).

$$H = \eta \frac{I \times E}{V \times 1000} \quad (1)$$

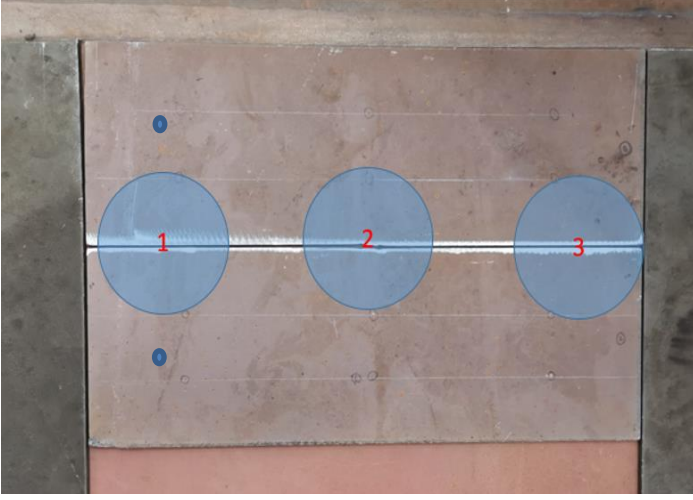
Eşitlikte H ısı girdisi(KJ/mm), E: arkdaki voltajı (V), v ise kaynak hızını (mm/s) ve son olarak I: kaynaktaki akımı (A) ifade etmektedir. η ise kaynak verimi olup boyutsuz bir sayıdır. Shome'un (n.d.) çalışmasında olduğu gibi tozaltı kaynağı için ark verimi 0.95 olarak kabul edilmiştir.

Kaynak sonrasında kaynatılmış parçalardan 70×40 mm ebatlarında numuneler kesilmiş olup gerek makro yapı incelemesi gerekse sertlik ölçüm deneyi için uygun hale getirilmiştir. Numuneler 80 ile 1200 grid zımpara kademesi arasında ki SiC su zımparası zımparalanmış ve ardından parlatılmıştır. Sonra kaynak bölgesinin belirgin hale gelmesi için nital asidik çözeltisi içine daldırılarak dağlama işlemi yapılmıştır. Dağlama işlemi tamamlandıktan sonra 4XB metalürjik mikroskop ile gerekli incelemeler yapılmıştır.



Şekil 4. Vickers Sertlik Ölçüm Deneyi (Figure 4. Vickers Hardness Measurement Experiment)

Sertlik ölçümleri için Vickers sertlik prosedürü uygulanmıştır. Bu deney yönteminde sivri uc olarak olarak tepe açısı 136° elmas kare piramit kullanılmış olup 57 noktadan sertlik ölçümü alınmıştır. Deneylerde Şekil 9'da görülen, QVV mühendislik firmasında yapılan sertlik ölçümlerinde HADIA HD-HV-10 marka sertlik ölçüm cihazı kullanılmıştır.



Şekil 5. 450×150 mm Toz Altı Kaynak Numenelerinin Hazırlanışı ve Kaynak Sırası (Figure 5. Preparation of 450×150 mm Submerged Welding Samples and Welding Sequence)

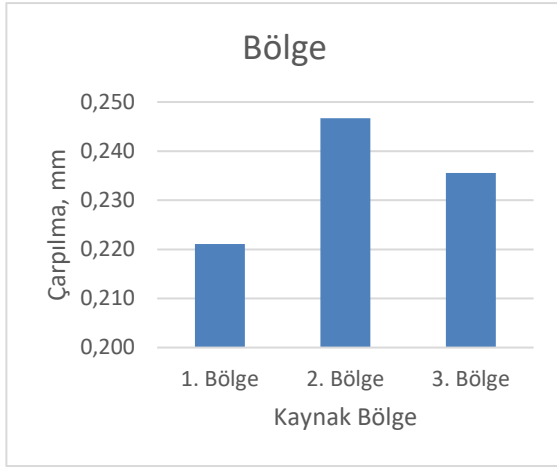
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Tablo 2’de kaynak sonrasında üç bölgeden ölçülen çarpılma miktarları verilmiştir. Tabloda en büyük çarpılmanın sabitlenmeden, ön tav uygulanmadan 510 A kaynak akımında kaynatılan parçalarda 0,550 cm olduğu görülmektedir. En küçük çarpılma değeri ise sabitlenmiş, ön tav uygulanmamış ve 475 A’de kaynatılan parçalarda ortalama 0,083 cm olarak ölçülmüştür. Tabloda çarpılma miktarı ile ısı girdisi arasında paralellik gösterdiği görülmektedir. Tablo 2’de kullanılan deney numaraları kapsamında bağlama durumları, ön tav durumu, Akım değerleri, voltaj, ısı girdisi ve yapılan kaynak sonrası çarpılma miktarları belirtilmiştir.

Tablo 2. Deney Numaraları ve Parametreler (Table 2. Experiment Numbers and Parameters)

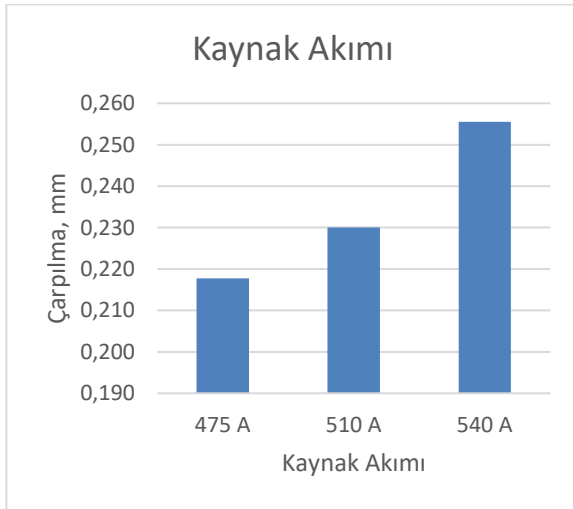
Deney No	Bağlama Durumu	Ön Tav Durumu	Akım (A)	Kaynak Bölgesi	Voltaj (V)	Isı Girdisi (kJ/m)	Çarpılma Miktarı (cm)
1	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	475	1. bölge	34	0,426	0,07
2	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	510	1. bölge	34	0,458	0,08
3	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	540	1. bölge	34	0,485	0,1
4	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	475	1. bölge	34	0,426	0,27
5	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	510	1. bölge	34	0,458	0,29
6	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	540	1. bölge	34	0,485	0,32
7	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	475	1. bölge	34	0,426	0,26
8	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	510	1. bölge	34	0,458	0,28
9	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	540	1. bölge	34	0,485	0,32
10	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	475	2. bölge	34	0,426	0,1
11	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	510	2. bölge	34	0,458	0,1
12	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	540	2. bölge	34	0,485	0,11
13	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	475	2. bölge	34	0,426	0,3
14	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	510	2. bölge	34	0,458	0,32
15	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	540	2. bölge	34	0,485	0,34
16	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	475	2. bölge	34	0,426	0,3
17	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	510	2. bölge	34	0,458	0,31
18	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	540	2. bölge	34	0,485	0,34
19	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	475	3. bölge	34	0,426	0,08
20	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	510	3. bölge	34	0,458	0,09
21	Sabitlenmiş	Ön Tav uygulanmış	540	3. bölge	34	0,485	0,11
22	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	475	3. bölge	34	0,426	0,29
23	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	510	3. bölge	34	0,458	0,3
24	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmış	540	3. bölge	34	0,485	0,33
25	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	475	3. bölge	34	0,426	0,29
26	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	510	3. bölge	34	0,458	0,3
27	Sabitlenmemiş	Ön Tav uygulanmamı	540	3. bölge	34	0,485	0,33

Şekil 6’de kaynatılan parçalarının 1, 2 ve 3 bölgelerinden alınan ortalama çarpılma miktarlarının grafiksek gösterimi verilmiştir. Grafikte 1. Bölgede çarpılma miktarı çok düşükken en yüksek çarpılma miktarı 2. Bölgede gözlenmiş ve 3. Bölgede düşmüştür. Çarpılma miktarının 2. Bölgede en yüksek değerine ulaşip ardından düşmeye başlamasının nedeni kaynaklı parçaların ısınarak parçayı tavlamış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



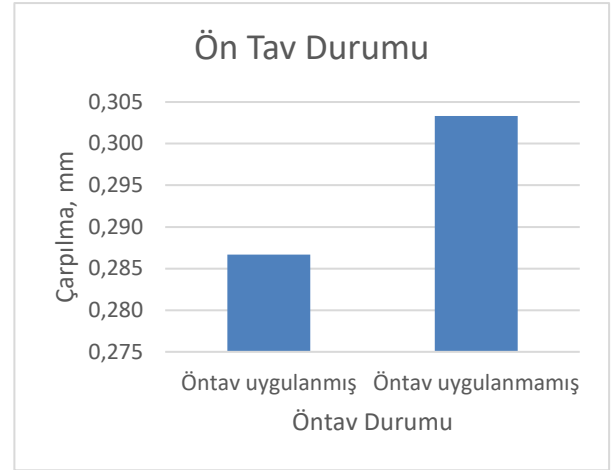
Şekil 6. Kaynak Bölgesinin Çarpılmaya Etkisi (Figure 6. Effect of Source Region on Distortion)

Şekil 7’de kaynak akımı ile çarpılma miktarındaki değişim görülmektedir. Şekil 2’de artan kaynak akımı ile çarpılma miktarının da arttığı görülmektedir. Çarpılma miktarı 475 A’de kaynatılan numunelerde ortalama 0,218 cm iken 510 A’de ortalama 0,230 mm ve 540 A’de ortalama 0,256 mm seviyelerinde olduğu görülmektedir. Artan akım şiddeti ile çarpılmanın artmasının muhtemel nedeni artan akım şiddeti ile Tablo 1’de görüldüğü gibi ısı girdisinin artmasından kaynaklanmıştır. Frickle, Kahl (2005) yapmış olduğu çalışmalar bu çalışma elde edilen değerleri doğrulamaktadır



Şekil 7. Kaynak Akımının Çarpılmaya Etkisi (Figure 8. Effect of Welding Current on Distortion)

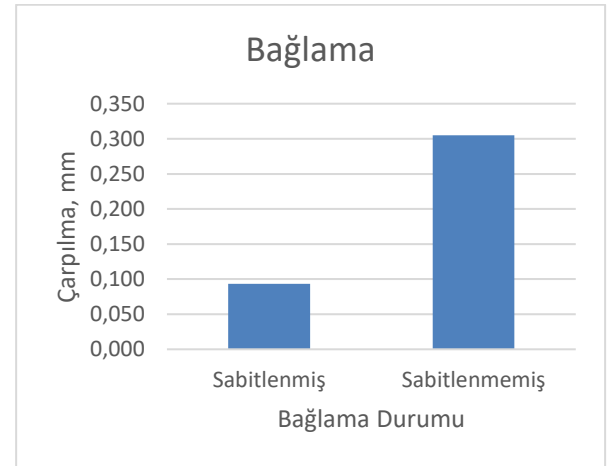
Şekil 8’de Kaynaklı parçalara ön tav durumunun çarpılmaya etkisininin grafiksel gösterimi verilmiştir. Grafikte ön tav uygulanan kaynaklı parçalarda çarpılma miktarı ortalama 0,287 cm iken tavlansız kaynaklı parçalarda 0,303 cm olduğu görülmektedir. Verilen bu sonuç kaynaklı parçalarının ön tav uygulanması durumunda çarpılma miktarını önemli oranda düşürdüğünü göstermektedir. Bu sonuç yapılan önceki çalışmalarla önemli oranda paralellik göstermektedir.



Şekil 8. Ön Tavin çarpılmaya Etkisi (Figure 8. Effect of Preheating on Distortion)

Şekil 9’de kaynaklı parçalarını puntalanarak sabitlenmesi durumunda çarpılmaya etkisini göstermektedir. Grafikte kaynaklı parçalarının sabitlenmesi durumunda çarpılmanın daha az, sabitlenmemesi durumunda ise daha yüksek olduğu görülmektedir. Kaynaklı parçalar sabitlendiği durumda ortalama 0,093 cm çarpılma gözlemlenirken, sabitlenmemiş durumda ise ortalama 0,305 cm çarpılma tespit edilmiştir. Bu sonuç aslında parçalarının sabitlenmesi durumunda parça içerisinde ne kadar distorsiyona neden olduğunu açıkça göstermektedir. Yani parça sabitlenmediğinde 0,305 cm çarpılacakken sabitlendiği için 0,093 cm çarpılmıştır. Geriye kalan çarpılma (0,305-0,093 cm) parça içerisinde artı gerilmeye sebep olmuştur.

Bu nedenle kaynatılacak parçalarının sabitlenmeden, en az çarpılma oluşturacak şekilde kaynaklanması gerekir.



Şekil 9. Kaynak Parçalarının Sabitlenmesinin Çarpılmaya Etkisi (Figure 9. Effect of Fixing Weld Pieces on Distortion)

QVV mühendislik atölyesinde nemin %55 sıcaklığın 21°C olduğu ortamda yapılan sertlik ölçümü deneyinde HAIDA marka vickers sertlik ölçüm cihazı kullanılmıştır. Yapılan bu ölçüm TS-EN ISO9015-1 standartlarında olup her bir deneyde 57 noktadan ölçüm alınmıştır.

VICKERS (HV 10)																						
Ölçüm Bölgesi Adı Name of Test Area			Ölçüm Bölgesi Adı Name of Test Area						Ölçüm Bölgesi Adı Name of Test Area						Ölçüm Bölgesi Adı Name of Test Area							
Malzeme (Material)			IEB (Hız)						Kaynak (Weld)						IEB (Hız)				Malzeme (Material)			
1	2	3	4	5	6	7***	8***	9	10	11	12	13	14	15***	16***	17	18	19				
158	156	157	173	187	187	172	180	210	191	192	188	185	180	179	175	159	147	160				
20	21	22	23	24	25	26***	27***	28	29	30	31	32	33	34***	35***	36	37	38				
156	155	155	174	171	179	173	172	198	200	195	182	189	189	176	182	147	153	155				
39	40	41	42	43	44	45***	46***	47	48	49	50	51	52	53***	54***	55	56	57				
154	145	159	186	175	173	184	186	208	190	194	187	170	179	170	182	145	154	159				
Malzeme (Material)			IEB (Hız)						Kaynak (Weld)						IEB (Hız)				Malzeme (Material)			
155,00			178,13						197,56						180,87				153,22			

Şekil 10. Sertlik Ölçüm Sonuçları (Figure 10. Hardness Measurement Results)

Deney numuneleri için yapılan sertlik ölçümü sonucunda ana malzemelerde sertlik 150-153 HV arasında değişmekte olup ısı tesiri altında kalan bölgede sertliğin daha da arttığı, sertliğin 178 ile 181 HV arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Sertliğin en yüksek olduğu kaynak bölgesinde yapılan sertlik ölçümünde ise 197 ile 203 HV arasında sertlik ölçüm elde edilmiştir. Kökemli'nin (2005) daha önce yapmış olduğu bir çalışmada da bu çalışmada ya benzer sonuçlar elde edildiği sahip olunan sertlik değerlerinin birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Bahsedilen çalışmada, tozaltı kaynağı ile kaynağı yapılan düşük karbonlu bir malzemenin ısı tesiri altında kalan bölgede ince taneli bölgede sertlik değerleri 190 HV iken iri taneli bölgelerin sertlik değerleri 140 HV civarında olduğu ifade edilmiştir. Yılmaz (2018) yapmış olduğu çalışmada değişen kaynak türleri ve parametre değerleri için benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Elde edilen tüm bu sonuçlar Türk loydu ve diğer klas kuruluşlarınca belirlenen limitler dahilinde olduğu tespit edilmiştir. Türk loydu'nun Kaynak kuralları kısım-3 de yer alan kurala göre yüksek mukavemetli tekne yapım çelikleri için tercih edilen kaynak ve kaynak yardımcı malzemelerinin kaynak metaline ait serliği 150 HV den az olmaması gerektiği belirtilmiştir.

Ayrıca Eroğlu ve Aslan (2001) yapmış olduğu çalışmada, kaynağı yapılan malzemelerde enerji girişinin artışı, sertlikte düşüşe neden olmasına ve kaynak sonrasında sünek fazların oluşmasına sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Kaynaklı bölgelerinin makro incelemelerinde 510 ve 540 A kaynak akımında yapılan kaynaklarda nüfuziyetin yeterli olduğu görülmüştür. Yapılan makro yapı incelemelerinde artan kaynak akımı ile nüfuziyetin artmasına karşın ısı tesiri altında kalan bölgenin genişleyip arttığı görülmüştür. Buna karşın 475 A'de kaynatılan parçalarda nüfuziyet yetersizliği gözlemlenmiştir. Şekil 12'de 475 A kaynak akımı ile kaynatılan parçadan alınan makro yapı görüntüsü verilmiştir. Şekilde kaynaklı parçada nüfuziyet eksikliği açıkça görülmektedir. Şekil 13'de 540 A kaynak akımı ile kaynatılan numuneye ait makro yapı görüntüsü verilmiştir. Resimde kaynak konsiriksiyonunda nüfuziyetin yeterli olduğu, buna karşı ısı tesiri altında kalan bölgenin genişlediği ısı girdisinin arttığı görülmektedir.

Test Sonuçları (Test Results)																		
Test Parçası No Test Pieces No	Deneyin Amacı Purpose Of The Test		Kontrol Yöntemi Control Method		Dajlama Malzemesi Magnifying Glass	Dajlama Metodu Etchant Method	Kaynak Formu Weld Run and Form	Kaynak Nüfuziyeti Weld Penetration	Kaynak Durumu Weld Condition	WPQR No WPQR Nr	SONUÇ Result							
(TR-MT) 01	Weld, Haz and Material Area		Evet Yes	Evet Yes	Nital	Daldırma Metodu Dipping Method	Uygun Appropriate	Uygun Appropriate	Uygun Appropriate	Müşteri No : 4	BAŞARISIZ Unsatisfactory							
													Sıcak Çatlaklar (Hot Cracks) Control ✓ Soğuk Çatlaklar (Cold Cracks) Control ✓ Lamine Yırtılma (Lamellar Tearing) Control ✓ Boşluklar (Cavities) Control ✓ Kalıntılar (Inclusions) Control ✓ Ergime / Nüfuziyet Azlığı (Lack of Fusion / Penetration) X Geometrik Şekil (Geometrical Shape) Control ✓ Isıdan Etkilenmiş Bölge (Heat Affected Zone) Control ✓ Ayrışma ve Katmanlaşma (Runs and Layers) Control ✓ Katılaşma Yapısı (Solidification Structure) Control ✓ Birleştirme Hazırlığı (Joint Preparation) Control ✓ Haddeme / Ekstrüzyon Yönü (Direction of Rolling / Extrusion) Control ✓ Fiber Yapı (Tane) Yönü (Direction of Fibre Structure / Grains) Control ✓ Segregasyon (Segregation) Control ✓ Mekanik / Termal Etkiler (Mechanical / Thermal Effects) Control ✓ Tamir ve Uygun Olmaması (Repair and Non-Conformance) -					
Skala (Scale) : 1 Birim (Unit) = 1,11 mm																		

Şekil 11. 10 mm Toz Altı Kaynağı Makro Yapı İncelemesi Nüfuziyet Eksikliği (Figure 11. 10 mm Submerged Arc Welding Macro Structure Investigation Lack of Penetration)

10 mm toz altı kaynağı ile yapılan 475 amper ve 34 voltajla kaynağı yapılan numaralı numune haricinde diğer numuneler de yapılan makro yapı incelemesinde sıcak-soğuk çatlaklar, ergime durumu, katılaşma yapısı vb. incelemelerde herhangi bir uygunsuzluğa rastlanmamıştır.

Test Sonuçları (Test Results)																		
Test Parçası No Test Pieces No	Deneyin Amacı Purpose Of The Test		Kontrol Yöntemi Control Method		Dajlama Malzemesi Magnifying Glass	Dajlama Metodu Etchant Method	Kaynak Formu Weld Run and Form	Kaynak Nüfuziyeti Weld Penetration	Kaynak Durumu Weld Condition	WPQR No WPQR Nr	SONUÇ Result							
(TR-MT) 01	Weld, Haz and Material Area		Evet Yes	Evet Yes	Nital	Daldırma Metodu Dipping Method	Uygun Appropriate	Uygun Appropriate	Uygun Appropriate	Müşteri No : 5	BAŞARILI Satisfactory							
													Sıcak Çatlaklar (Hot Cracks) Control ✓ Soğuk Çatlaklar (Cold Cracks) Control ✓ Lamine Yırtılma (Lamellar Tearing) Control ✓ Boşluklar (Cavities) Control ✓ Kalıntılar (Inclusions) Control ✓ Ergime / Nüfuziyet Azlığı (Lack of Fusion / Penetration) Control ✓ Geometrik Şekil (Geometrical Shape) Control ✓ Isıdan Etkilenmiş Bölge (Heat Affected Zone) Control ✓ Ayrışma ve Katmanlaşma (Runs and Layers) Control ✓ Katılaşma Yapısı (Solidification Structure) Control ✓ Birleştirme Hazırlığı (Joint Preparation) Control ✓ Haddeme / Ekstrüzyon Yönü (Direction of Rolling / Extrusion) Control ✓ Fiber Yapı (Tane) Yönü (Direction of Fibre Structure / Grains) Control ✓ Segregasyon (Segregation) Control ✓ Mekanik / Termal Etkiler (Mechanical / Thermal Effects) Control ✓ Tamir ve Uygun Olmaması (Repair and Non-Conformance) -					
Skala (Scale) : 1 Birim (Unit) = 1,42 mm																		

Şekil 12. 10 mm Toz Altı Kaynağı Makro Yapı İncelemesi (Figure 12. 10 mm Submerged Arc Welding Macro Structure Investigation)

Yukarıda elde edilen sonuçlar, kaynaklı balantılarda çarpılmanın azaltılması için ön tav uygulanması ve kaynak akımının düşük tutulması gerekmektedir. Ancak artan kaynak akımıyla birlikte ısı girdisini artırarak çarpılma miktarının arttığı görülmektedir. Çarpılmanın düşürülmesi için akım şiddetinin düşük tutulması gerekmektedir. Ancak Şekil 2'de verilen makro yapı incelemeleri sonucunda akım şiddetinin düşürülmesi nüfuziyeti düşmektedir. Buda sağlıklı bir bağlantı yapılamamasına neden olmaktadır.

Yapılan bu çalışmada, 10 mm kalınlıktaki gemi saclarının tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilmesinde, en az distorsiyonla yeterli nüfuziyet elde etmek için ön tav uygulanması ve 510 A'de kaynatılması gereklidir.

4. Sonuç

Bu çalışmada AH 36 10 mm saclar toz altı yöntemleri ile birleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar maddeler halinde sunulmuştur;

1. Klas kuruluşları kaynak parametrelerinden faydalanarak hazırlanan bu çalışmada 3 farklı amper (475, 510 ve 540 A) değeri ele alınmıştır. Akım değerinin düşürüldüğü dolayısıyla ısı girdisinin düştüğü durumlarda distorsiyon miktarının azaldığı fakat ısı girdisi azaldığından dolayı kalın saclarda nüfuziyet eksikliği olabileceği tespit edilmiştir. Akım değerinin maksimum seçildiği durumlarda ise nüfuziyet probleminin yaşanmadığı fakat çarpılma miktarında gözle görülür artış olduğu belirlenmiştir.
2. Kaynak öncesinde kaynak parçaları punta ile sabitlendiğinde çarpılma miktarının azaldığı fakat numuneler sabitlendiğinden dolayı distorsiyonun numunelerin kaynak bölgesinde biriktiği gözlemlenmiştir.
3. Ön tav uygulaması yapıldığında çarpılma miktarının azaldığı tespit edilmiştir.
4. Sertlik değeri incelendiğinde, tüm kaynak parametreleri için ana malzeme, ısı tesiri altında kalan bölge ve kaynak bölgesinde çatlak riskine sebep olabilecek sertlik değerinin limitin dışına çıkmadığı tespit edilmiştir.
5. 10 mm kalınlıktaki gemi saclarının tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilmesinde, en az distorsiyonla yeterli bir yeterli nüfuziyet elde etmek için öntav uygulanması gerektiği ve 510 A'de kaynatılması gerektiği rapor edilmiştir.

5. Teşekkür

Sedef Tersanesi ARGE 18-P2 kodlu proje kapsamında hazırlanan bu çalışmaya katkılarından dolayı başta Turan ÇUBUĞUZUN, İbrahim DOMAÇ, Canberk ERDOĞAN ve AR-GE birimi yöneticisi Hilal Kılınç olmak üzere tüm Sedef Tersanesi çalışanlarına ve QVV mühendislik firmasına teşekkür ederim.

Kaynakça

- Anık, S. & Tülbentçi, K. (2009), Tozaltı Kaynak Tekniği. Böhler Kaynak Çubukları, Elektrodları San. Ve Tic. A.Ş. İstanbul.
- Asarkaya, M.(2006), Gemi İnşasında Kullanılan Kaynak Yöntemlerinin Mekanik Özelliklere Etkisi, Y. Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Asarkaya, M. (2004), Tersanelerde Uygulanan ve Uygulanabilecek Kaynak Yöntemleri, Gemi Mühendisliği ve Sanayimiz Sempozyumu, s.252–267.
- Balık, B. E., (2008), Gemi inşaatında kaynak sırası yöntem ilişkisi ve kaynak muayene planlarının incelenmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi.

- Eroğlu, M., Aslan, S., (2001), Düşük Karbonlu Bir Çelikte Molibdenin ITAB'ın Mikroyapısı ve Mekanik Özelliklere Etkisi, 127–135, *Kaynak Teknolojisi III Ulusal Kongresi*, 19–20 Ekim, İstanbul.
- Gülbahar, B. (1983), Oerlikon Tozaltı Kaynak Yöntemi Seminer Notları. İstanbul.
- IACS, (2006), Shipbuilding and Repair Quality Standards, International Association of Classification Societies.
- J.D.G. Sumpter, J.S. Kent, (2006), Fracture toughness of grade D ship steel”, *Engineering Fracture Mechanics*, 73, pp.1396–1413.
- Kökemli, K., Kaçar R., (2005), Kontrollü Atmosferin Gaz Altı Ark Kaynak Bağlantılarının Isı Tesiri Altındaki Bölgesi Özelliklerine Etkisi, G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 18, s.671–680.
- Lincoln, J. (2000), The procedure Handbook of Arc Welding, (12th Edition), The Lincoln Electric Company.
- M.H. Ang, W. Lin, S.Y. Lim, (1999), A Walk-Through Programmed Robot for Welding in Shipyards” *Industrial Robot*, 26, 5, pp. 377–388.
- M. Shome, (2007), Effect of Heat-input on Austenite Grain Size in The Heat-Affected Zone of HSLA–100 Steel”, *Materials Science and Engineering A*, 445–446, pp. 454–460.
- Oğuz B., (1989), Malzeme Bilgisine Giriş, Kaynakçının Rehber Kitapları,1, İstanbul.
- Şengel, M.A. (2005) Gemi Üretiminde Kaynak Nedeniyle Oluşan Deformasyonlar ve Artık Gerilmeler, Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Türk Loydu, (2013), Gemi İnşaatı ve Onarımı Kalite Standartları, Yeni İnşa Edilen Gemiler İçin İnşaat ve Düzeltme Kalite Standartları, Türk Loydu Yayınları, İstanbul.
- Yılmaz, A.F., (2018), Gemi İnşaatındaki Kaynaklı Bağlantıların Yapısal ve Mekanik Özelliklerin Optimizasyonu, Y.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- W. Fricke, A. Kahl, (2005), Comparison of Different Structural Stress Approaches for Fatigue Assessment of Welded Ship Structures, *Marine Structures* 18, pp. 473–488



Irrigation Levels and Abscisic Acid Effects on the Yield and Fruit Quality of Strawberry

Burçak Kapur^{1*}, Eser Çeliktöpez², Mehmet Ali Sarıdaş³, Abdul Qaiyom SARWARI⁴

^{1*} University of Cukurova, Faculty of Agriculture, Agricultural Structures and Irrigation Department, 01330, Sarcam/Adana, Turkey, (ORCID: 0000-0001-6131-4458), burcakkapur78@gmail.com

¹ University of Cukurova, Faculty of Agriculture, Agricultural Structures and Irrigation Department, 01330, Sarcam/Adana, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5355-1717), eceliktöpez@gmail.com

² University of Cukurova, Faculty of Agriculture, Horticultural Science Department, 01330, Sarcam/Adana, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5180-1874), masaridas@gmail.com

¹ University of Cukurova, Faculty of Agriculture, Agricultural Structures and Irrigation Department, 01330, Sarcam/Adana, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3468-380X), abdul.qaiyom@gmail.com

(First received 10 August 2021 and in final form 3 November 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.981197)

ATIF/REFERENCE: Kapur, B., Çeliktöpez, E., Sarıdaş, M.A. & Sarwari, A. Q. (2021). Irrigation Levels and Abscisic Acid Effects on the Yield and Fruit Quality of Strawberry. *European Journal of Science and Technology*, (33), 258-266.

Abstract

In this study, the effects of four irrigation regimes (IR125, IR100, IR75, and IR50) and Abscisic Acid (ABA) application on the cv. Rubygem strawberries, considering yield, and some fruit quality characteristics (Soluble solid content, fruit firmness, pH, and color properties) were investigated under Spanish type-high tunnels in the Mediterranean region of Turkey. From March to May, 20 mol L⁻¹ of Abscisic Acid was administered three times via foliar application. The treatments IR125, IR100, IR75, and IR50 received 712, 575, 438, and 301 mm of water, respectively, during the trial. The highest average yield per plant was obtained from the ABA x IR125 combination as 1124.5 (g/plant). It was determined that the ABA application increased the yield by approximately 8%, although it was not statistically significant compared to the control conditions. In addition to this, abscisic acid applications had no statistically significant influence on pH, fruit color, fruit firmness, or fruit weight parameters, while SSC parameters were statistically significantly affected. Based on our findings, it is expected that the IR125 and IR100 irrigation applications will be applied more frequently in future investigations. Furthermore, the findings suggest that combining ABA with the proper amount of irrigation water, as well as ABA applications in water stress or multiple stress circumstances, may be useful in increasing plant adaptation capacity.

Keywords: Mediterranean Region, Fruit Firmness, Rubygem, Soluble Solid Content, High Tunnel

Çilekte Verim ve Meyve Kalitesi Üzerine Sulama Seviyeleri ile Absisik Asit Uygulamalarının Etkileri

Öz

Çalışmada, Türkiye'nin Akdeniz bölgesin ikliminde İspanyol tipi yüksek tünel altında Rubygem çilek çeşidi üzerinde dört sulama rejimi (IR125, IR100, IR75 ve IR50) ve absisik asit (ABA) uygulamasının verim ve bazı meyve kalite özellikleri (Suda çözünebilir kuru madde, meyve sertliği, pH ve renk özellikleri) açısından etkileri araştırılmıştır. Absisik asit 20 µmol L⁻¹ olacak şekilde Mart ayından başlayarak, Mayıs'a kadar 3 kez yapraktan uygulanmıştır. Çalışma boyunca; sırasıyla toplamda 712, 575, 438 ve 301 mm su IR125, IR100, IR75 ve IR50 konularında uygulanmıştır. Bitki başına en yüksek verim ABA x IR125 kombinasyonundan 1124.5 g/bitki olarak elde edilmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli olmamasına karşın, ABA uygulamasının verimi yaklaşık % 8 düzeyinde artırdığı belirlenmiştir. Bununla birlikte ABA uygulaması meyve kalite parametrelerinden pH, meyve rengi, sertliği ve ağırlığı üzerine istatistiksel açıdan önemli etki yapmazken, suda çözünebilir kuru madde içeriğinin önemli düzeyde geliştiği belirlenmiştir. Bulgular doğrultusunda, gelecekteki çalışmalarda IR125 ve IR100 uygulamalarının daha sık uygulanacağı beklenmektedir. Bunlarla birlikte, bulgular su stresi veya çoklu stres durumlarında uygun miktarda sulama suyuyla yapılan ABA uygulamasının bitkinin adaptasyon kapasitesi için faydalı olabileceğini önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Akdeniz Bölgesi, Meyve Sertliği, Rubygem, Suda Çözünebilir Kuru Madde, Yüksek Tünel

*Corresponding Author: bkapur@cu.edu.t

<http://dergipark.gov.tr/ejosat>

1. Introduction

Droughts are anticipated to become more frequent and last longer as a result of climate change in different parts of the world, including the Mediterranean region. The challenges that may arise in agricultural production in terms of food safety are expected to create significant problems in this content. Understanding the effects of water stress on plants is critical for developing solutions to reduce water stress and its severe consequences for agriculture's future. Therefore, the evaluation of different irrigation regimes and increasingly widespread practices for sustainable agriculture such as Abscisic Acid (ABA) application, can help to increase yield and fruit quality, control fruit ripening in plants, regulate photosynthetic enzymes and root growth in saline conditions, promote more water uptake and plant growth. Thus, these natural and environmentally friendly practices may increase tolerance to abiotic and biotic stresses such as water stress, reduce transpiration to prevent water loss, and help stomatal closure.

Strawberry, with its high adaptability, is a widely cultivated and most consumed type of berry fruit. (Ağaoğlu & Gerçekçiöğlü, 2013). Another key factor that contributes to strawberry cultivation's relevance is that it is essential for human health and nutrition (Maas and Ark, 1996). Strawberry is a high-fiber fruit that is also high in antioxidants. Strawberries are also known to have anti-cancer properties due to their high content of ellagic acid and phenolic compounds. (Yılmaz, 2009). One of the most significant goals of sustainable agriculture is to save water and minimize the quantity of fertilizer used in many products, including strawberries, both to protect the environment and to reduce producers' input costs. Although research has been done on strawberry cultivation at different irrigation levels, there is a lack of information about the yield and fruit quality responses of strawberry species, particularly the changes in pomological characteristics as water availability decreases or increases. As a result, it's crucial to figure out how varied quantities of irrigation and various applications as ABA treatments affect the strawberry quality and yield.

Irrigation has been documented in different studies to have a major impact on strawberry plant growth and fruit yield (Serrano et al., 1992; Kruger et al., 1999; Yuan et al., 2004; Kapur et al., 2018a). Generally, it was observed that fruit weight and size had a positive correlation with the amount of irrigation water. In this regard, the majority of research reveal that irrigation method and irrigation water have a substantial impact on strawberry productivity. The development periods of the plant provide a lot of convenience in determining the irrigation times and irrigation intervals. However, in such studies, it's important to figure out how much and how water will be supplied during certain times, as well as the relationship between irrigation and fruit yield and quality. Thus, in addition to water consumption, it will be possible to determine the most appropriate irrigation program with an appropriate irrigation method (Kanber et al., 1986). Furthermore, there are few research analyzing the interaction of various irrigation regimes with treatments like Abscisic Acid, thus it's critical to conduct trials on this subject.

This study will contribute to water saving, which is very important in optimizing water consumption for the future of sustainable agriculture, as well as revealing the negativities of

over-irrigation and insufficient irrigation. The goal of this research was to see how varying irrigation levels and ABA treatments affected strawberry yield and fruit quality.

2. Material and Method

This experimental study was conducted in the high tunnels of the experimental farm located in the University of Çukurova, Adana, Turkey (latitude: 36° 59'N, longitude 35° 27'E, 20 m asl). The climate of the study site is dry Mediterranean, and the clayey soils of the experimental plots are Xerofluvents with 1.6 g cm⁻¹ bulk density, 7.6 pH, and water contents of 36 % and 16 % for field capacity and wilting points respectively. The strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) cultivar 'Rubygem' was planted on September 22 (referred to as 0 days after planting (DAP)) 2018 and cropping continued until June 19, 2019. The frigo type plants were used, Rubygem is famous for its earliness alongside its good taste and aroma. With a center height of 2.50 m and 0.8 m at the open sides (40 m long and 6.5 m wide), the high tunnel was composed of a steel frame covered in 0.1 mm thick transparent polyethylene (PE) film (Figure 1). A climate station was (2 m above soil surface) placed in the center of the high tunnel to monitor temperature and humidity. Solar radiation was used to heat the tunnel's interior.

The berries were planted in trapezoidal raised beds that were 0.70 m wide at the base, 0.50 m wide at the top, 0.30 m high, and 0.3 m apart. Each was mulched with a 0.05 mm thick, two-sided polyethylene mulch cover with a grey upper side and a black underneath (in keeping with local cultural customs), and surface drip irrigation was connected along the center. Strawberries were planted in two rows, 0.3 m apart, with plants spaced 30 cm apart, for a total plant density of 6.65 plants per m². There were four beds in each tube (Photo 1). After planting, adequate water was supplied until the plants had three trifoliate leaves. Drip irrigation was used to apply fertilizers consistently to each treatment, as it was the foliar application of agricultural pesticides to combat foliar and fruit diseases.

The trial was set up as a split-plot design with four replicates (blocks) totaling 32 plots, using a 4x2 factorial scheme of irrigation levels and ABA use. Applications (ABA usage and control) were planned and organized as subplots over the main plot and various irrigation regimes. Furthermore, approximately six months after planting, 20 µmol L⁻¹ Abscisic Acid was sprayed three times (March 07, April 05, May 08, 2018) from March to May. The data was examined using JMP version 5.0.1, a statistical software (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). The effects of the irrigation regime and ABA on the measured parameters were determined using ANOVA to analyze the differences amongst groups, the Least Significant Difference test was used. Comparisons with a P value of less than 0.05 were ruled statistically significant. IR50, IR75, IR100, and IR125 were the four irrigation treatments, with water amounts applied of 0.5, 0.75, 1.00, and 1.25 times pan evaporation (Epan). The Epan value was calculated using a typical 120.7 cm diameter and 25 cm depth US Weather Service Class A pan positioned over the crop canopy in the high tunnel's center. With 266 plants per plot, four irrigation treatments were installed in four beds of four, 10 m by 4 m plots. According to Kapur et al., the amount of irrigation was computed (2018b).

$$IR = A \times Eo \times Kcp \times P \quad (1)$$

IR= Irrigation water amount (Lt)

K_{cp}= crop pan coefficient

P= crop cover (%) (first 3 months 0.5; after 0.75)

E_o= Evaporation from Class A pan (mm)

A= Area (m²)

Treatments IR125, IR100, IR75, and IR50 received a total of 712, 575, 438, and 301 mm of water from the beginning to the completion of the experiment, respectively. In the trial period after applying different irrigation levels a total of 49 irrigation applications were made throughout the vegetation period.

From late February through June, mature strawberry fruits were collected twice a week. The total weight of fruits gathered from 10 plants chosen from each treatment was used to calculate the average fruit yield (g/plant). Weighing each fruit on each harvest day provided the mean fruit weight.

To define the quality of strawberry fruits some pomological analyses were made on April 3 times sampling via 10 days' intervals were done and the average values were evaluated as fruit brightness color (L Hunter lab, Minolta CR-300), fruit firmness (penetrometer, Turani, Italy, 0.1-2 Ib, Ib/inch²), soluble solids content (SSC, ATAGO ATC-1, Tokyo, Japonya, hand refractometer), pH of fruit juice (by the digital pH meter, Mettler Toledo, USA).



Figure 1: High Tunnel used in the experiment.

3. Results and Discussion

The effects of different irrigation levels (IR50, IR75, IR100, IR125) and 20 mol L⁻¹ ABA treatments on yield and fruit quality (pomological analyses; fruit exterior color, fruit firmness, SSC, pH content) in Rubygem strawberry cultivar were investigated.

During the research, a total of 712 mm irrigation water was given to the IR125 application, 575 mm to the IR100 application, 438 mm to the IR75 application, and 301 mm to the IR50 application. Previous studies with similar irrigation amounts have been conducted on strawberry plants using a wide variation of irrigation water from 250 mm to 825 mm, and the irrigation levels of our study seem to be compatible with other studies. (Kapur et al., 2018a; Lozano et al., 2016; Kumar and Dey, 2011). One of the major factors limiting the growth of the strawberry plant is the ambient temperature. Strawberries are sensitive to extremes of temperature and cold, and the ideal temperature for plant growth is between 20 and 26°C. The

monthly average temperature, relative humidity, and solar radiation values of the in and out of the high tunnel in the study area are provided in Table 1 during the growing period.

The average air temperature inside the high tunnel was roughly 2.8°C higher during the day and 1.3°C lower at night, according to measurements of indoor and outdoor temperature, relative humidity, and solar radiation were recorded during the growing period. The highest average daytime indoor air temperature was observed in June (31.18°C), and the lowest average daytime indoor air temperature was measured in January (14.47 °C) during the growing period. While the mean relative humidity indoors was lower than outside during the day, it was greater at night. The data obtained from the meteorological device showed that the radiation inside the tunnel was lower than outside, as expected. In addition, the highest solar radiation during the growing season was measured in June. Powell et al. (2013) found that high tunnels kept temperatures 3 to 4°C higher than the ambient temperature while maintaining identical relative humidity levels.

3.1. Yield Per Plant (g/plant)

The harvest of the Rubygem strawberry cultivar began on March 19, 2019 and lasted on June 20, 2019. The harvest took 94 days, with three-day intervals between two consecutive harvests. Table 2 shows the impact of varied irrigation levels and abscisic acid applications on the average yield values per plant in the trial year during the growing season.

The variations between the yield values per plant of different irrigation applications in the trial year were found to be statistically significant at the level of 1% in the Rubygem strawberry cultivar, which was studied during the growing season. The differences between the yield values per plant of ABA applications were found to be statistically insignificant in the trial year. Furthermore, irrigation x application interactions were shown to be statistically negligible depending on the variations of the yield.

When the average yield per plant of the Rubygem strawberry cultivar was examined, the highest average yield per fruit per plant was obtained with 1123.9 g/plant from the IR125 application, and the lowest fruit yield per plant was 471.9 g/plant from the IR50 application in various irrigation water applications. The maximum average yield per plant from the ABA IR125 combination was 1124.5 g/plant, while the lowest average yield per plant from ABA IR50 was 655.1 g/plant among the ABA-treated plants. Abscisic acid-treated plants produced 66.3 g higher per plant than control plants, while being statistically insignificant.

Similarly, Ağır and Saner (2014) found that the yield per plant was 500 (g/plant) as a result of their studies on strawberries. Adak and Pekmezci (2011) reported that the yield per plant was 463 (g/plant) in frigo type plants and 345 (g/plant) in rooted-type plants in their study on the effect of different plant types and growing media on soilless culture strawberry cultivation. In a study conducted in Erzurum ecology to determine the performance of certain strawberry species (*Fragaria x ananassa* Duch.), the Rubygem cultivar had the lowest yield per plant in the trial year of the plants in the plot, while the Kabarla cultivar had the highest output (296.2 g/plant) has been established. In previous studies on different strawberry cultivars, Gündüz and Özdemir (2012) yield per plant Cal Giant (528.7 g), Sweet Charlie (647.8 g), Camarosa (595.9 g), Macit et

al., (2011) Kabarla (561.56 g), Sweet Charlie (428.64 g), Camarosa (569.65 g), Festival (400.82 g), While Özdemir et al., (2001) were observed as 579.8 g/plant for Camarosa, 620.2 g/plant for Pajaro (, 554.4 g/plant for Sweet Charlie. On the other side, Çeliktöpez (2019) Rubygem (801 g/plant), Kabarla (579 g/plant), and Kaleci and Gunay (2006) Tadla (307 g/plant), Camarosa varieties (280 g/plant) reported that they obtained. Strawberry yield was reported to be significantly reduced under water stress by Liu et al., (2007), Ghaderi et al., (2015), and Hoppula and Salo (2007). When compared to earlier research, it was revealed that our study had a better yield per plant under the optimum condition. In this context, it has been determined that differences in the research area's meteorological conditions, irrigation levels, and agricultural techniques have an impact on these values. Thus, it is anticipated that such studies will help identify the most effective practices.

3.2. Average Fruit Weight (g/fruit)

Differences between irrigation practices were found to be statistically significant at the 1% level in terms of average fruit weight. The application and interaction of these factors were found to be statistically insignificant on average fruit weight.

Among the irrigation applications, the IR125 application produced the highest average fruit weight value of 26.8 g/fruit, while the IR50 application produced the lowest average fruit weight value of 16.7 g/fruit. The highest average fruit weight was 28.4 g/fruit from ABA x IR125 combination, and the lowest average fruit weight was observed as 17.1 g/fruit from ABA x IR50 among the plants treated with ABA. ABA-treated plants produced 1.3 g/fruit higher average fruit weight than control plants, despite the fact that the difference was not statistically significant. The similar results were observed by Çeliktöpez (2019) at Rubygem cultivar 17.4 g/fruit, Kabarla 13.5 g/fruit and Macit et al., (2011) determined as 10.09, 9.95, and 9.27 g/plant for the Redlans Hope, Camarosa, and Kabarla cultivars, respectively. When compared to previous studies, it is seen that the average fruit weight is higher in our study. These variations are assumed to be due to water use efficiency and the Rubygem strawberry cultivar's morphological and physiological good responses to stress.

Table 1. Average monthly air temperature, relative humidity, and solar radiation values inside and outside the tunnel during the 2018-2019 growing season

Months	Day time average temperature (°C)		Nighttime average temperature (°C)		Day time relative humidity (%)		Nighttime relative humidity (%)		Average solar radiation (W/m ²)	
	Inside	Outside	Inside	Outside	Inside	Outside	Inside	Outside	Inside	Outside
October, 2018	25.14	21.92	16.69	17.87	52.16	55.67	85.25	71.55	371.00	480.60
November, 2018	21.05	18.76	11.83	13.45	48.20	52.08	79.00	75.44	322.27	490.50
December, 2018	17.10	14.55	8.80	10.55	57.45	60.35	86.32	82.55	244.00	470.80
January, 2019	14.47	12.65	7.22	8.71	62.08	64.52	84.70	78.35	239.84	467.00
February, 2019	18.54	16.09	9.53	11.11	54.89	58.35	86.02	78.64	338.75	673.81
March, 2019	22.08	19.09	12.05	13.61	54.61	58.39	87.48	79.89	437.29	859.77
April, 2019	26.47	22.67	14.14	15.38	44.07	49.00	79.54	74.54	497.57	946.93
May, 2019	29.37	26.26	19.06	20.20	49.01	53.07	81.84	74.97	515.48	1012.55
June, 2019	31.18	28.19	21.72	22.49	53.50	57.91	86.79	80.80	524.18	1020.55

Table 2. The effects of four different irrigation regimes and abscisic acid treatments on the average yield per plant during the growing season of Rubygem strawberry cultivar (g/plant)

Yield (g/plant)	Application	Irrigation Level				Application average
		IR50	IR75	IR100	IR125	
	Control	471.9	699.1	1002.7	1123.4	824.3
	ABA	655.1	785.3	997.6	1124.5	890.6
	Irrigation Average	563.5	742.3	1000.1	1123.9	
		C	B	A	A	
LSD_{irr}***= 152.22 LSD_{app} = N. S. LSD_{irr*app} = N. S.						
Different letters were used to show differences in the means. N. S.: Not Significant, ***: p < 0.001; **: p < 0.01; *: p < 0.05.						

3.3. Fruit Quality Parameters

The fruit quality parameters were obtained April harvested fruit due to the highest yield were obtained in this month under Mediterranean region of Turkey.

3.3.1. Fruit Color (L*)

Strawberry fruit color is one of the most important quality indicators. The color of the strawberry that is being supplied to the consumer attracts them as an indicator of market maturity and quality. In strawberry cultivation, these fruits are desired to be bright red for fresh consumption and dark red in flesh color to be used in industry (Kaşka et al., 1986).

The L* represents the dark and brightness of the fruit. Table 4 reflects the average fruit exterior color L values of the Rubygem strawberry cultivar under irrigation and ABA applications. All factor and their interaction were found to be statistically negligible variations in L* values.

The highest L* value was obtained from the IR75 application (38.3*) according to irrigation applications, while the lowest L value was found in the IR125 application (36.5*). Regarding the ABA-treated plants, the highest L* value was obtained from the ABA x IR100 application (39.0*) and the lowest L* value was obtained from the ABA x IR125 application (37.0*). The ABA-treated plants had 0.8 higher L* values than the control plants. In this context, it was determined that ABA increased the quality in terms of color, even though there was no statistical difference. In addition, the lowest L* values were determined in the application with the highest irrigation water, albeit insignificant.

Generally, our results were lined with Kaleci & Günay (2006) found that fruit outer color values were 50* in Tudla; 35* in Camarosa, Elvira, Delmarvel, Annapolis varieties; and 20* in Evita and Elsanta cultivars. In other studies, Adak (2010) determined that the outer color L* values of the fruit varied between 31.87* and 33.12* in their study on strawberries. The findings of these studies appear to be consistent with the findings of our investigation.

3.3.2. Fruit Firmness (Newton)

Genetic characteristics and growing conditions can be effective in establishing different quality criteria such as fruit firmness. Some farming practices, inputs, and harvest time are examples of these factors. The fruit firmness values in April were measured and the average fruit firmness values obtained are presented in Table 5.

In the trial year, the changes in fruit firmness values between various irrigation water applications, ABA application, and irrigation x application interaction were shown to be statistically insignificant.

Although there was no statistically significant difference in average fruit firmness at the combination between ABA and irrigation applications in the Rubygem strawberry cultivar, the fruit flesh firmness ranged between 1.0 lb/inch² and 1.1 lb/inch².

Kaşka et al., (1986) stated in their study on a strawberry that the firmness of the fruit pulp is the most important quality factor in fruit production. The firmness of the strawberry fruits decreases by improving maturity. In a comparable study, Sarıdaş et al., (2019) discovered that the Albion cultivar (1.09 lb/inch²) had the maximum fruit firmness, while the Sevgi cultivar had the

lowest fleshy firmness (0.47 lb/inch²). The study conducted by Gündüz & Özdemir (2012) examine the effects of different growing areas and genotypes on the firmness of fruit, and Camarosa (0.71 kg-k), Carmine (0.67 kg-k), and Kabala (0.67 kg-k) genotypes produced the hardest fruits among the genotypes, while the Osmanlı cultivar yielded the softest fruits (0.22 kg-k).

3.3.3. Soluble Solid Contents (%)

The results of SSC of Rubygem fruits were shown in Table 6. All factors and their interaction were found to be statistically significant at the 1% level.

The amount of SSC was found to vary between 7.6% and 10.4% during the experiment. In irrigation applications, the IR50 application had the greatest contribution SSC value of 9.2%, while the IR125 application had the lowest at 7.6%. In abscisic acid applications, the highest SSC value was obtained from the ABA x IR50 application, 10.4%, and the lowest was 7.7% in the ABA x IR125, ABA x IR100 applications. In this context, it is expected that SSC will increase as the amount of irrigation decreases.

Our results generally in line with Özbahçeli and Aslantaş (2015) who discovered that the SSC value varied between 7.3% (Kabarla) and 9.5% (Rubygem) among cultivars.

When abscisic acid and irrigation interactions are compared, the highest SSC value was determined as 10.4% in ABA x IR50 application and the lowest SSC value was determined as 7.6% in IR125 application. Overall, ABA-treated plants had 0.6 percent more SSC than control plants, according to this study. In this context, it was determined that ABA raised SSC, which is an important quality parameter.

Table 3. The effects of four different irrigation levels and ABA applications on the average fruit weight (g/fruit) of Rubygem strawberry during the growing season

Fruit weight (g/fruit)	Application	Irrigation levels				Application average
		IR50	IR75	IR100	IR125	
	Control	16.7	20.1	22.5	26.8	21.5
	ABA	17.1	21.6	23.9	28.4	22.8
	Irrigation average	16.9 C	20.9 B	23.2 B	27.6 A	
		LSD _{irr} ***= 2.86		LSD _{dapp} = N. S.	LSD _{irrxapp} = N. S.	
Different letters were used to show differences in the means. N. S.: Not Significant, ***: p < 0.001; **: p < 0.01; *: p < 0.05.						

Table 4: The effects of different irrigation levels and ABA applications on fruit outer color of Rubygem strawberry cultivar (L*)

Fruit color (L*)	Application	Irrigation levels				Application average
		IR50	IR75	IR100	IR125	
	Control	37.3	38.3	37.2	36.5	37.3
	ABA	38.5	38.00	39.00	37.00	38.1
	Irrigation average	37.9	38.2	38.1	36.7	
		LSD _{irr} *=1.37		LSD _{dapp} = N. S.	LSD _{irrxapp} = N. S.	
Different letters were used to show differences in the means. N. S.: Not Significant, ***: p < 0.001; **: p < 0.01; *: p < 0.05.						

Table 5: The effects of different irrigation levels and abscisic acid applications on fruit flesh firmness during the growing period of Rubygem strawberry cultivar (lb/inch²)

Fruit firmness (lb/inch ²)	Application	Irrigation level				Application average
		IR50	IR75	IR100	IR125	
	Control	1.00	1.00	1.1	1.00	1.0
	ABA	1.00	1.00	1.1	1.1	1.1
	Irrigation average	1.00	1.00	1.1	1.1	
		LSD _{irr} = N. S.		LSD _{dapp} = N. S.	LSD _{irrxapp} = N. S.	
Different letters were used to show differences in the means. N. S.: Not Significant, ***: p < 0.001; **: p < 0.01; *: p < 0.05.						

3.3.4. pH Content

The differences between the pH values of different irrigation applications in the Rubygem strawberry cultivar were found to be statistically significant at the level of 5% in the trial year, while the differences between the pH values of abscisic acid applications were found to be statistically insignificant. In addition, the differences arising from the interaction between irrigation x application interaction were found to be statistically insignificant in the trial year (Table 7).

It was determined that the pH values varied between 3.86 and 4.0. The greatest pH value was determined as 4.0 from the IR50 application, while the lowest pH value was determined as 3.86 from the IR125 treatment in irrigation applications. The greatest pH value with abscisic acid treatments was 3.98 in the ABA x IR50 application, while the lowest pH value was 3.92 in the ABA x IR125 application.

Table 6: The effects of different irrigation levels and abscisic acid applications on the SSC (%)

SSC (%)	Application	Irrigation levels				Application average
		IR50	IR75	IR100	IR125	
	Control	7.99 b	8.00 b	7.7 b	7.6 b	7.8 B
	ABA	10.4 a	7.9 b	7.7 b	7.7 b	8.4 A
	Irrigation average	9.2 A	7.9 B	7.7 B	7.6 B	
LSDirr **= 0.35 LSDapp **= 0.24 LSDirrxapp **= 0.49						
Different letters were used to show differences in the means. N. S.: Not Significant, ***: p < 0.001; **: p < 0.01; *: p < 0.05.						

Table 7: Effects of different irrigation levels and abscisic acid applications on pH in Rubygem strawberry cultivar.

pH	Application	Irrigation levels				Application average
		IR50	IR75	IR100	IR125	
	Control	4.0	3.96	3.88	3.86	3.9
	ABA	3.98	3.95	3.93	3.92	3.9
	Irrigation average	3.99 A	3.95 AB	3.90 B	3.89 B	
LSDirr*= 0.06 LSDapp = 0.04 LSDirrxapp = 0.09						
Different letters were used to show differences in the means. N. S.: Not Significant, ***: p < 0.001; **: p < 0.01; *: p < 0.05.						

4. Conclusions and Recommendations

Regarding plant yields, the irrigation subjects in IR125, IR100, IR75, and IR 50 were divided into various statistical groups. The highest average yield per plant was obtained from ABA x IR125 application with 1124.5 (g/plant). It was determined that the abscisic acid application increased the yield by approximately 8%, although it was not statistically significant compared to the control conditions. On the other hand, abscisic acid applications had no statistically significant influence on pH, fruit color, fruit firmness, or fruit weight parameters, while a statistically significant effect on SSC parameters. As a result of the effects of ABA on plant growth, ABA treatments may be an essential method for improving fruit quality in water-stressed areas. Although the most severe water stress, IR50, had a favorable effect on pH and SSC, it was discovered that extreme water stress had a detrimental effect, particularly on fruit weight per plant and fruit quantity per plant.

Based on the findings of the study, it is expected that the IR125 and IR100 irrigation regimes could be applied more frequently in future investigations. Furthermore, the findings suggest that combining ABA with the proper amount of irrigation water, as well as ABA applications in water stress or multiple stress circumstances, may be useful in increasing plant adaptation to some extent. In this case, between 575 and 712 mm irrigation water applications with ABA application are advised for optimum yield when strawberries are grown in high tunnels in the Mediterranean environment.

5. Acknowledge

The Coordination Unit of Scientific Research Projects at Çukurova University provided financial assistance for this research through the project FYL-2018-11307.

References

- Adak, N., & Pekmezci, M. (2011). Farklı fide tipleri ve yetiştirme ortamlarının topraksız kültür çilek yetiştiriciliği üzerine etkileri. *Journal of Agricultural Sciences*. 17: 269-278
- Adak, N. (2010). Camarosa çilek çeşidinde değişik EC düzeylerinin verim ve kalite üzerine etkileri. *Derim*, 27(2), 22-33.
- Ağaoğlu, S. Y., & Gerçekçioğlu, R. (2013). Üzümsü Meyveler. Tomurcuk Ltd. Şti. Eğitim Yayınları, No: 1. Ders Kitabı, Ankara, 55-115.
- Ağır, H. B., & Saner, G. (2014). İzmir İli Emiralem Beldesinde Açıkta ve Örtüaltı Çilek Yetiştiriciliğinde Üretim Maliyetlerinin Belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51(2), 145-152.
- Çeliktöpus, E. (2019). Farklı Sulama Düzeyleri ve Biyoaktivatör Uygulamasının İki Çilek Çeşidinde Verim Ve Meyve Kalitesi İle Besin Elementi İçerikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.

- Ghaderi, N., Normohammadi, S., & Javadi, T. (2015). Morpho-physiological responses of strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) to exogenous salicylic acid application under drought stress. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17(1), 167-178.
- Gündüz, K., & Özdemir, E. (2012). Farklı yetiştirme yerlerinin bazı çilek genotiplerinin erkencilik indeksi, verim ve meyve kalite özellikleri üzerindeki etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(1), 27-36.
- Hoppula, K. I., & Salo, T. J. (2007). Tensiometer-based irrigation scheduling in perennial strawberry cultivation. *Irrigation Science*, 25(4), 401-409.
- Kaleci, N., & Günay, S. (2006). Çanakkale Koşullarında Yetiştirilen Bazı Çilek Çeşitlerinin Fenolojik, Pomolojik Ve Verim Özelliklerinin Belirlenmesi. *Bahçe*, 35(1), 47-54.
- Kanber, R., Eylen, M., & Tok, A. (1986). Çukurova Koşullarında Karık ve Damla Sulama Yöntemleri İle Sulanan Çileğin Verim ve Su Tüketimi. Tarsus Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın, (135).
- Kapur, B., Celiktopuz, E., Saridas, M. A., & Kargı, S. P. (2018a). Irrigation Regimes and Bio-stimulant Application Effects on Yield and Morpho-Physiological Responses of Strawberry. *Horticultural Science and Technology*, 36(3), 313-325.
- Kapur, B., Sarıdaş, M. A., Çeliktöpez, E., Kafkas, E., & Kargı, S. P. (2018b). Health and taste related compounds in strawberries under various irrigation regimes and bio-stimulant application. *Food Chemistry*, 263, 67-73.
- Kaşka, N., Yıldız, A., Paydaş, S., Biçici, M., Türemiş, N., & Küden, A. (1986). Türkiye için yeni bazı çilek çeşitlerinin Adana'da yaz ve kış dikim sistemleriyle örtü altında yetiştiriciliğinin verim, kalite ve erkencilik üzerine etkileri. *Doğa Bilim Dergisi*, 10(1), 84-102.
- Krüger, E., Schmidt, G., & Brückner, U. (1999). Scheduling strawberry irrigation based upon tensiometer measurement and a climatic water balance model. *Scientia Horticulturae*, 81, 409-424.
- Kumar, S., & Dey, P. (2011). Effects of different mulches and irrigation methods on root growth, nutrient uptake, water-use efficiency and yield of strawberry. *Scientia Horticulturae*, 127(3), 318-324.
- Liu, F., Savić, S., Jensen, C. R., Shahnazari, A., Jacobsen, S.-E., Stikić, R., & Andersen, M. N. (2007). Water relations and yield of lysimeter-grown strawberries under limited irrigation. *Scientia Horticulturae*, 111(2), 128-132.
- Lozano, D., Ruiz, N., & Gavilán, P. (2016). Consumptive water use and irrigation performance of strawberries. *Agricultural Water Management*, 169, 44-51.
- Maas, J. L., Wang, S.Y., & Galleta, G. J. (1996). Heath Enhancing Properties of Strawberry Fruit, in: Pritts, M.P., Chandler, C.K. and C Rucker, T.E. (eds). *Proceeding of the V North American Strawberry Conference*, Orlando, Florida, 11-18.
- Macit, İ., Koç, A., Güler, S., & Deligöz, İ. (2011). Karadeniz Bölgesinde organik çilek yetiştiriciliği. *Organik Tarım Araştırma Sonuçları*, TC Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, 87-94.
- Özbahçali, G., & Aslantaş, R. (2015). Bazı Çilek Çeşitleri (*Fragaria* × *ananassa* Duch.)'nin Erzurum Ekolojisindeki Performanslarının Belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46(2), 75-84.
- Özdemir, E., Gündüz, K., & Bayazit, S. (2001). Tüplü taze fideyle yüksek tünelde yetiştirilen bazı çilek çeşitlerinin Amik ovası koşullarında verim, kalite ve erkencilik durumlarının belirlenmesi. *Bahçe*, 30(1-2), 65-70.
- Powell, M., Cowan, J., Miles, C., & Inglis, D. A. (2013) Effect of a high tunnel, organic cropping system on lettuce diseases in western Washington. Online. *Plant Health Progress*. doi:10.1094/PHP-2013-0922-01-RS.
- Sarıdaş, M. A., Bircan, M., Karaşahin, Z., Kafkas, E., & Kargı, S. P. (2019). Melezleme Islahı ile Seçilmiş Çilek Genotiplerinde Bazı Pomolojik Özelliklerin Aktif Hasat Sezonu Boyunca Değişimi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3), 506-515.
- Serrano, L., Carbonell, X., Save, R., Marfà, O., Penuelas, J. (1992). Effects of irrigation regimes on the yield and water use of strawberry. *Irrigation Science*, 13, 45-48. doi:10.1007/BF00190244.
- Yılmaz, H. (2009). *Çilek*. Hasad Yayıncılık: 348, İstanbul.
- Yuan, B., Sun, J., & Nishiyama, S. (2004). Effect of drip irrigation on strawberry growth and yield inside a plastic greenhouse. *Biosystems Engineering*, 87(2), 237-245.



The Bees Algorithm Approach to Determining SMC Controller Parameters for the Position Control of a SCARA Robot Manipulator

Sinan İlgen^{1*}, Akif Durdu², Erdi Gülbahçe³, Abdullah Çakan⁴, Mete Kalyoncu⁵

^{1*} KTO Karatay University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Mechatronics Engineering, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5062-9523), sinan.ilgen@karatay.edu.tr

² Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Electrical and Electronics Engineering, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5611-2322), adurdu@ktun.edu.tr

³ KTO Karatay University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Mechatronics Engineering, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-6489-2314), erdi.gulbahce@karatay.edu.tr

⁴ Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Mechanical Engineering, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3923-4069), acakan@ktun.edu.tr

⁵ Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Mechanical Engineering, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-2214-7631), mkalyoncu@ktun.edu.tr

(First received 19 February 2021 and in final form 23 January 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.883266)

ATIF/REFERENCE: İlgen, S., Durdu, A., Gülbahçe, E., Çakan, A. & Kalyoncu, M. (2022). The Bees Algorithm Approach to Determining SMC Controller Parameters for the Position Control of a SCARA Robot Manipulator. *European Journal of Science and Technology*, (33), 267-273.

Abstract

In this study, position control of a SCARA robot manipulator is investigated using the sliding mode control (SMC) method based on parameter optimization using The Bees Algorithm. The modeling the SCARA manipulator is conducted in MSC Adams and the control implementation is carried out in MATLAB software. The numerical model of the SCARA manipulator is acquired by setting up a virtual prototype on MSC Adams software. In addition, the inverse kinematic equations of the SCARA manipulator are formed using Matlab/Simulink software in order to check the accuracy of the created virtual prototype. In addition, the SMC controller parameters are optimized with The Bees Algorithm to get better results. Then, the control performance of the system is examined on the virtual prototype using MSC Adams-MATLAB co-simulation. Moreover, Genetic Algorithm, another meta-heuristic method, is used for parameter optimization and the performance of The Bees Algorithm is compared with the results obtained. As a result, it has been observed that The Bees Algorithm can be used in studies related to the control of robotic systems.

Keywords: Genetic Algorithm, Optimization, Position control, Robot manipulator, Sliding mode control, Simulation, The Bees Algorithm.

Bir SCARA Robot Manipulatörün Konum Kontrolü için SMC Denetleyici Parametrelerini Belirlemeye Yönelik Arı Algoritması Yaklaşımı

Öz

Bu çalışmada, SCARA tip bir robot manipulatörün konum kontrolü, Arı algoritması kullanılarak parametre optimizasyonuna dayanan kayan kipli kontrol (SMC) yöntemi kullanılarak incelenmiştir. SCARA manipulatörün modellenmesi MSC Adams'ta yapılmış ve kontrol uygulaması MATLAB yazılımında gerçekleştirilmiştir. SCARA manipulatörün sayısal modeli, MSC Adams yazılımı üzerinde sanal bir prototip kurularak elde edilmiştir. Ayrıca, oluşturulan sanal prototipin doğruluğunu kontrol etmek için SCARA manipulatörün ters kinematik denklemleri Matlab/Simulink yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Ek olarak, daha iyi sonuçlar elde etmek için SMC kontrolcünün parametreleri Arı Algoritması ile optimize edilmiştir. Ardından MSC Adams-MATLAB eş zamanlı simülasyonu kullanılarak sanal prototip üzerinde sistemin kontrolcü performansı incelenmiştir. Ayrıca, parametre optimizasyonu için bir başka meta-sezgisel yöntem olan Genetik Algoritma kullanılmış ve elde edilen sonuçlar ile Arı Algoritmasının performansı karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, Arı Algoritmasının robotik sistemlerin kontrolü ile ilgili çalışmalarda kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arı algoritması, Genetik Algoritma, Kayan kipli kontrol, Optimizasyon, Robot Manipulatör, Simülasyon, Konum kontrolü.

* Corresponding Author: sinan.ilgen@karatay.edu.tr

1. Introduction

Robot mechanisms are obtained by connecting rigid bodies to each other with the joints which provide movement. They have high mobility and extensive working areas; thus, they are useful in various industrial processes. SCARA robot is one of the attractive fields in industrial automation systems. SCARA robots are commonly used for positioning and handling of materials in industrial applications. Latest technological work has enhanced the efficiency of the SCARA robot control strategy that can be used to replace humans in dangerous, complicated, and repetitive tasks. In robotics, researchers focus on improving of controller performance of the robot manipulator systems in their studies. Modelling and control are a main concern for SCARA robots due to the nonlinearities and complex physical structure. Generally, different types of controllers provide different output performance for the movement of robot. For the control of SCARA robots, controller structures such as PID and fuzzy logic control (FLC) are mostly used. In addition, various combinations of different controller structures are used in the studies (Tarmizi, 2014).

Different researchs on SCARA robots are mentioned in the literature review. But in this paper, the most significant and similar studies are considered and given. Modeling and control of SCARA type robot manipulators is studied by researchers. In (Şahin, 2006), trajectory control of a SCARA manipulator is reported and the control process is carried out with the PID controller structure. In (Saygılı, 2006), design and 3-D simulation of the SCARA robot is presented. Ogulmus et. al. presents dynamic model and position control of a SCARA robot type 3D printer system (Ogulmuş, Çakan, & Tinkır, 2016). Other studies on modeling and control of SCARA robot manipulators are also analyzed (Bruzzone & Bozzini, 2011; Go & Lee, 2001; Surapong & Mitsantisuk, 2016; Urrea, Cortés, & Pascal, 2016; Urrea & Kern, 2012; Wang, Liu, Wei, Xu, & Zhang, 2014).

It has been known that various optimization methods are widely used to improve the controller performance of robot manipulators. These optimization methods are used alone or in a hybrid way. There are many optimization studies in the literature regarding the control of robot manipulators. In these studies, many different optimization methods such as Gravitational Search Algorithm (GSA), Genetic Algorithm (GA), D Star (D*) Algorithm, Simulated Annealing (SA), Gray Wolf Optimizer (GWO), Particle Swarm Optimization (PSO), Differential Evolution (DE) Algorithm, Whale Optimization Algorithm (WOA) have been studied (Beşkirli & Tefek, 2019; Demydyuk & Hoshovs'ka, 2019; Erdogmus & Toz, 2012; Loucif, Kechida, & Sebbagh, 2020; Nadir & Mohammed, 2018; Oliveira, Oliveira, Boaventura-Cunha, & Pinho, 2017; Qiang, Xuhua, Ting, Xiaoxia, & Jianpei, 2019; Raheem & Hameed, 2019; Soltanpour & Khooban, 2013; Zhou, Wang, Zhu, Wang, & Yang, 2019).

In this study, the position control of a SCARA type robot manipulator is carried out to develop the control performance using The Bees Algorithm which is optimizing the SMC controller parameters which is variously used in robotic studies (Ölgün & Tilki, 2020). The modelling and control implementation is conducted by MSC Adams and MATLAB programs which are run simultaneously. In the optimum SMC controller design based on The Bees Algorithm, the objective function is determined as the error that occurs in the system

response. In addition, the optimization process is also carried out with a Genetic Algorithm and a performance comparison is made between the algorithms. When the simulation results of the controlled system, it is observed that the optimization method with The Bees Algorithm is as satisfactory as the Genetic Algorithm in position control.

This paper is organized as follows. The introduction is given in Section I. In Section II, the system modelling, the controller structure, and the algorithms used are reported. Co-simulation control results are given in Section III. Finally, conclusions are reported in Section V.

2. Material and Method

2.1. Modelling of SCARA Robot Manipulator

The dynamic model of the SCARA manipulator is obtained using MSC Adams, which is software used to develop and simulate the multi-body rigid dynamics of systems. The 3-D model of the SCARA robot manipulator created in MSC Adams environment is shown in Fig. 1. Also, the physical properties of the model are shown in Fig. 2.

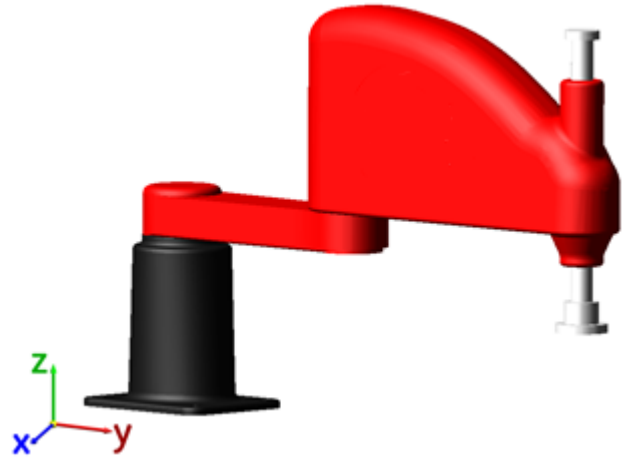


Fig. 1. 3-D model of the SCARA manipulator

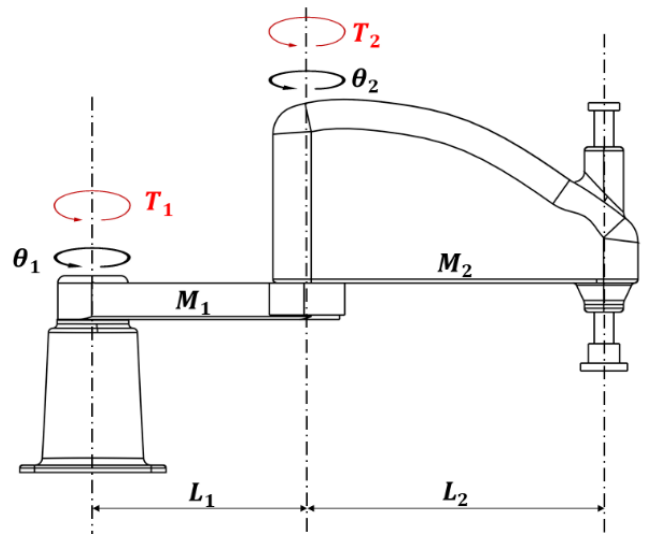


Fig. 2. 2-D model of the SCARA manipulator

In the SCARA maipulator, there are two inputs (torques of actuators) for the robot manipulator. On the other hand, it has

four outputs (angles of the joints and, x and y component of the end position of the model). In Table 1, some properties of the robot manipulator are defined. Additionally, the mass moment of inertia of each link is 0.018 kg.m² and 0.0168 kg.m², respectively.

Table 1. Properties of the SCARA robot manipulator

M_1	M_2	L_1	L_2	T_1	T_2	θ_1	θ_2
0.588	3.465	0.15	0.2	Nm	Nm	Degree	Degree
kg.	kg.	m.	m.				

To control of the robot manipulator, two controllers are designed between both angles of the joints and torques of actuators. For designing of the SMC controller, 2nd order transfer functions are required between θ_1-T_1 and between θ_2-T_2 . The required transfer functions of the system for the controller design are acquired as presented method (using Matlab/System Identification Toolbox) in our previous study (İlgen, 2019; İlgen, Durdu, Gülbahçe, & Çakan, 2018).

2.2. Implementation of SMC Controller Structures

For the 1st joint, (1) and (2) are attained if the inverse Laplace transform is applied, and some simplifications are done in the transfer function to return to time domain. Also, the sliding surface can be specified in (3).

$$\ddot{\theta}_1(t) + F\dot{\theta}_1(t) + Q\theta_1(t) = A T_1(t) \quad (1)$$

$$\ddot{\theta}_1(t) = -F\dot{\theta}_1(t) - Q\theta_1(t) + A T_1(t) \quad (2)$$

$$s = \dot{e}(t) + \lambda_1 e(t) = \dot{\theta}_{1d}(t) - \dot{\theta}_1(t) + \lambda_1(\theta_{1d}(t) - \theta_1(t)) \quad (3)$$

The derivative of (3) is shown in (4). The first and second derivatives of $\theta_{1d}(t)$ are zero if $\theta_{1d}(t)$ is considered constant. Hence (4) is rewritten as in (5).

$$\dot{s} = \ddot{\theta}_{1d}(t) - \ddot{\theta}_1(t) + \lambda_1(\dot{\theta}_{1d}(t) - \dot{\theta}_1(t)) \quad (4)$$

$$\dot{s} = -\ddot{\theta}_1(t) + \lambda_1(-\dot{\theta}_1(t)) = -K \cdot \text{sign}(s) \quad (5)$$

The $T_1(t)$ control signal can be produced in (6) if (2) is substituted in (5).

$$T_1(t) = -\frac{1}{A_1} [(F_1 - \lambda_1)\dot{\theta}_1(t) + Q_1\theta_1(t) + K_1 \text{sign}(s)] \quad (6)$$

When the same procedures are made for the 2nd joint $T_2(t)$ control signal can be produced as in (7).

$$T_2(t) = -\frac{1}{A_2} [(F_2 - \lambda_2)\dot{\theta}_2(t) + Q_2\theta_2(t) + K_2 \text{sign}(s)] \quad (7)$$

In these control signals (T_1 and T_2), A_1 , A_2 , F_1 , F_2 , Q_1 and Q_2 are the parameter values taken from the transfer functions (İlgen, 2019). On the other hand, K_1 , K_2 , λ_1 and λ_2 are the controller coefficients. These coefficients are firstly obtained by trial and error. Then, to get better results, the coefficients are optimized by The Bees Algorithm.

2.3. Optimization of SMC Controller Parameters with The Bees Algorithm

The Bees Algorithm is a heuristic search algorithm which is a population-based. It is included that mimics the collective intelligence characteristics of bees such as resource-seeking behaviour, learning, recall, and information sharing. (D. Pham et al., 2005; D. T. Pham et al., 2006). Pham and Kalyoncu reported The Bees Algorithm based Fuzzy Logic and PID controllers to control a flexible link robot manipulator. These studies are the first theoretical and experimental studies of controller optimization using The Bees Algorithm (D. Pham & Kalyoncu, 2009; D. Pham, Koç, Kalyoncu, & Tınkır, 2008). Şen and Kalyoncu designed PID and LQR controller with The Bees Algorithm for the inverted pendulum system in order to examine the performance of The Bees Algorithm in controller optimization (Sen & Kalyoncu, 2015, 2016). As a result of the studies, it is observed that The Bees Algorithm gives successful results in the optimization of the controller parameters and the position control of the system is improved compared to the traditional methods. In addition, it is stated that The Bees Algorithm enables the adjustment of transient and steady state response criterias (settling time, maximum overshoot, steady state error, etc.) of the system.

First proposed by DT Pham et al in 2006, the parameters belonging to the basic Bee Algorithm are as follows: the number of explorer bees (n), the number of most suitable regions among the n points visited (m), the number of elite regions in the selected m regions (e), the number of bees sent to the best e region (nep), the number of bees sent to the remaining (m-e) area (nsp), the region size (ngh) and number of stop criteria / iterations (itr).

The stages of The Bees Algorithm could be explained as follows. The Bee Algorithm starts with the random placement of n explorer bees in the research area. Then, the compatibility of the points visited by the explorer bees with respect to each other is evaluated in the 2nd step. m regions with more suitability values among n regions are selected in step 3. In steps 4 and 5, elite regions (e) with the best fit and the remaining regions (m-e) are selected among m regions. Neighbourhood search size (ngh) of these regions is defined. For neighbourhood search in selected regions (search for the most suitable points in the region), a detailed search is made by sending more follower bees (nep) to the best e region, which represents more promising solutions, and less follower bees (nsp) to other regions. Within each region, the bee with the most suitable value is selected. In the 6th, 7th, and 8th steps, except for The Bees with the most suitable value in each region, other bees are split from the research area. Other bees in the population (n-m) are randomly located back into the research space to discover new possible solutions. The optimization is continued until the stop criterion (itr) is met. At the end of each iteration, the new population consists of two parts, the representatives of each selected region and the random search scout bees. The main steps of The Bees Algorithm is given in Fig. 3. (D. Pham et al., 2005).

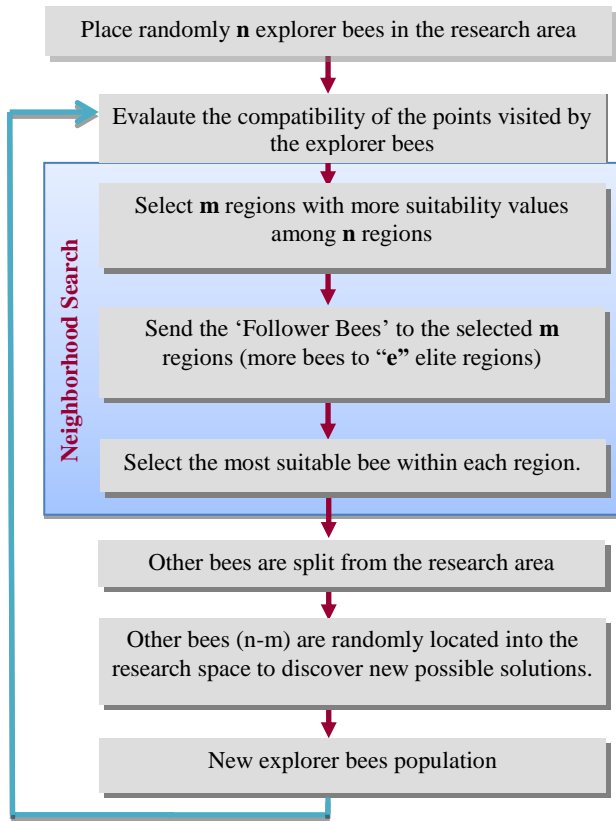


Fig. 3. Flowchart of The Bees Algorithm

In Fig. 4., the block diagram of the SCARA manipulator is shown. The position control of the system is ensured by two optimized closed loop SMC controller based on parameter optimization by The Bees Algorithm. The system inputs are the torques on the joints (T_1 and T_2). Outputs of the system are joints' angles (θ_1 and θ_2) and x-y components of the end position. The SMC provide the controller signal for generate torques the SCARA manipulator to move to the desired reference position.

In this study, the pre-designed SMC controller parameters are optimized using The Bees Algorithm to improve control performance. The optimum SMC controller design is aimed to movement of the end of SCARA manipulator to the reference position. Thus, the objective function is defined as the error that occurs in the system response. The objective function equation (J) and the equation of the error (ITAE) are given in (8) and (9) respectively.

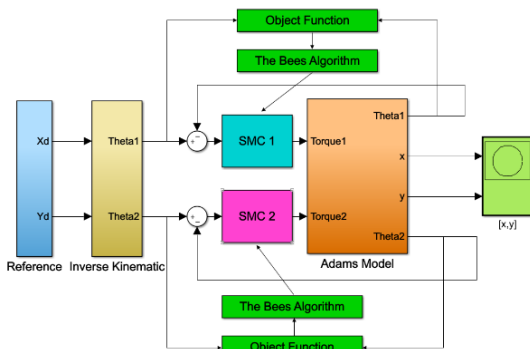


Fig. 4. Block diagram of the system

$$J = (ITAE)_{teta1} + (ITAE)_{teta2} \tag{8}$$

$$ITAE = \int_0^{\infty} t|e(t)|dt \tag{9}$$

In Table 2 and Table 3, the ranges of optimized controller coefficients and the parameter values of The Bees Algorithm are given, respectively. The experiences obtained from the existing studies on The Bees Algorithm (D. Pham & Kalyoncu, 2009; D. Pham et al., 2008) in subjects such as determining the objective function, determining the parameters and optimization intervals of The Bees Algorithm are taken into consideration.

Table 2. Range of controller coefficients for The Bees Algorithm

	K_1	K_2	λ_1	λ_2
Minimum	0	0	0	0
Maximum	1000	1000	20	20

Table 3. The Bees Algorithm parameters

Iter. No.	n	m	e	nep	nsp	ngh
30	8	4	2	4	7	0.1

2.3. Genetic Algorithm

The Genetic Algorithm (GA) is a search method used to find approximate solutions to optimization issues. John Holland firstly proposed the GA in 1975, inspired by genetic operations such as mutation, crossover, and selection. The flowchart of the GA is given in Figure 5. This process, shown in the flowchart, is repeated until the appropriate solution or the maximum number of iterations is reached. The population size and crossover and mutation rates given as inputs are the important parameters which affects the performance of the algorithm. The GA may not succeed in a perfect solution because it does not produce a lot of different states to attain the best but it is one of the best algorithm taking time constraints into consideration (Önen, Cakan, & Ilhan, 2019).

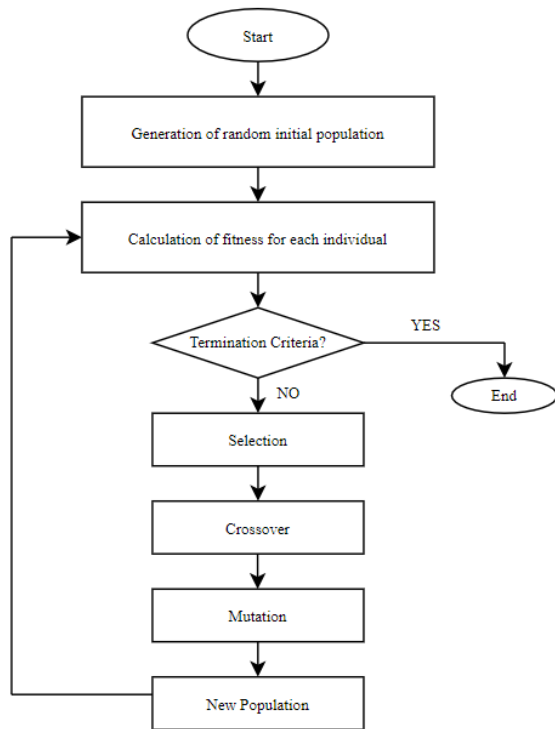


Fig. 5. Flowchart of The Genetic Algorithm

3. Results and Discussion

In this part, the controller performance is verified on the simulation. The optimized controller coefficients are given in Table 4. According to these obtained parameters, to verify the output of the controller, the controlled system responses and the simulation outcomes are examined.

Table 4. The optimized controller coefficients

Controller coefficients	The Bees Algorithm	Genetic Algorithm
K_1	463.0594	805.6976
K_2	718.2314	660.1463
λ_1	6.0897	1.7461
λ_2	7.9858	2.3511

In the system, the robot manipulator is located at the origin in the coordinate system. The position of the end-effector of the robot manipulator is determined as (0,350) point. The robot manipulator is expected to reach the point (200,50) quickly with the help of the controller. The responses of the joints' angles are given in Fig. 6 and Fig. 7, respectively. It can be noticed that the position of the manipulator is adequate for both angles of the joints. In addition, it is seen that The Bees Algorithm approaches to the desired final value faster than the Genetic Algorithm for response of angles.

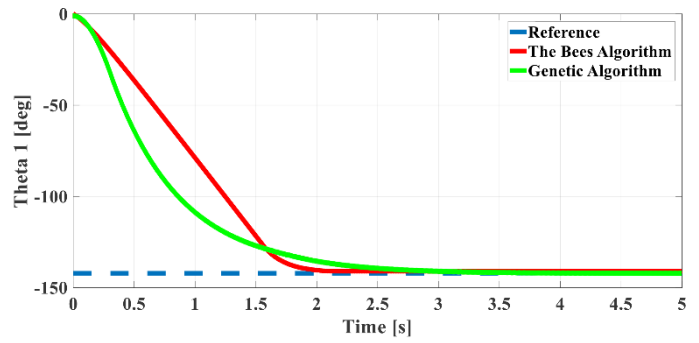


Fig. 6. Control response of θ_1

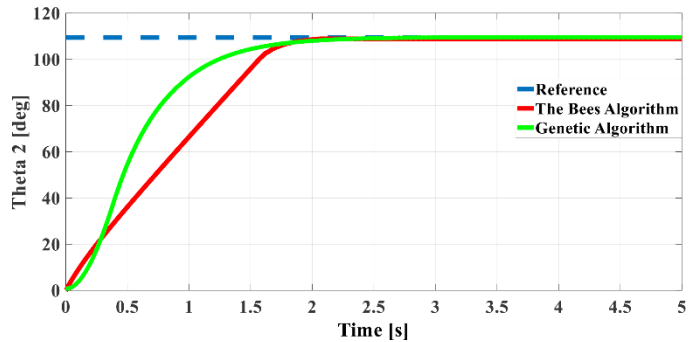


Fig. 7. Control response of θ_2

The controller response of the end-effector position of the second link in the x-y plane is illustrated separately in Fig. 8 and Fig. 9. It has been observed that the GA is faster than The Bees Algorithm in reaching the x-200 position. On the other hand, it is seen that The Bees Algorithm is faster in reaching the y-50 position.

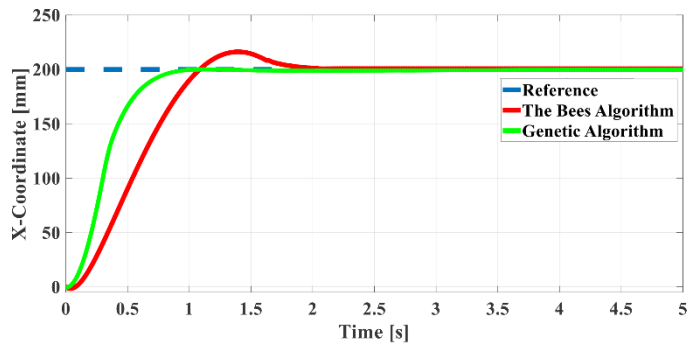


Fig. 8. The end-effector position control in x-coordinate

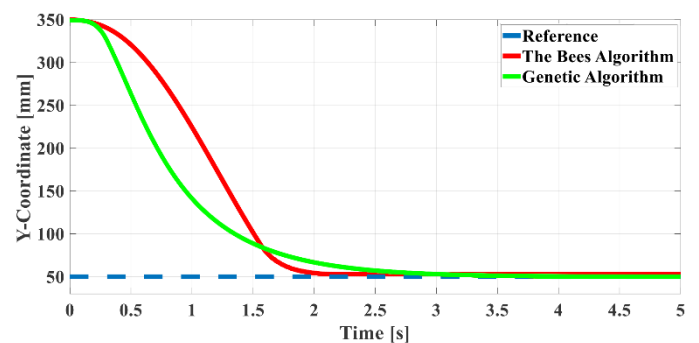


Fig. 9. The end-effector position control in y-coordinate

When the results are evaluated, it is understood that the SMC controller method designed with proposed The Bees Algorithm provide sufficient level of controller performance. When compared with the genetic algorithm, which is a widely

used meta-heuristic method, it is seen that The Bees Algorithm also gives satisfactory output answers.

4. Conclusion

In this study, the position control of a SCARA robot manipulator is performed. A SMC controller is designed to control the position, and the control parameters are firstly obtained by trial and error. Then, The Genetic Algorithm (GA) and The Bees Algorithm are used to determine the SMC parameters. As a result of the simulation studies carried out in Matlab/Simulink environment, it has been observed that both algorithms are successful in determining the SMC control parameters and the robot manipulator comes to the desired reference positions. It is predicted that by changing the parameters of The Bees Algorithm, different configurations can be obtained, different objective functions can be determined, different controllers can be optimized, and successful results can be obtained in experimental and simulation studies. In future studies, it is aimed to compare the control performance obtained as a result of optimization of SMC controller coefficients with other different meta-heuristic algorithms.

5. Acknowledge

The authors are thankful to the Konya Technical University Rac-Lab Research Laboratory (www.rac-lab.com) and the Faculty of Engineering, KTO Karatay University.

References

- Beşkirli, M., & Tefek, M. F. (2019). Parçacık Sürü Optimizasyon Algoritması Kullanılarak Optimum Robot Yolu Planlama. *European Journal of Science and Technology*, 201-213. doi:10.31590/ejosat.637832.
- Bruzzzone, L., & Bozzini, G. (2011). A statically balanced SCARA-like industrial manipulator with high energetic efficiency. *Meccanica*, 46(4), 771-784.
- Demydyuk, M., & Hoshovs'ka, N. (2019). Parametric Optimization of the Transport Operations of a Two-Link Manipulator. *Journal of Mathematical Sciences*, 238(2), 174-188.
- Erdogmus, P., & Toz, M. (2012). Heuristic optimization algorithms in robotics *Serial and Parallel Robot Manipulators-Kinematics, Dynamics, Control and Optimization* (pp. 311-338): InTech Publisher.
- Go, S. J., & Lee, M. C. (2001). Design of a fuzzy-sliding mode controller for a SCARA robot to reduce chattering. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 15(3), 339-350.
- İlgen, S. (2019). *Robot manipulatorların performanslarına yönelik kontrol uygulamaları*. Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya Teknik Üniversitesi.
- İlgen, S., Durdu, A., Gülbahçe, E., & Çakan, A. (2018). *Sliding Mode Control of a Two-link Robot Manipulator Using Adams & Matlab Software*. Paper presented at the 2018 6th International Conference on Control Engineering & Information Technology (CEIT).
- Loucif, F., Kechida, S., & Sebbagh, A. (2020). Whale optimizer algorithm to tune PID controller for the trajectory tracking control of robot manipulator. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences Engineering*, 42(1), 1-11.
- Nadir, B., & Mohammed, O. (2018). Optimization the Trajectories of Robot Manipulators Along Specified Task. *International Journal of Intelligent Engineering Systems*, 11(1), 11-19.
- Ogulmuş, A. S., Çakan, A., & Tınkır, M. (2016). Modeling And Position Control Of Scara Type 3D Printer. *International Journal Of Scientific Technology Research*, 5, 140-143.
- Oliveira, J., Oliveira, P. M., Boaventura-Cunha, J., & Pinho, T. (2017). Chaos-based grey wolf optimizer for higher order sliding mode position control of a robotic manipulator. *Nonlinear Dynamics*, 90(2), 1353-1362.
- Ölgün, M., & Tilki, U. (2020). Neural Network Based Sliding Mode Controller with Genetic Algorithm for Two Link Robot Manipulator. *European Journal of Science and Technology*, 120-129. doi:10.31590/ejosat.araconf16.
- Önen, Ü., Cakan, A., & İlhan, I. (2019). Performance comparison of optimization algorithms in LQR controller design for a nonlinear system. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 27(3), 1938-1953.
- Pham, D., Ghanbarzadeh, A., Koc, E., Otri, S., Rahim, S., & Zaidi, M. J. T. N., Manufacturing Engineering Centre, Cardiff University, UK. (2005). The bees algorithm.
- Pham, D., & Kalyoncu, M. (2009). *Optimisation of a fuzzy logic controller for a flexible single-link robot arm using the Bees Algorithm*. Paper presented at the 2009 7th IEEE International Conference on Industrial Informatics.
- Pham, D., Koç, E., Kalyoncu, M., & Tınkır, M. (2008). Hierarchical PID controller design for a flexible link robot manipulator using the bees algorithm. *Methods*, 25, 32.
- Pham, D. T., Ghanbarzadeh, A., Koç, E., Otri, S., Rahim, S., & Zaidi, M. (2006). The bees algorithm—a novel tool for complex optimisation problems *Intelligent production machines and systems* (pp. 454-459): Elsevier.
- Qiang, L., Xuhua, S., Ting, L., Xiaoxia, C., & Jianpei, Z. (2019). *Multi-objective optimization based self tuning robot manipulator Controller*. Paper presented at the 2019 Chinese Control And Decision Conference (CCDC).
- Raheem, F. A., & Hameed, U. I. (2019). Heuristic D* Algorithm Based on Particle Swarm Optimization for Path Planning of Two-Link Robot Arm in Dynamic Environment. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, 15(2), 108-123.
- Saygılı, Ç. (2006). *Design and animation of a Scara type robot*. Master thesis of Mechanical Eng. Dept. of Selçuk University.
- Sen, M. A., & Kalyoncu, M. (2015). *Optimisation of a PID controller for an inverted pendulum using The Bees Algorithm*. Paper presented at the Applied Mechanics and Materials.
- Sen, M. A., & Kalyoncu, M. (2016). Optimal tuning of a LQR controller for an inverted pendulum using the bees algorithm. *J Autom Control Eng*, 4(5).
- Soltanpour, M. R., & Khooban, M. H. (2013). A particle swarm optimization approach for fuzzy sliding mode control for tracking the robot manipulator. *Nonlinear Dynamics*, 74(1), 467-478.
- Surapong, N., & Mitsantisuk, C. (2016). Position and force control of the SCARA robot based on disturbance observer. *Procedia Computer Science*, 86, 116-119.
- Şahin, Y. (2006). PID control application of trajectory control of a Scara type robot. *Mater Thesis, Dept. Mechanical Eng. Dept., Selçuk University*.
- Tarmizi, M. R. (2014). *Design and modelling of 6 DOF revolute robot using fuzzy PID controller*. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia.

- Urrea, C., Cortés, J., & Pascal, J. (2016). Design, construction and control of a SCARA manipulator with 6 degrees of freedom. *Journal of applied research and technology*, 14(6), 396-404.
- Urrea, C., & Kern, J. (2012). Modeling, simulation and control of a redundant SCARA-type manipulator robot. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 9(2), 58.
- Wang, N., Liu, J., Wei, S., Xu, Z., & Zhang, X. (2014). *The control system design of a SCARA robot*. Paper presented at the International Conference on Intelligent Robotics and Applications.
- Zhou, Z., Wang, C., Zhu, Z., Wang, Y., & Yang, D. (2019). Sliding mode control based on a hybrid grey-wolf-optimized extreme learning machine for robot manipulators. *Optik*, 185, 364-380.



Yoğun Hesaplama ve Zaman Gerektiren İşlemlerin Sunucularda Yapılması

Ramazan Akkurt^{1*}, M. Ferhat Tüysüz²

^{1*} Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-2319-9887), rakkurt@mersin.edu.tr

² Northumbria University, Computer and Information Sciences Department, Newcastle, England, (ORCID: 0000-0002-8955-9710), mehmet.tuysuz@northumbria.ac.uk

(İlk Geliş Tarihi 28 Mayıs 2021 ve Kabul Tarihi 25 Aralık 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.944342)

ATIF/REFERENCE: Akkurt, R. & Tüysüz, M. F. (2022). Yoğun Hesaplama ve Zaman Gerektiren İşlemlerin Sunucularda Yapılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 274-279.

Öz

Günden güne artan mobil cihaz sayısı, birçok büyük veya küçük ölçekli kullanıcı isteklerinin mobil cihazlara kaymasına sebep olmuştur. Bu artış cihazların sahip olduğu iş yükünü de buna bağlı olarak arttırmıştır. Ancak sınırlı kaynakları olan mobil cihazların, bazı büyük işlemleri lokal olarak kendi bünyesinde çalıştırması bazen uzun bekleme sürelerine sebep olmakta, bazen de kullanıcı deneyimini kötü etkilemektedir. Mobil cihazların sahip olduğu bu tarz işlemlerin daha hızlı ve etkili bir şekilde çalıştırılması ve sonuçlarının cihaza tekrar döndürülmesini sağlayan mobil uç hesaplama (Mobile Edge Computing) sistemi günümüzde çeşitli ağ teknolojileri ile mümkün hale gelmiştir. Bu çalışma kapsamında yoğun şekilde CPU kullanımına ihtiyaç duyan ve uzun gecikme sürelerine sebep olan multi-thread yapılı bir mobil uygulama geliştirilmiş ve bu mobil uygulamanın lokal ve MEC sistemindeki performanslarının karşılaştırılması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mobil Uç Hesaplama, Veri Boşaltma, Mobil Bulut Hesaplama, Hücresel Ağlar.

Performing CPU-intensive and Long Time Consuming Tasks on Servers

Abstract

The increasing number of mobile devices day by day has caused many large and small scale user requests to shift to mobile devices. This increase has raised the workload of devices accordingly. However, Mobile devices with limited resources sometimes evaluate some large processes locally, causing long waiting times and sometimes adversely affecting the user experience. The MEC (Mobile Edge Computing) system, which enables such processes to be evaluated faster and more effectively and the results are returned to the device, that mobile devices have, has been developed with various network technologies today. In this study, a multi-thread mobile application that requires heavy CPU usage and has long delay has been developed and the performance of this mobile application in local and MEC systems has been compared.

Keywords: Mobile Edge Computing, Offloading, Mobile Cloud Computing, Cellular Network.

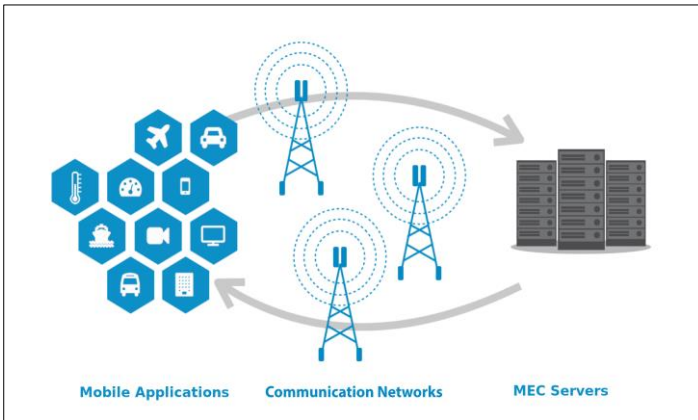
¹Sorumlu Yazar: rakkurt@mersin.edu.tr

1. Giriş

Günümüz teknolojileri ile birlikte kullanıcı taleplerindeki artışa bağlı olarak, yüksek kaynağa ihtiyaç duyan mobil uygulamalar da yaygın hale gelmiştir. Artırılmış sanal gerçeklik (Augmented reality), video editing ve image processing gibi mobil cihazlara büyük bir yük getiren uygulamalar, cihazların kaynaklarını uzun süreler meşgul etmekte ve büyük miktarlarda enerji tüketimine sebep olmaktadır. Sınırlı kaynaklara sahip mobil cihazların bu şekilde ki uygulamaları kendi bünyesinde değerlendirmesi, uzun gecikme sürelerine neden olarak kullanıcı deneyimini kötü etkilemektedir. Bu tarz sorunları ortadan kaldırmak için çözüm önerisi olarak getirilen Mobile Cloud Computing (MCC), mobile cihazlara güçlü CPU kaynakları ve büyük miktarda depolama alanları gibi geniş kaynaklar sunmaktadır [1, 2]. Ancak, MCC kaynaklarının sabit ve merkezi olarak konumlandırılması, coğrafik koşullar göz önünde alındığında, mobil cihazlar ve MCC kaynakları arasındaki mesafeden kaynaklı olarak, uçtan uca gecikmenin uzun olması anlamına gelmektedir [3,4]. Uzun gecikme sürelerinin önüne geçmek için Cloud kaynaklarının kullanıcıya daha yakın olarak konumlandırılması ile Mobile Edge Computing (MEC) kavramı ortaya çıkmıştır [5-7]. Yüksek download-upload hızları ve geniş kapsama alanı sunan 5G ağ teknolojisi, mobil cihazlar ve MEC kaynakları arasındaki iletişim için gecikmeleri çok düşük seviyelere çekmektedir. Yüksek CPU kaynağı ve enerji tüketimi gerektiren uygulamalar MEC sistemine mobil cihaz adına yürütülmek üzere gönderilmektedir. MEC sistemi bu tarz büyük kapasiteli uygulamaları kendi bünyesinde yürüterek, sonuçları mobil cihaza göndermektedir. Bu şekildeki iş yükünün tamamının veya belirli parçalarının MEC tarafından üstlenilmesi, düşük cevap süresi gerektiren uygulamalar için hem düşük bir gecikme süresi hem de cihazlar için pil tasarrufu anlamına gelmektedir.

1.1. MEC Sistemi ve Yapısı

MEC sistemi güçlü cloud kaynaklarının dağıtık olarak konumlandırıldığı bir sistem olarak tasarlanmıştır. Mobil cihazların ilk olarak iletişim kurduğu erişim noktalarına veya baz istasyonlarına yakın olarak konumlandırılmışlardır [8, 9]. Bu yakınlık sayesinde uçtan uca gecikme sürelerinin çok kısa olması nedeniyle mobil cihazlara büyük avantajlar sağlamaktadır [10-12].



Şekil 1. MEC Sistemi ve Yapısı

Mobil cihazlar kendi lokal kaynaklarında çalıştıramadığı, yüksek pil gücü veya işlemci gereksinimi nedeniyle zorlanarak/verimsiz çalıştırabildiği uygulamaları MEC sisteminin kaynaklarından yararlanarak (MEC sunucularında değerlendirilen uygulama

verilerinin tekrar mobil cihaza gönderilmesiyle) sağlayabilmektedirler. MEC sisteminin MCC'ye göre yakınlık, düşük gecikme süresi, yüksek bant genişliği, gerçek-zamanlı trafik yönetimi ve konum farkındalığı gibi temel avantajları da bulunmaktadır.

MEC sistemi veri boşaltma (Offloading), Kaynak Tahsisi (Resource Allocation) ve Hareketlilik Yönetimi (Mobility Management) gibi 3 temel yapıda çalışma alanı mevcuttur. Bu üç yapı için temel olarak MEC sistemine ne gibi işlevsellikler kattığına aşağıda kısaca değinilmiştir.

1.2. Veri Boşaltma

MEC kaynakları ve mobil cihazlar arasındaki iletişim ve veri transferi hücresel ağ trafiğini etkilemeden ayrı bir iletişim kanalı üzerinden boşaltma (offloading) olarak gerçekleştirilmektedir [13-15]. Offloading veri iletimi Küçük Hücre Ağları (SCN), Wifi offloading ve Ad-Hoc temelli offloading olarak üç şekilde gerçekleştirilmektedir.

Mobil cihazdaki uygulama verileri çalıştırılmak üzere yukarıda bahsedilen iletim modelleri kullanılarak MEC sistemine aktarılmaktadır. Uygulamalar tamamen lokal cihazda çalıştırılabilir veya tamamı MEC'te çalıştırılabilir (Tam Offloading) ya da belirli parçalar lokalde kalan diğer parçalar ise MEC'te çalıştırılabilir (Yarı-Offloading) şekilde 3 farklı iletim modeli olarak gerçekleştirilmektedir [16]. Offload olarak iletim yapılacak uygulama parçalarına nasıl karar verilecek? Hangi durumlarda offload yapılmalı/yapılmamalı ya da en ideal offloading kararı nasıl verilmeli? gibi temel konular, offloading kararları (offloading decisions) konu başlığında irdelenen temel çalışma konularıdır [17, 18].

1.3. Kaynak Tahsisi

MEC sistemi birden fazla kullanıcıya aynı anda cevap verebilecek kaynak kapasitesine sahiptir. Birden fazla mobil cihaz MEC sisteminden aynı anda yararlanabilmektedir. MEC, en ideal ve uygun gecikme sürelerinde, kullanıcıların taleplerini karşılayabilmek için kaynaklarını belirli oranlarda tahsis eder [19, 20]. Kaynak tahsisi kullanıcıların talep ettiği iş yüküne göre farklılık göstermektedir. Hangi cihaza ne kadar kaynak tahsis edilecek ve bu kaynaklar ortalama ne kadar sürede meşgul edilecek gibi tasarım sorunları MEC sisteminde hala araştırma konuları arasında yer almaktadır [21]. MEC bazı durumlarda komşu MEC sistemler ile iş birliği içinde çalışarak kendi içinde de yük dengeleme yapabilme olanağına sahiptir. Aşırı yük binen bir MEC sistemi kendi yükünü komşu MEC sistemi ile paylaşabilmektedir.

1.4. Hareketlilik Yönetimi

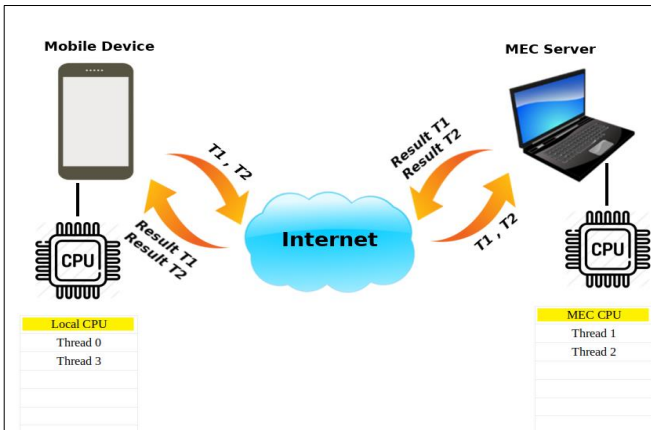
Hücresel ağ kullanarak iletişim sağlayan mobil cihazların, bulunduğu konumlardan sürekli olarak hareket halinde olması durumunda ortaya çıkabilecek sorunlar ele alınması gereklidir. Kullanıcıların MEC kaynaklarını kullandıkları lokasyondan ayrılması veya uzaklaşması, MEC sistemi ile kullanıcı arasındaki mesafeden kaynaklı olarak gecikme sürelerinin artmasına sebep olacaktır. Geleneksel mobil iletişim teknolojilerinde kullanılan handover (el değiştirme) sistemi sayesinde servis aldığı hücresel ağın kapsama alanından uzaklaşan veya ayrılan kullanıcının, alınan servisin devamlılığı için yeni bulunduğu lokasyondaki en uygun ağa devredilmesi gereklidir [22, 23]. İletişimin en temel problemlerinden biri

kullanıcıların hareketli olmasından dolayı ortaya çıkan hareketliliğin yönetilmesinin güçlüğüdür [24]. Hareketlilik yönetiminin amacı ağların etki alanı içinde hareket halindeki birimler ile sağlıklı bir şekilde iletişim kurmak ve bu iletişimin devamlılığını sağlamaktır. Bu sayede gelen ve giden veriler kesintisiz bir şekilde hareket halindeki kullanıcılara ulaşabilmektedir. Yukarıda bahsedilen handover senaryosu MEC sistemi içinde aynı anlama gelmektedir. Bir mobil cihaz MEC sisteminden yararlanırken, konumunu değiştirdiği anlarda MEC sistemleri arasında da servis migrasyonu yapılması gerekmektedir. Mobil cihazın mevcut MEC sistemden aldığı servisler ve tahsis ettiği kaynaklar, hiçbir kesinti olmadan bulunduğu konumdaki en ideal ve yakın MEC sistemine taşınır [25-27]. Bu tarz senaryolarda servis kalitesi bozulmadan ve uzun bekleme sürelerine neden olmadan servis migrasyonunun yapılması gerekmektedir. En ideal yeni MEC sisteminin seçilmesi temel tasarım sorunlarının başlıcalarındandır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Sistem Modeli

Çalışmamızda kullanılmak üzere bir adet mobil cihaz ve MEC sistemini temsil edecek şekilde programlanmış yüksek CPU kaynağı olan bir adet dizüstü bilgisayar kullanılmıştır. Her iki platformda da (MEC sistemini temsil eden dizüstü bilgisayar ve mobil cihaz) kullanılmak üzere yüksek CPU kullanımı gerektiren bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Geliştirilen uygulamanın tüm iş yükünü mobil cihaz tek başına kaldıracak kadar yeterli kaynağa sahip değildir. Mobil cihaz kendi kaynaklarını kullanarak uygulamayı yürüttüğünde büyük bir yürütme gecikmesi ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu noktada MEC sistemi devreye girerek uygulamanın daha kısa sürelerde yürütülmesine olanak sağlamaktadır. Şekil 2’de gösterilen iletişim modeli kullanılarak uzun gecikme sürelerinin önüne geçmek için, uygulamada uzun bekleme sürelerine neden olan threadler, ağ üzerinden MEC sistemine iletilir. İletilen bu threadler, mobil cihaz yerine güçlü kaynakları sayesinde MEC sistemi tarafından değerlendirilir. Bu modelde mobil cihaz, sadece MEC sistemine uygulama verilerini iletmekten ve sonuçları MEC’ten alma görevini yerine getirmektedir.



Şekil 2. Sistem Modeli

2.2. Uygulama ve MEC Arasındaki İletişim Modeli

Uçlar arası iletişim için gRPC kullanılmıştır [28]. gRPC google tarafından geliştirilen ve platform bağımsız, açık kaynaklı ve yüksek performanslı bir RPC framework'üdür. Diğer web

$$L_T = L_O + E_M + L_R \quad (1)$$

Olarak hesaplanmaktadır.

servislere nazaran daha hızlı olan, implementasyonu daha kolay olan ve Http/2 stream desteği sunduğu için uçları arası iletişimde gRPC kullanılmıştır. Uçlar arası serileştirme için gRPC ile tam uyumlu olarak çalışan Protobuf kullanılmıştır [29]. Protobuf (Protocol Buffers) Google tarafından geliştirilmiş bir binary serileştirme protokolüdür. Hem MEC tarafında hem de Mobil uygulama tarafında aynı dilin konuşulması için uygun bir proto file oluşturulmuştur. Mobil cihaz göndermek istediği verileri serileştirir (serialization) ve gRPC kullanarak ağ aracılığıyla bu verileri MEC server'a iletir. MEC server alınan verileri tam tersi yönde serileştirerek (deserialization) elde eder. MEC server aldığı bu veriler dahilinde mobil cihazın yerine kendi kaynaklarını kullanarak var olan işi yerine getirir. MEC server'ın ürettiği sonuçlar mobil cihaza iletilirken de aynı yapıyı kullanır. Bu sayede platform ve kullanılan teknolojiler bağımsız olarak aynı dili konuşan 2 adet uç nokta birbirleriyle sorunsuz şekilde iletişim kurabilmektedir.

2.3. Mobil Uygulama

Android ortamında geliştirilen multi-thread yapıları mobil uygulama, yoğun olarak CPU kullanımı ve buna bağlı olarak pil tüketimi ile cihaz kaynaklarını büyük oranda meşgul edecek şekilde tasarlanmıştır. Geliştirilen uygulama, gereksinim duyduğu işleri yerine getirmek için 4 adet eşzamanlı thread kullanmaktadır. Threadler işlemciyi yoğun şekilde kullanacak hesaplama işlemleri (Büyük sayıların fibonacci serileri ve faktöriyel hesaplamaları, çok sayıda rastgele şifre oluşturucu, Oluşturan şifreleri MD5 ile şifreleme vb.) ile hem cihaz kaynaklarını yoğun şekilde meşgul etmekte hem de büyük miktarlarda pil tüketimine sebep olmaktadır. Mobil uygulama threadlerinin sonuçlanması oldukça uzun bekleme sürelerine sebep olmaktadır.

2.4. MEC Sistemi ve Yapısı

Mobil cihazdan gelecek isteklere cevap verebilecek uygun bir MEC server programlanmıştır. MEC Server mobil cihazdan gelen talep doğrultusunda, kendi kaynaklarını kullanarak değerlendireceği threadler için gerekli verileri mobil cihazdan talep eder. Mobil cihaz, MEC'te değerlendirilmesini istediği thread'lere ait bytecode'ları, global değişkenleri ve kullanılan metotların aldığı parametre değerlerini MEC server'a offload veri iletim yönetimi ile iletmektedir. MEC server cihazdan gelen bytecode'ları saklayarak bir sonraki istekte tekrar cihazdan yüklemek yerine sakladığı bu bytecode'lardan yararlanır. MEC server aldığı bytcode'lardan yararlanarak thread'leri bir arayüz aracılığıyla ayağa kaldırır. Global değişkenleri ve parametreleri atan threadler eşzamanlı olarak MEC server kaynakları kullanılarak çalıştırılırlar. MEC server her thread için üretilen sonuçları mobil cihaza iletir. Güçlü kaynaklara sahip MEC server mobil cihaza kıyasla bu işleri daha kısa sürelerde gerçekleştirmektedir.

2.5. Performans Kriteri

Planlanan modele göre, mobil cihaz öncelikle MEC server'ın ihtiyacı olan tüm verileri iletecek ve sonuçları bekleyecektir. Bu modelde çift taraflı bir veri iletimi söz konusudur. Cihaz ve MEC arasındaki ağ gecikmesi büyük önem arz etmektedir.

Bu durumda MEC server'ın tüm işleri tamamlamak için harcayacağı toplam süre;

Çalışmada uçlar arası gecikmenin toplam maliyeti 1'de verilen

denklemlerle, 3 farklı gecikme süresi göz önüne alınarak hesaplanmıştır. L_T bir thread'in tamamlanması için geçen toplam yürütme süresini temsil etmektedir. L_O mobil cihazdan verilerin MEC server'a iletilmesi için geçen toplam süreyi ifade etmektedir (Offloading Latency). E_M MEC serverda thread başına harcanan toplam süreyi ifade etmektedir (MEC execution time). L_R ise sonuçların mobil cihaza geri iletimi için geçen toplam süreyi ifade etmektedir. Mobil cihazın bir thread'i kendi bünyesinde çalıştırdığı senaryoda ortaya çıkan toplam gecikme ve MEC server'ın aynı işi yapmak için harcadığı toplam süre temel performans kriteri olarak belirlenmiştir. Her thread için lokal cihazda harcanan süre ile MEC server'da aynı thread için harcanan toplam süre karşılaştırılarak MEC server'ın çalışma süresinin ne kadar minimize ettiği saptanmıştır. Tüm threadler hem lokalde hem de MEC serverda çalıştırıldığı gibi, bazı threadler lokalde çalışırken aynı anda diğer kalan threadler eşzamanlı olarak MEC serverda çalıştırılarak farklı senaryolar ile, performans etkisinin kapsamı irdelenmiştir. (Örneğin Thread-0 lokalde, Thread-1 lokalde, Thread-2 MEC'te, Thread-2 MEC'te veya bir thread lokalde, diğer kalan 3 thread MEC'te vb.)

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Simülasyon Çalışması

Simülasyon çalışması için mobil tarafında, cores 1.2 GHz ARM Cortex-A7 işlemci, 1GB RAM özelliklerine sahip GM discovery 4 mobil cihaz kullanılmıştır. MEC server ve mobil cihaz arasında iletişim için ortalama 25Mbps indirme hızı ve 5Mbps yükleme hızlarına sahip bir ağ kullanılmıştır. Bu hızlar MEC sisteminin 5G hızlarına yakın olmadığı için performans çıktılarının tam anlaşılması için 5G ağ teknolojisine göre oranlama yapılması daha doğru sonuçlar verecektir. Bu senaryoda elde edilecek kazanç, 5G gibi daha büyük hızları garanti eden ağın kullanımında daha büyük kazançların elde edileceği anlamına gelmektedir.

5G ve MEC sistemi bulunduğumuz lokasyonda henüz mevcut olmadığı için MEC server için Intel® Core™ i5-3230M CPU 2.60GHz ×2, 6GB RAM özelliklerine sahip Asus X550V kişisel bilgisayar kullanılmıştır. Gerçekleştirilen denemelerde thread başına ortalama MEC ve lokal cevap süreleri programatik olarak hesaplanmıştır. Thread'ler eş zamanlı olarak hem mobil cihazda hem de MEC serverda yürütülerek, bir thread'in işini bitirme süresi mili saniye cinsinden hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar detaylı olarak tablolar halinde verilmiştir.

3.2. Bulgular ve Tartışma

Elde edilen sonuçlar tablolar halinde verilmiş olup performanslar değerlendirilmiştir. Lokal ve MEC yürütme süreleri göz önüne alınarak MEC sisteminin lokaldeki yürütmeye göre ne kadar daha kısa sürede veya ne kadar daha uzun sürede mobil cihaza yanıt verdiği ortalama verim olarak hesaplanmış ve tabloda gösterilmiştir.

Tablo 1. Thread-0 için elde edilen sonuçlar

Lokal yürütme	Gönderilen Veri	Çıktı boyutu	MEC yürütme	Ortalama Verim
---------------	-----------------	--------------	-------------	----------------

Süresi (ms)	Boyutu (Bytes)	(Bytes)	Süresi (ms)	
26	1610	985	120	-78%
109	1612	1048	49	+55%
121	1617	2093	53	+56%
130	1621	5228	61	+53%
257	1634	16723	97	+62%

Tablo 1'de elde edilen sonuçlara göre thread-0 için MEC server, mobil cihazın kendi kaynaklarını kullanarak thread-0'ın yürütmesi için harcadığı toplam süreye göre %41 daha iyi performans göstermiştir. Thread-0 için toplam yürütme süresini mobil cihaza göre 263ms daha kısa sürede gerçekleştirmiştir.

Tablo 2. Thread-1 için elde edilen sonuçlar

Lokal yürütme Süresi (ms)	Gönderilen Veri Boyutu (Bytes)	Çıktı boyutu (Bytes)	MEC yürütme Süresi (ms)	Ortalama Verim
143	1544	16329	84	+41%
203	1556	35664	106	+48%
1058	1559	2093	517	+51%
885	1569	99098	412	+53%
867	1607	92277	435	+50%

Tablo 2'de elde edilen sonuçlara göre thread-1 için MEC server, mobil cihazın kendi kaynaklarını kullanarak thread-1'in yürütmesi için harcadığı toplam süreye göre %50 daha iyi performans göstermiştir. Thread-1 için toplam yürütme süresini mobil cihaza göre 1602ms daha kısa sürede gerçekleştirmiştir.

Tablo 3. Thread-2 için elde edilen sonuçlar

Lokal yürütme Süresi (ms)	Gönderilen Veri Boyutu (Bytes)	Çıktı boyutu (Bytes)	MEC yürütme Süresi (ms)	Ortalama Verim
574	2392	916808	687	-20%
458	2397	921248	808	-76%
454	2390	925688	727	-60%
727	2402	983488	588	+19%
921	2452	1321432	604	+34%

Tablo 3'de elde edilen sonuçlara göre thread-2 için MEC server, mobil cihazın kendi kaynaklarını kullanarak thread-2'nin yürütmesi için harcadığı toplam süreye göre %8 daha kötü

performans göstermiştir. Thread-2 için toplam yürütme süresini mobile cihaza göre 280ms daha uzun sürede gerçekleştirmiştir.

Tablo 4. Thread-3 için elde edilen sonuçlar

Lokal yürütme Süresi (ms)	Gönderilen Veri Boyutu (Bytes)	Çıktı boyutu (Bytes)	MEC yürütme Süresi (ms)	Ortalama Verim
58	2908	72372	142	-59%
134	2934	84872	124	+7%
450	2954	169872	81	+82%
47	2901	68724	132	-64%
520	2978	403482	226	+57%

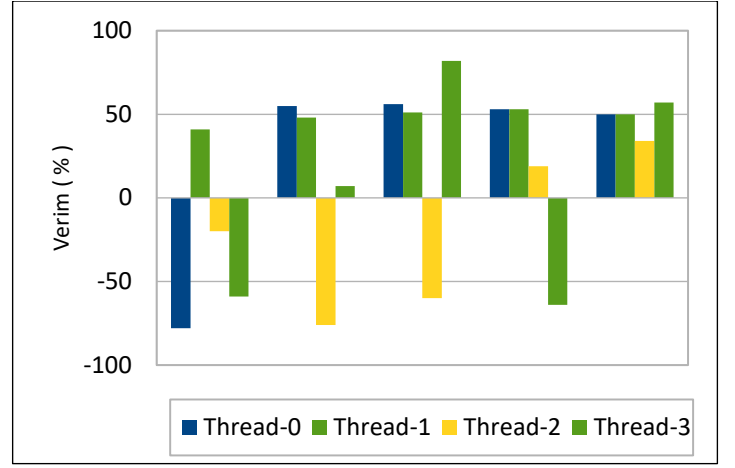
Tablo 4’de elde edilen sonuçlara göre thread-3 için MEC server, mobil cihazın kendi kaynaklarını kullanarak thread-3’nin yürütmesi için harcadığı toplam süreye göre %42 daha iyi performans göstermiştir. Thread-3 için toplam yürütme süresini mobile cihaza göre 504ms daha kısa sürede gerçekleştirmiştir.

Simülasyonda kullanılan MEC server thread-0-1-3 için oldukça iyi performans gösterse de thread-2 için tam tersi sonuç göstermiştir. Bu sonucun ortaya çıkmasında temel neden, sonuçların mobil cihaza gönderilmesinde geçen sürenin (L_R) uzun olmasında kaynaklanmaktadır. Thread-2’nin ilk çalıştırması daha detaylı olarak irdelendiğinde denklem 2’deki hesaplanan süreler denklem 3’te yerine koyulunca sonuçlar şöyle hesaplanmıştır;

$$L_O = 17ms, E_M = 308ms, L_R = 362ms \quad (2)$$

$$L_T = 17 + 308 + 362 = 687ms \quad (3)$$

MEC sistemine verilerin (bytecode’lar, global değişkenler ve metodların parametreleri vb.) gönderimi için geçen offloading süresi 17ms (L_O) olarak hesaplanmıştır. MEC’te thread-2’nin işini bitirmesi için geçen toplam süre 308ms (E_M) olarak hesaplanmış, sonuçların mobil cihaza iletilmesi için geçen süre ise 362ms (L_R) olarak hesaplanmıştır. MEC server thread-2’nin ilk yürütmesi için harcadığı toplam süre ($E_M=308ms$) ideal olmasına rağmen, sonuçların mobil cihaza gönderilmesi için geçen toplam sürenin ($L_R=362ms$) oldukça fazla olmasından dolayı bu tarz sonuçların ortaya çıktığı görülmektedir. Thread-2 için MEC server tarafından 5 kez çalıştırma sonucu -8% kötü performans gösterse de cihazın bu iş için harcayacağı toplam enerji miktarından tasarruf edileceği açıktır. Pil tasarrufunun daha önemli olduğu ve yürütme süresinin ihmal edilebilir olduğu durumlarda %8 gibi rakamlar göz ardı edilebilir.



Şekil 3. Thread başına ortalama verim

Şekil 3’te de gösterildiği gibi toplamda 4 thread için 20 kez MEC server tarafından elde edilen sonuçlardan 14 sonuç pozitif, kalan 6 sonuç ise negatif yönde daha kötü performans göstermiştir. Yukarıda da bahsedildiği gibi kötü sonuçlar için, bazı durumlarda pil tasarrufu bir kazanım koşulu olarak tolere edilebilir (Mobil cihaz sadece verileri MEC sistemin yollarında düşük miktarda bir enerji harcayacaktır.). Ortalama olarak MEC sistemi mobil cihaza göre thread başına; Thread-0 için +41%, Thread-1 için +51%, Thread-2 için -8%, Thread-3 için +42% performans göstermiştir. Bu sonuçlar bize ortalama olarak bir thread’in mobil cihaza göre MEC sisteminde ne kadar daha kısa sürede veya uzun sürede işlerini tamamladıklarını göstermektedir. Sonuçlara göre mobil cihaz bu 4 threadli uygulamanın tamamını MEC sisteminde yürütseydi kendi kaynaklarındaki yürütmeye göre uygulamayı %26 daha kısa sürede tamamlanmış bir şekilde kullanıcıya cevap verecekti. Thread-2 için kötü sonuçların elde edilmesi bu oranı aşağı çekmektedir. Bu tarz durumların meydana gelmesi halinde literatürde, daha kötü performans vermesi beklenen veya belirli yöntemlerle önceden daha kötü performans vereceği tahmin edilen işler, MEC sistemi yerine cihazda yürütülerek mevcut koşullarda en iyi performansın elde edilmesi sağlanmaktadır (Yukarıda da bahsedildiği gibi tam-offloading veya yarı-offloading şeklinde işler belirli oranda MEC ve mobil cihaz arasında paylaştırılarak). Bizim tasarımımda eğer thread-0-1-3 MEC sisteminde, thread-2 ise mobil cihazın kaynaklarında yürütülecek şekilde bir tasarım yapılırsa, uygulamanın toplam yürütme gecikmesi %47 daha kısa sürede tamamlanmış olacaktır. Bu uygulama için mobil cihaz sadece kendi kaynaklarını kullanarak tüm işleri tamamlamak için toplamda 100ms harcadığı varsayılırsa, bu senaryoda MEC sistemin getirdiği avantajla tüm işler 53ms de bitmiş olacaktır. Hassas cevap süresi gerektiren artırılmış gerçeklik (Augmented Reality) gibi mobil uygulamalar için kullanıcı elverişli ve oldukça iyi bir kullanıcı deneyimi sağlayan MEC sistemi, yapılan bu simülasyon çalışmasında çok fazla iş yüküne sahip uygulamaların daha taşınabilir hale gelmesinde umut verici sonuçlar göstermektedir.

4. Sonuç

MEC sistemi mobil cihazlara daha yakın noktalarda konumlandırıldıklarından, MCC kaynaklarına göre gecikme süreleri bakımından daha avantajlıdır. Bu sayede yüksek işlem yüküne sahip uygulamaların optimum gecikmelerde, mobil cihaz yerine MEC sistemi ile değerlendirilerek yeni teknolojilerle birlikte gelen daha büyük ve son teknoloji uygulamaların mobil

tarafında da rahatça kullanılabilirliği yaygınlaşacaktır. MEC sistemi ayrıca cihazların enerji tüketimini azaltarak, pil ömürlerinin daha uzun süreli olmasına imkân sağlar. Yapılan bu çalışma ışığında bu sistemin taşınabilir cihazlara büyük avantajlar getireceği öngörülmektedir. 5G ağ teknolojisinin sunduğu yüksek bant genişliği ve kapsama alanı ile birlikte uygun bir altyapıya sahip olan bu sistemin gelişimi, yeni ağ teknolojileriyle giderek daha büyük bir kullanıcı havuzuna hitap etmesi beklenmektedir. Daha kısa gecikme süreleri veya daha az enerji tüketimi gibi mobil cihazların karşı karşıya kaldığı zorluklara çözüm getiren yeni çalışmalar ile birlikte, yıllar içinde MEC sisteminin daha olgun ve gelişmiş şekilde, mobil sistemlerde büyük bir araştırma konusu olacağı tahmin edilmektedir. Araştırma konusu olarak offloading kararları, kaynak tahsisi ve hareketlilik yönetimi gibi temel MEC sisteminin işleyişini doğrudan ilgilendiren konuların gelişimi gelecek çalışmalarda MEC için kritik önem taşımaktadır.

Kaynakça

- [1] Fernando, N., Loke, S. W., & Rahayu, W. (2013). Mobile cloud computing: A survey. *Future Generation Computer Systems*, 29(1), 84-106. doi:10.1016/j.future.2012.05.023
- [2] A. U. R. Khan, M. Othman, S. A. Madani, and S. U. Khan, "A survey of mobile cloud computing application models," *IEEE Commun. Surveys Tuts.*, vol. 16, no. 1, pp. 393-413, 1st Quart., 2014. M. Armbrust et al., "A view of cloud computing," *Commun. ACM*, vol. 53, no. 4, pp. 52-58, Apr. 2010.
- [3] Y. Mao, C. You, J. Zhang, K. Huang, and K. B. Letaief, "A survey on mobile edge computing: The communication perspective," to appear *IEEE Commun. Survey Tuts.* 2017. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1701.01090>
- [4] M. Agiwal, A. Roy and N. Saxena, "Next Generation 5G Wireless Networks: A Comprehensive Survey," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 18, no. 3, pp. 1617-1655, Third Quarter 2016.
- [5] J. G. Andrews et al., "What will 5G be?" *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 32, no. 6, pp. 1065-1082, Jun. 2014.
- [6] "Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in mobile," *GSMA Intell.*, London, U.K., Dec. 2014. [Online]. Available: <https://www.gsmaintelligence.com/research/?file=141208-5g.pdf&download>
- [7] "Mobile-edge computing—Introductory technical white paper," White Paper, ETSI, Sophia Antipolis, France, Sep. 2014. [Online]. Available: https://portal.etsi.org/portals/0/tbpages/mec/docs/mobileedge_computing_introductory_technical_white_paper_v1%2018-09-14.pdf
- [8] S. Wang et al., "A survey on mobile edge networks: Convergence of computing, caching and communications," *IEEE Access*, vol. 5, pp. 6757-6779, 2017.
- [9] P. Mach and Z. Becvar, "Mobile edge computing: A survey on architecture and computation offloading," *IEEE Commun. Surveys Tuts.*, vol. 19, no. 3, pp. 1628-1656, 3rd Quart., 2017.
- [10] Y. C. Hu, M. Patel, D. Sabella, N. Sprecher, and V. Young, "Mobile edge computing—A key technology towards 5G," White Paper, ETSI, Sophia Antipolis, France, 2015.
- [11] "Mobile edge computing use cases & deployment options," White Paper, Juniper, Sunnyvale, CA, USA, Jul. 2016. [Online]. Available: <https://www.juniper.net/assets/us/en/local/pdf/whitepapers/000642-en.pdf>
- [12] C.-Y. Chang, K. Alexandris, N. Nikaiein, K. Katsalis, and T. Spyropoulos, "MEC architectural implications for LTE/LTE-A networks," in *Proc. ACM Workshop Mobility Evol. Internet Archit. (MobiArch)*, New York, NY, USA, Oct. 2016, pp. 13-18.
- [13] C.-Y. Chang, K. Alexandris, N. Nikaiein, K. Katsalis, and T. Spyropoulos, "MEC architectural implications for LTE/LTE-A networks," in *Proc. ACM Workshop Mobility Evol. Internet Archit. (MobiArch)*, New York, NY, USA, Oct. 2016, pp. 13-18.
- [14] "Mobile edge computing use cases & deployment options," White Paper, Juniper, Sunnyvale, CA, USA, Jul. 2016. [Online]. Available: <https://www.juniper.net/assets/us/en/local/pdf/whitepapers/2000642-en.pdf>
- [15] X. Chen, L. Jiao, W. Li, and X. Fu, "Efficient multi-user computation offloading for mobile-edge cloud computing," *IEEE/ACM Trans. Netw.*, vol. 24, no. 5, pp. 2795-2808, Oct. 2016.
- [16] B. Shi, J. Yang, Z. Huang, and P. Hui, "Offloading guidelines for augmented reality applications on wearable devices," in *Proc. ACM Int. Symp. Multimedia*, Brisbane, QLD, Australia, Oct. 2015, pp. 1271-1274.
- [17] S. Melendez and M. P. McGarry, "Computation offloading decisions for reducing completion time," in *Proc. IEEE Annu. Consum. Commun. Netw. Conf. (CNCC)*, Las Vegas, NV, USA, Jan. 2017, pp. 160-164.
- [18] S. E. Mahmoodi, R. N. Uma, and K. P. Subbalakshmi, "Optimal joint scheduling and cloud offloading for mobile applications," *IEEE Trans. Cloud Comput.*, to be published.
- [19] A. Al-Shuwaili and O. Simeone, "Energy-efficient resource allocation for mobile edge computing-based augmented reality applications," *IEEE Wireless Commun. Lett.*, vol. 6, no. 3, pp. 398-401, Jun. 2017
- [20] H. Liu et al., "Mobile edge cloud system: Architectures, challenges, and approaches," *IEEE Syst. J.*, to be published.
- [21] S. Vakili, M. M. Ali, and D. Qiu, "Modeling of the resource allocation in cloud computing centers," *Comput. Netw.*, vol. 91, pp. 453-470, Nov. 2015.
- [22] S. Tekinay and B. Jabbar, "Handover and channel assignment in mobile cellular networks," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 29, pp. 42-46, Nov. 1991.
- [23] G. P. Pollini, "Trends in handover design," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 34, pp. 82-90, Mar. 1996.
- [24] V. Ateş and M. A. Akcayol, "Kablosuz Ağlarda Tahmine Dayalı Hücreler Arası Geçiş Algoritmaları," *International journal of informatics technologies*, 3.3, 2010.
- [25] S. Wang et al., "Mobility-induced service migration in mobile microclouds," in *Proc. IEEE Mil. Commun. Conf. (MILCOM)*, Baltimore, MD, USA, Oct. 2014, pp. 835-840
- [26] R. Urgaonkar et al., "Dynamic service migration and workload scheduling in edge-clouds," *Perform. Eval.*, vol. 91, pp. 205-228, Sep. 2015.
- [27] N. Vastardis and K. Yang, "An enhanced community-based mobility model for distributed mobile social networks," *J. Ambient Intell. Humanized Comput.*, vol. 5, no. 1, pp. 65-75, Feb. 2014.
- [28] Google (2020). gRPC. Retrieved 23 October 2020, from <https://grpc.io/>
- [29] Google (2015, March 1). gRPC. *GRPC*. <https://developers.google.com/protocol-buffer>



Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Kültürel Miras Alanlarına Etkisi

Yusuf Uzun^{1*}, Osman Gözel²

^{1*} Necmettin Erbakan Üniversitesi, Seydişehir Ahmet Cengiz Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-7061-8784), yuzun@erbakan.edu.tr

² Necmettin Erbakan Üniversitesi, Seydişehir Ahmet Cengiz Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0588-3642), osmn.eng.27@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi 10 Kasım 2021 ve Kabul Tarihi 23 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1021825)

ATIF/REFERENCE: Uzun, Y. & Gözel, O. (2022). Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Kültürel Miras Alanlarına Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 280-284.

Öz

Artırılmış Gerçeklik, yaşamımız etrafında yer alan fiziksel olgu veya durumların bilgisayar üzerinde üretilmiş olan ses, yazı 3 boyutlu görüntüler veya grafik verileriyle bir araya gelmesi şeklinde tanımlanabilir. 60'lı yıllarda ortaya çıkan ve o zamanlarda sadece bilimsel çalışmada söz konusu olan bu kavram günümüzde mobil cihazların yaygın bir şekilde kullanımı ile turizm, lojistik, alışveriş, eğitim, pazarlama vs. gibi birçok alanda çalışmalarına konu olmuştur. Yaşamımızda kültürel miraslarımızın korunması ve gelecek nesillere objektif olarak yansıtılması tüm ulusların önceliği haline gelmiştir. Kültürel miraslarımızın artırılmış gerçekliğe yansıtılması ile bu amacı doğrudan ele alıp tarihi alanlara olan ilginin artması başarılı bir şekilde sağlanmaktadır. Geçmişten önemli izler taşıyan kadim kültürel miraslarımız zamanın da etkisi ile belirli yıpranmalara ve yıkımsal değişimlere uğramaktadır. Günümüze uyarlanması için bu kadim miraslarımızın restore edilmesi ise bir hayli zor ve masraflı hale gelmektedir. Artırılmış Gerçeklik uygulamaları ile bu kültürel miraslarımız üzerinde herhangi bir fiziksel inşaya gerek kalınsızın bilgisayar üzerinde hazırlanan sanal görüntü ve verilerin aktarılması sağlanarak artırılmış gerçeklik teknolojisinin taihe uyarlanması mümkündür.

Anahtar Kelimeler: : Artırılmış Gerçeklik, Kültür, Kültürel Tanıtım, Sanal Görüntü.

The Effect of Augmented Reality Applications on Cultural Heritage Sites

Abstract

Augmented Reality can be defined as the combination of physical phenomena or situations around our lives with sound, text, 3D images or graphic data produced on a computer. This concept, which emerged in the 60's and was only in question in scientific studies at that time, is now widely used in tourism, logistics, shopping, education, marketing, etc. with the widespread use of mobile devices. has been the subject of studies in many fields such as. It has become the priority of all nations to protect our cultural heritage in our lives and to reflect it objectively to future generations. By reflecting our cultural heritage to augmented reality, this aim is directly addressed and the interest in historical areas is increased successfully. Our ancient cultural heritage, which bears important traces from the past, has undergone certain attrition and destructive changes with the effect of time. Restoring these ancient heritages in order to adapt them to the present becomes very difficult and costly. With Augmented Reality, it is possible to adapt augmented reality technology to history by transferring virtual images and data prepared on the computer without the need for any physical construction on these cultural heritages.

Keywords: Augmented Reality, Culture, Cultural Promotion, Virtual Image.

*Sorumlu Yazar: yuzun@erbakan.edu.tr

1. Giriş

Geçmişten günümüze zamanın yıkıcı etkisine dayanarak gelen ve o günün yaşam biçimini, etnik yapısını, sosyokültürel değerlerini vs. yansıtan birçok kültürel mirasımız yer almaktadır. Tabii bununla birlikte fiziksel değişim ve yıkıma uğrayarak günümüze taşınamayan veya tamamına rastlayamadığımız yapıtlar ve kadim miraslarımız da mevcuttur. Kültürel miras alanlarının yeniden inşası oldukça zaman alan ve masraflı bir işlemdir. Ayrıca inşa sırasında kalıntılara zarar verilmesi olasılığı da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bilgiler ışığında daha önce büyük medeniyetler tarafından inşa edilen fakat günümüze çeşitli nedenlerden dolayı ancak kalıntıları ulaşabilmiş eserleri gelecek nesillere aktarmak oldukça önemli bir problemdir. Artırılmış Gerçeklik teknolojisi ile fiziksel olarak restorasyon gerektirmeden kültürel miras alanlarındaki yıkımlar ve yıpranmalar ardından geriye kalan kalıntılar üzerine geçeceğine uygun olarak tasarlanmış 3B modelleri bindirme olasıdır. (Ünal, 2017).

Hjalager (2015) "Turizmi Değiştiren 100 Yenilik" başlığı altındaki makalesinde, artırılmış gerçeklik uygulamalarının kadim kültürel miras tanımını değiştiren yeniliklerden biri olarak ele almış ve artırılmış gerçeklik teknolojisinin geniş çapta turizm sektörü, müze ve tanıtımlarda gerçekleştirilmekte olan canlandırma görselleri için önemli bir araç olduğuna dikkat çekmiştir. İlaveten, bu gelişim ile turizme dayalı işletmeler ve bu alanda hizmet veren kuruluşlar için tanınırlığını, gelişmişliğini ve kâr oranını yüksek hale getiren ve bununla birlikte turizmin önde gelenlerini yeni ağ ve sistem alt yapısı altında bir araya getirmeye yarayan yeniliklerden biri olmuştur. (Hjalager, 2015: 4-17).

Dünya'nın en büyük tarihi doğa müzelerinden biri olan Smithsonian National Museum of Natural History'de (Şekil 1) yer alan Skin and Bones Artırılmış Gerçeklik uygulaması ile soyu tükenmiş ve günümüzde kalıntılara rastlamanın mümkün olmadığı canlılarla ilgili sanal gerçeklik üzerinden o güne ait görsellerle bilgiler alabilmek sağlanır düzeye gelmiştir. Geçmişte yaşamını sürdürmüş fakat günümüzde izlerini göremediğimiz canlıların evrimsel geçmişlerinden temel alınarak onların yaşamları hakkında detaylı bilgilerin verildiği bu uygulama sayesinde müzeyi ziyaret eden ziyaretçilerin ilgisini çekmek ve tarihe olan merakı arttırmak adına yapılmış başarılı bir çalışmadır. (Smithsonian, Ziyaret Tarihi: 19.05.2019).



Şekil 1. Smithsonian Ulusal Doğa Tarihi Müzesi (Figure 1. Smithsonian National Museum of Natural History)

Sanal gerçekliğin yanı sıra günümüz dünyası deneyimlerini bir araya getirerek ortaya koyan ve etkili, çoklu model yapısına sahip bir teknoloji olan Artırılmış Gerçeklik teknolojisi ile

müzeyi ziyaret eden ziyaretçiler, gitmiş oldukları müzelerde var olan

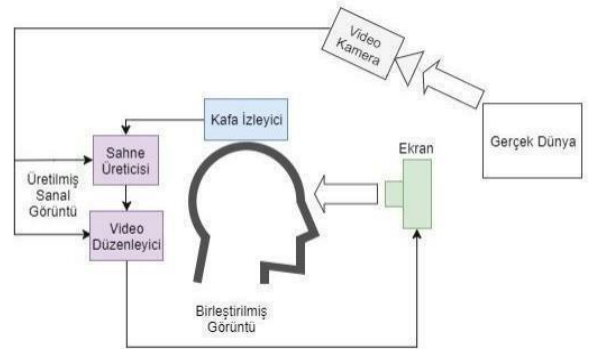
2. Video Görme, Optik Görme ve Yansıtımlı Görme

Kültürel miras alan görüntülerinin işlenerek kullanıcılara nasıl aktarıldığını anlamak için Video Görme, Optik Görme ve Yansıtımlı Görme teknolojilerini incelemek faydalı olacaktır. Artırılmış Gerçeklik ile geliştirilen uygulamalar üzerinde görüntülerin kullanıcıya yansıtılması genel olarak 3 kısımda incelenmektedir. Bu kısımlar Video-Görme, Optik-Görme ve Yansıtımlı-Görme olarak sıralanabilir (Krevelen & Poelman, 2007).

2.1. Video Görme

Video Görme Yöntemi Artırılmış Gerçeklik uygulamalarında en çok kullanılan ve optimum seviyede sonuçları kullanıcıya sunan yöntemlerden birisidir. Bu yöntem vasıtasıyla kullanıcı direkt olarak fiziksel çevreyi görmek yerine fiziksel çevreyi görüntüleyen kamera görüntüsü vasıtasıyla dolaylı olarak çevre görüntüsünü görür. Bu yöntem çok ucuz olmasa da uygulamalar üzerinde gerçekleştirmesi basit olan görüntüleme yöntemlerinden biridir (Krevelen & Poelman, 2007).

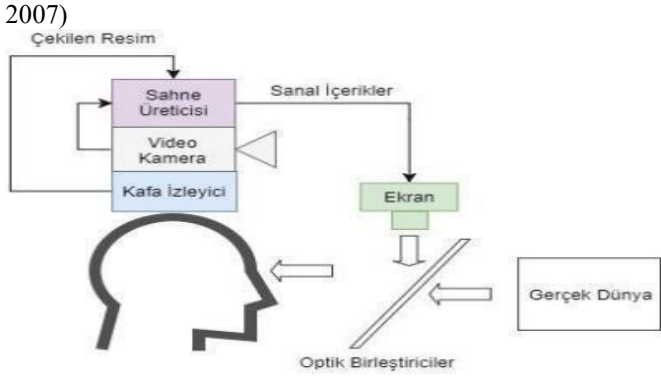
Video-görme yöntemine (Şekil 2) örnek olarak Bostancı ve arkadaşlarının (Bostancı, 2012) açık alanlarda kullanıcıları takip etmek adına geliştirdikleri Artırılmış Gerçeklik uygulaması için kullandıkları sistem gösterilebilir. Bilinçli olarak temel seviyede ve zorluk sağlamayan teknoloji altyapısı kullanılarak yapılmış olan bu sistemin çalışma mantığı bir bisikletçi baş koruma kaskına entegre kamera ve çevre görüntülerinin kayıt edilip kayıt edilen bu görüntülerin AG sistemine aktarıldığı portatif cihazdan meydana gelmektedir. Bu geliştirilen sistemde tüm Artırılmış Gerçeklik işlemi kayıt altında tutulan video üzerinde sağlandığı için bu konu altında söz edilmiştir. (Ünal, 2017).



Şekil 2. Video Görme Çalışma Yapısı (Figure 2. Video Vision Study Structure)

2.2. Optik Görme

Optik Artırılmış Gerçeklik Görme sisteminde (Şekil 3) kullanıcı gerçek dünya görüntüsünü doğrudan görerek görmüş olduğu görüntü ile alakalı gerekli bilgileri optik bir ekran vasıtasıyla almaktadır. Bu duruma örnek olarak akıllı gözlükler gösterilebilir. Akıllı gözlüklere örnek olarak ise Epson Moverio ve Google Glass verilebilir. Optik Görme yönteminde geliştirilen sistem güç kaybına uğrasa bile çevre hala görülebildiği için çok daha güvenlidir (Krevelen & Poelman,



Şekil 3. Optik Görme Çalışma Yapısı (Figure 3. Optical Vision Working Structure)

2.3. Yansıtımlı Görme

Yansıtımlı Artırılmış Gerçeklik Görme sisteminde teknolojiyi kullanan kullanıcıya akarılacak olan sanal bilgilerimiz doğrudan kullanıcıya değil, bilginin aktarılacağı ve kullanıcıya temasta olduğu nesnenin üzerine yerleştirilmektedir. (Azuma & Bailiot & Behringer & Feiner & Julier & MacIntyre, 2001).



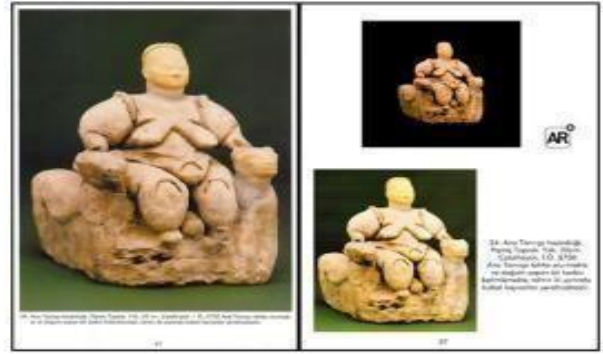
Şekil 4. Yansıtımlı Görme Teknolojisi (Figure 4. Projected Vision Technology)

Görme teknolojisi yönteminde yansıtıcı cihaz ile yapılan sistem uygulamaları arasında herhangi bir gözlüğe ihtiyaç duyulmamaktadır fakat sistem uygulaması ile ilişki dış aygıtlarla vasıtası sağlanabilir. Bazı durumlarda baş kısmına yerleştirilebilen yansıtıcı cihazlar da kullanılabilir. (Şekil 4). Bu hedef doğrultusunda nesne veya cihazlar ışığı geriye dönük yansıtıcı malzeme ile tamamen kaplanmalıdır (Ünal, 2017).

3. Kültürel Miras Tanıtımında Kullanılan Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları

Ülkelerin önde gelen maddi gelir kaynaklarından biri de turizm sektörüdür. Turizm sektörüne dayalı ülke bünyesinde var olan kaynakların bilinçli bir şekilde dışa yönelik yansıtılması, ülke bünyesine çok daha fazla gelir getirmesine, dünya turizmi üzerinden elde edeceği gelir payının artmasına ve ülkenin dış dünyaya iyi yönde tanıtımına katkı sağlamış olur (Sertalp, 2017). Bu amaçtan yola çıkarak Dr. Evren Sertalp "Ankara Anadolu Medeniyetler Müzesi Kitabı"nın Artırılmış Gerçeklik uygulama örneğini ortaya çıkarmıştır. Bu müze kitabında, kitabı alan müze ziyaretçisi uygulamayı kendi mobil cihazına kurulumunu gerçekleştirdikten sonra kitap sayfalarında yer alan işaretçiler yardımıyla kitap üzerinde tanıtılan objeyi 3-boyutlu olarak görebilir. Şekil 5'de sol kısımda yer alan görsel Anadolu

Medeniyetleri Müzesi'ne ait kitabın orijinal sayfa içeriğidir. Sayfanın sağ kısmında ise sayfa yapısı çok az değişikliğe uğramış ve daha önceden tasarlanmış Artırılmış Gerçeklik uygulaması için üretilmiş işaretçilerin yer aldığı sayfalar gösterilmektedir (Sertalp, 2017).



Şekil 5. Solda Anadolu Medeniyetleri Müzesi müze kitabında yer alan ana tanrıça heykelciği sayfası, sağda aynı sayfanın AG işaretçisinin eklenmiş hali (Figure 5. On the left is the page of the mother goddess figurine in the museum book of the Museum of Anatolian Civilizations, on the right the AG marker of the same page is added)

Şekil 6'da ise tablet üzerinde tasarlanmış olan Artırılmış Gerçeklik uygulamasında müze kitabı üzerinde incelenen kültürel miras görselleri yer almaktadır. Bu Artırılmış Gerçeklik uygulamasında, incelenen objeler müzeye gelen ziyaretçinin isteği doğrultusunda sağa-sola çevrilebilmekte, büyüyüp küçülerek net bir şekilde incelenebilmekte ve hatta sesli olarak incelenmekte olan kültürel miras görselleri ile alakalı karşı taraf bilgilendirilebilmektedir (Sertalp, 2017).



Şekil 6. Anadolu Medeniyetleri Müzesi kitapçığında yer alan ana tanrıça heykelciği AG uygulamasıyla 3-boyutlu görüntülenirken (Figure 6. While the mother goddess figurine in the Anatolian Civilizations Museum booklet is displayed in 3D with AR application)

Açık alan üzerine yer alan tarihi mekânlarımız üzerinde de Artırılmış Gerçeklik çalışmaları mevcuttur. Papagiannakis flora ve faunanın gerçekçi bir şekilde canlandırılması ile eski fresk görsellerinin üç boyutlu sunulması bu konuya bir örnek olarak gösterilebilir (Şekil 7). Mobil artırılmış gerçeklik ortamı tasarlanarak yapay yaşam dramatik hareketlerine sahip olan sanal animasyonlu karakter grupları ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmanın temel amacı ise var olan Artırılmış Gerçeklik teknolojisi ile sanal öyküleme uygulamalarının gelişimini sağlamaktır. Bunun yanında gelen ziyaretçilerin yüksek oranda gerçekçi ve unutulmaz bir tecrübe yaşamaları için fresk resimleri baz alınarak tasarlanmış sanal ortamlarda tarihi süreçleri keşfedebilmesini hedef almıştır. İtalya'da yer alan antik çağdan kalma Pompeii sit alanında yapmış oldukları uygulamada ise

gelen ziyaretçilerin, geçmiş ile bütün ve sürükleyici, yenilik katan, çoklu-duyumsal interaktif bir gezi sağlamaları amaçlanmıştır. (Akkuş, 2018).



Şekil 7. Soldan sağa Görüntü 1. Pompeii’de eski hayatın canlandırması Fotoğraf 1. AG konseptli sanal karakter Görüntü 2. Gerçek zamanlı bitki simülasyonu (Papagiannakis vd., 2005: 12, 19) (Figure 7. Image from left to right 1. Reenactment of ancient life in Pompeii Photograph 1. Virtual character with AR concept Image 2. Real-time plant simulation (Papagiannakis et al., 2005: 12, 19))

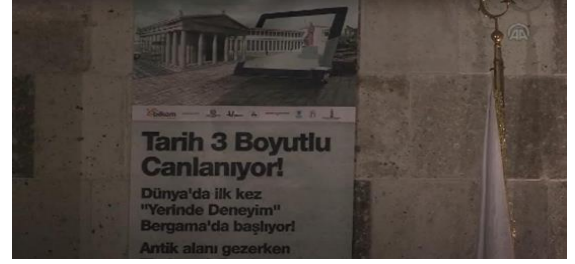
Atina bölgesinde yer alan Parthenon Tapınağı (M.Ö. 431)’nın tekrar inşa edilebilmesi için bir mobil tabanlı Artırılmış Gerçeklik uygulaması sağlanmıştır. Atina Norveç Enstitüsü öğrencileri bünyesinde teste tabii tutulan uygulamada yer alan tarihi eserler aslına uygun bir şekilde yeniden tasarlanmıştır. Mobil cihaz vasıtasıyla tarihi tapınağa doğu yönünden bakıldığında, bağlantı aktifleşmekte ve ilah heykelinin yer aldığı kapalı bölüme (cella) ve süsleme kısımlarına daha net ve anlaşılır bir bakış açısı sağlanmaktadır (Akkuş, 2018).

Bununla beraber tapınağın sütun bölmeleri ve üst yapısı şeffah halde gösterilebilmektedir. Bu sayede tüm tarihi eser görülebilir bir şekilde aktarılabilir (Şekil 8). Tüm nesnelere ise cihaz üzerinden dokunmatik ekran vasıtasıyla büyütülebilmekte ve hareket halinde görülebilmektedir (Akkuş, 2018).



Şekil 8. Soldan sağa Fotoğraf 2-3, Görüntü 3 (Liestøl, 2011:7-8, 10) (Figure 8. Left to right Photo 2-3, Image 3 (Liestøl, 2011:7-8, 10))

Artırılmış Gerçeklik teknolojisi kullanılarak hizmete sunulan müzelerin Türkiye’deki uygulamalarına göz atacak olursak Bergama’da yer alan Athena, Zeus, Asklepios ve Kızıl Avlu Tapınakları, ziyaretçilerine tarihi alan ile ilgili sanal olarak gezinme ve bilgi verme imkânı sunmaktadır (Şekil 9, Şekil 10).



Şekil 9. Bergama Antik Kenti’ndeki 3 Boyutlu Müze (Figure 9. 3D Museum in the Ancient City of Pergamon)



Şekil 10. Bergama Antik Kenti’ndeki 3 Boyutlu Müze (Figure 10. 3D Museum in the Ancient City of Pergamon)

Mersin şehri de kültürel ve turizm değerlerine yönelik olarak sanal ortamda Tekno Mersin Projesi ile tanıtılmaktadır. Mardin şehri de “Mardin Ar” adıyla hizmete sunulan artırılmış gerçeklik uygulamaları aracılığıyla gelen turistlere tanıtılmaktadır (Demirezen, 2019, s. 8).

4. Kültürel Miras Tanıtımında Kullanılan Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Avantaj ve Dezavantajları

Artırılmış Gerçeklik uygulamaları mobil gelişimin de etkisi ile yapılabirliği oldukça basite indirgenip kullanımı geniş kitlelere erişmiştir. Bu süreç ile beraber turizm alanında Kültürel Miraslarımızın tanıtılması daha somutlanabilir ve gelecek kuşaklara yansıtılabilir düzeye çıkarılıp zamanın etkisi ile beraber meydana gelen tarihi yapılarıdaki değişim ile birlikte kadim eserlerimizin gelecek nesillere aktarımı sorunu giderilmiştir. Bunların yanında geliştirilen Artırılmış Gerçeklik uygulaması tepkileri geç algılaması durumunda kullanıcıya istenilen bilgiyi aktarımda zorlanabilmesi olasıdır. Ayrıca uygulamamızın yeterli donanımlara sahip olmaması ve uygulamamıza tanımlanan görüntüler ile çevre koşullarından kaynaklı meydana gelen fiziksel görüntüler arasındaki farklılık durumu gerçekleştiğinde uygulamamızın istenildiği seviyede çalışmaması da söz konusu olabilmekte ve bu durumdan kaynaklı maliyet artışı gözlemlenebilmektedir. Bir diğer ele alınması gereken unsur ise geliştirilen artırılmış gerçeklik uygulamamızın kullanımının karşı taraf bakımından bilinmemesi veya kullanım zorluğundan ötürü kullanıcının zorluk yaşamamasından doğan dezavantajlardır ama bu durum gereken önlemler alındığı takdirde büyük sorunlar teşkil etmemektedir. Yazılım geliştirme araçları AG uygulamalarının geliştirme aşamasını oldukça hızlandırmaktadır. Genel olarak dezavantajları ise geliştiricinin özgürce hareket etmesini engellemektedirler (Ünal, 2017).

5. Sonuç

Turizm sektöründe özellikle kadim kültürel miraslarımızın tanıtımı bakımından artırılmış gerçeklik uygulamalarının turistik çekiciliği arttırmak maksadı ile geliştirildiği söylenebilir. Bu çalışmalar hem uygulamayı kullanan kullanıcının daha aktif ve somut olarak kültürel miraslarımızın tarihi hakkında bilgiler alabilmesini hem de zamanın etkisi ile tarihi yapıların fiziksel bozulmalarından kaynaklı olumsuzlukların azaltılmasını sağlamıştır. Ayrıca günümüz öncesinde ağır ve karmaşık yapıda tasarımlarla sağlanabilen artırılmış gerçeklik uygulamaları, mobil teknolojinin gelişimi ile paralel olarak akıllı cihazlarla tasarlanıp kullanılabilir hale getirilmiştir. Birçok teknolojik yapının bir araya getirilerek ortaya çıkarıldığı bu cihazlar artık herkes tarafından kullanıldığı için mobil teknolojik alt yapı Artırılmış Gerçeklik uygulamalarını kullanmak önemli seviyede kolaylık sunmaktadır. Özellikle de günümüz dünyasında birçok mobil tabanlı geliştirilen uygulamalar farklı mobil platformlarına uyumlu çalışacak şekilde kullanıcılara sunulmaktadır (Akkuş, 2018).

Yabancı kaynaklarda kadim miraslar üzerine yapılmış olan bazı çalışmalar (Fritz vd., 2005; Jung vd., 2015) neticesinde Artırılmış Gerçeklik uygulamalarının amacına uygun olmaları halinde ziyaretçilerin memnuniyetini olumlu yönde etkilemekte ve aynı zamanda gelen yabancı ziyaretçilerin bir rehber yardımına ihtiyaç duymadan gezilerini sürdürebilmelerine, tarihi bilgilerle rahatlıkla erişebilmelerine imkân sağlar ve ileriki süreçte kullanımının muhtemel bir oranda artış sağlaması beklenir. (Özgüneş & Bozok, 2017). Avrupa ülkelerinde ise bu konuya ilişkin çalışmalar çok daha fazla yönde ele alınmış ve çalışmalar ortaya koyulmuştur. Bu çalışmaların ülkemizde artışı sağlanması ile birlikte zaman geçtikçe fiziksel yıpranmasının önüne geçilemeyecek olan ve günümüze aktarımı sağlanamayacak olan birçok tarihi kadim eserlerimiz dijital anlamda korunacak ve gelecek nesillerin görmesi için saklanabilecektir. Bu durum kültürel miraslarımızın korunması ve sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir.

Sonuç olarak artırılmış gerçeklik tabanında geliştirilmiş olan kültürel miras alanlarımız, bilimsel araştırmalar ve elde edilen bilgiler ışığında turizm sektörüne ve tarihi tanıtıma fayda sağlamıştır. Artırılmış Gerçeklik ve turizm sektörü teknolojinin gelişmesine bağlı olarak kadim kültürel miraslarımızın gelecek nesillere taşınmasına, tarihi bilgilerimizin net bir şekilde kuşaktan kuşağa aktarılmasına, kültürel teorilerin ve tarihi yansımaların tanıtımına ilişkin yeni bakış açıları ile yaklaşmayı gerektirmektedir. Ayrıca somut olarak artırılmış gerçeklik uygulamalarına yansıtılabilen kültürel miraslarımızın yanı sıra somut olmayan kültürel miraslarımızın da Artırılmış Gerçeklik uygulamalarına yansıtılması ve gelecek kuşaklara aktarılması, ilgi çekici ve faydalı bir çalışma olarak düşünülebilir. Böylelikle geçmişte hayatımızda yer eden toplumsal ritüeller, şöenler, el sanatları, gösteri sanatları gibi somut olmayan kültürel miraslarımızı da gelecek kuşaklara Artırılmış gerçeklik uygulamaları ile aktarabilir ve gençlerin bunlara aşına olmasını sağlayabiliriz.

5. Teşekkür

Aileme, Dr. Öğretim Üyesi Yusuf Uzun ve Dr. Öğretim Üyesi Nihan Kazak ÇERÇEVİK hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Kaynakça

- Sertalp, D. E. (2017) Müzelerin Tanıtım Kitaplarında Artırılmış Gerçeklik (AG) Teknolojisi Kullanımı: Ankara Anadolu Medeniyetleri Müzesi Kitabı Örneği, researchgate.net, (36):107-120
- İçten, T. & Bal, G. (2017). Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 5 (2) , 111-136
- Ünal, M. (2017) Kültürel Miras Alanları İçin Uzaktan Artırılmış Gerçeklik Sistemi, Hacettepe Üniversitesi Açık Erişim Sistemi, 18-23
- Güzel, T. & Sucaklı, G. (2020). Müze turizminde artırılmış gerçeklik teknolojisi uygulamaları; Dünya ve Türkiye örnekleri. Journal of Tourism Research Institute, 1 (2) , 71-82
- Akkuş G. & Akkuş Ç. (2018). Tarihi Turistik Alanlarda Kullanılan Mobil Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Değerlendirilmesi. Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 6(1), 83-104
- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., MacIntyre, B. (2001). Recent Advances in Augmented Reality, IEEE Computer Graphics and Applications, Kasım-Aralık 2001, 34-47
- Van Krevelen, D., & Poelman, R. (2007). Augmented Reality: Technologies, Applications, and Limitations.
- Şekil 8 Görüntü 3, Erişim Kaynağı: Liestøl, G. (2011). Learning through situated simulations: Exploring mobile augmented reality, (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi), Center for Applied Research, Colorado: ECAR University of Oslo.
- Şekil 7 Erişim Kaynağı: Papagiannakis, G., Schertenleib, S., O'Kennedy, B., Arevalo-Poizat, M., Magnenat-Thalmann, N., Stoddart, A., & Thalmann, D. (2005). Mixing virtual and real scenes in the site of ancient Pompeii. Computer animation and virtual worlds, 16(1), 11-24.
- Fritz, F., Susperregui, A., Linaza, M. T. (2005). Enhancing Cultural Tourism Experiences with Augmented Reality Technologies. The 6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST.
- Özgüneş, R. E. & Bozok, D. (2017). Turizm Sektörünün Sanal Rakibi(Mi?): Artırılmış Gerçeklik . Uluslararası Türk Dünyası Turizm Araştırmaları Dergisi , 2 (2) , 146-160 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/tdtdad/issue/33538/362637>
- Demirezen, B. (2019). Artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojisinin turizm sektöründeki kullanılabilirliği üzerine bir literatür taraması. Uluslararası Global Turizm Araştırmaları Dergisi, 3 (1), 1-26.
- Şekil 9 Erişim Kaynağı: Yıldırım, M. (2021). Sanal Mekânda Kültür Coğrafyası Çalışmaları ve Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Kullanılması . Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi , 23 (3) , 861-874 . DOI: 10.32709/akusosbil.887804
- Şekil 10 Erişim Kaynağı: Yıldırım, M. (2021). Sanal Mekânda Kültür Coğrafyası Çalışmaları ve Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Kullanılması . Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi , 23 (3) , 861-874 . DOI: 10.32709/akusosbil.887804



Üretim Takip Sistemleri ve Kavramsal Veri Analizi ile Dijital Fabrika Oluşumu

Mustafa Timur¹, Halil Kılıç^{2*}

¹ Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Aydın, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-4569-0450), mustafa.timur@adu.edu.tr

^{2*} Kırklareli Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Makine Bölümü, Kırklareli, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6182-356X), halil.kilic@klu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 17 Eylül 2021 ve Kabul Tarihi 28 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.996760)

ATIF/REFERENCE: Timur, M. & Kılıç, H. (2022). Üretim Takip Sistemleri ve Kavramsal Veri Analizi ile Dijital Fabrika Oluşumu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 285-289.

Öz

Günümüzde hammadde, üretim ve sevkiyat ile ilgili depoların giriş-çıkış işlemlerinin, üretim emirleri ile girdi ve çıktılarının, anlık stok durumlarının, giriş kalite, proses kalite ve final çıkış değerlerinin, bakım süreçlerinin, iş istasyonu kaynak kullanım bilgileri ve iş istasyonu planlamasının yazılım uygulaması üzerinden takip edilmesi üretim verimliliğini ve kapasitesini artırmaktadır. Üretilen ürünün gerçek maliyetinin hesaplanabilmesi için maliyet hesabı yapan yazılımlar ile üretimi anlık takip eden yazılım programlarının entegre çalışması büyük önem arz etmektedir. Bu süreci doğru takip edebilmek için Strateji ve Kalite Yönetim Sistemi ile işletmeye ait formlar, süreçler ve talimatlar gibi kalite dokümanlarının yazılım programları içerisinde iş akışı aracı olarak kullanılarak takip edilmesi amaçlanmaktadır. Bu sayede firma içerisindeki temel performans göstergeleri (KPI) takip edilebilecek ve şirket kültürü sanal sisteme taşınmış olacaktır. Ayrıca süreç kurgulamaları sistem üzerinden yapılabilecek ve süreç performans göstergeleri takip edilebilecektir. Bu çalışmada; üretim takip sistemlerinin Endüstri 4.0 ile uyumlu endüstriyel otomasyon ve kavramsal veri analizinin metal tel endüstrisinde faaliyet gösteren kurumsal bir işletmedeki uygulama örneği irdelenmiştir. Uygulama sonucunda, işletmenin üretim maliyetlerinin azaldığı, işgücü verimliliğinin arttığı, fiziksel kaynakların etkin kullanımı ile ürün kalitesinin iyileştiği ve olması gerekenden az da olsa stok denetiminin iyileştiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Üretim takip sistemi, Kalite yönetim sistemi, Dijital fabrika, Veri analizi, İş istasyonu.

Digital Factory Formation with Production Tracking Systems and Conceptual Data Analysis

Abstract

Today, raw materials, production and shipment related to, the entry and exit processes of all warehouses, with production orders and inputs and outputs input quality, process quality and final output values, maintenance processes, monitoring workstation resource usage information and workstation scheduling through software programs application increases productivity and production capacity. In order to calculate the actual cost of the produced product, software programs that calculate the cost and software programs that monitor the production instantly need to work in an integrated manner. In order to follow this process correctly, it is aimed to follow the Strategy and Quality Management System and quality documents such as forms, processes and instructions belonging to the enterprise by using them as a work flow tool within the software program. In this way, key performance indicators (KPIs) within the company will be monitored and the company culture will be transferred to the virtual system. In addition, process setups can be done through the system and process performance indicators can be followed. In this study; the application example of industrial automation and conceptual data analysis of production tracking systems compatible with Industry 4.0 in a corporate enterprise operating in the metal wire industry has been examined. As a result of the application, it was seen that the production costs of the enterprise decreased, the labor productivity increased, the product quality improved with the effective use of physical resources, and the inventory control became easier, even if it was less than it should be.

Keywords: Production tracking system, Quality management system, Digital factory, Data analysis, Work station.

* Sorumlu Yazar: halil.kilic@klu.edu.tr

1. Giriş

Bilgi sistemlerinin temelini oluşturan sayısallaştırmayı ifade eden bir kavram olan dijitalleşme terimi son yıllarda farklı alanlarda sıkça karşımıza çıkmaktadır. Analog verilerin sayısal olarak dönüştürülün veriler, bilgisayar tarafından işlenerek yönetilebilir duruma gelmiştir. Dijitalleşme, ilk olarak yazılım uygulamalarının kullanılmasıyla süreçlerin otomasyonu olarak işletmelerde ortaya çıkmış ve sonra başta İnternet olmak üzere çeşitli dijital teknolojilerin yardımıyla şirketlerin üretim süreçlerini değiştirmelerine sebep olmuştur. Dijital teknolojilerin gelişmesi ve entegrasyonu sonucu Endüstri 4.0'a geçilmiş ve şirketlerin dijitalleşme süreçleri, üretim süreçlerini, modellerini ve yapılarını da kapsayan dijital dönüşüm olarak adlandırılmaya başlanmıştır. Avrupa Komisyonu tarafından dijital dönüşüm, fiziksel ve dijital sistemlerin entegrasyonu ile yenilikçi iş modellerinin, yeni süreçlerin ve akıllı üretim hizmetlerinin oluşması olarak tanımlanmıştır. Şirketlerin üretim süreçlerinden üretim modellerine, örgütsel yapısından müşteri ilişkilerine kadar kapsamlı bir değişim olarak ifade edilen dijital dönüşüm, köklü bir değişikliğe sebep olduğu için, şirketlerin bu dönüşüm sürecinde başarısızlıkları azaltan, planlayan, işleten ve kontrol eden bir dijital dönüşüm stratejisine ihtiyacı vardır (Matt ve diğer. 2019). Dijital dönüşüm ile ilgili yapılan tanımların ortak noktası, dijital dönüşümün köklü bir değişiklik olduğu ve işletmelerin iş süreçlerinin yanında iş modellerini, müşteri ilişkilerini, iş tanımlarını, çalışan yetkinliklerini ve hatta işletme kültürünü de etkilediğidir (Klein 2020).

Rekabet ettikleri firmalara göre daha avantajlı hale gelebilmeleri için, üretim maliyetlerinde azalmayı, daha fazla üretim esnekliğini ve daha verimli süreçleri sağlamak zorundadır (Timur ve Kılıç 2021). Bunlar hemen hemen her sektörde üretim yapan işletmelerin ortak taleplerinden biridir (Oktaç ve diğer. 2021). Üretimde proses kontrol ve otomasyon sistemleri ile üretim organizasyon sistemleri daha düşük maliyetle yönetilebilir, süreç bilgisi optimize edilebilir ve enerji verimliliği artırılabilir (Edgar Thomas ve Efstratios 2018, Timur ve Kılıç 2021, Türkan 2021). Mühendislik ve operasyonlardaki verimliliği arttırmayı, işletme maliyetlerini azaltmayı ve ürün kalitesini geliştirmeyi amaçlayan işletmeler için endüstriyel otomasyon sistemleri ve dijitalleşme ön plana çıkan en önemli unsurlardır. Dijitalleşme ve akıllı üretim söz konusu olduğunda, dünyanın birçok yerinde üretim yapan işletmeler, genellikle veri kullanılabilirliği ve tutarlılığı ile ilgili temel meseleleri ele almak zorunda kalmaktadır (Monostori 2014). Ardışık birçok farklı sistemden oluşan proseslerin endüstriyel otomasyon ve kontrol sistemleri uygulamaları "Proses Otomasyonu" kavramı olarak adlandırılmaktadır. Kimya, ilaç, demir-çelik, çimento gibi sektörler proses endüstrilerine örnek verilebilir.

Dijital işletmelerde, fiziksel faaliyetleri gözlemek, proses iletişimi ve akıllı üretim sistemini amaç edinmektedir. Tamamen birbirine entegre ve endüstriyel ağa bağlı üretim yapan fabrikalar, makineler ve cihazlar, en az manuel müdahale gerektiren akıllı ve kısmen özerk bir şekilde hareket edebilecektir (Gao ve diğer. 2015). Yazılım programları, ürünlerin giriş ve çıkış süreçleri, tablolar, bakım onarım süreci, kalite, depo yönetimi gibi tüm üretim kontrol edilebilir. Makinelardan veri toplanması ve verilerin işlenmesi ile çalışan MES (üretim yönetim sistemi) ile cep telefonu ve/veya bilgisayar ile raporlama yapılabilir, duruş analizi gibi verilerle mobil üzerinden de ulaşım sağlanabilmektedir. Web üzerinden çeşitli tarama motorları aracılığı ile raporlama

yapılabilmektedir (Kritikos ve Massonet 2016). Gelişen teknoloji ile işletmeler farklı işlevlerdeki verilerle yoğun etki kalmaktadır. Rekabet ortamı ve serbest pazar hareketliliği fabrikaları yeniden şekillendirmiş ve çözüm arayışı içine sürüklemektedir (Kılıç ve Timur 2021). Dijital dönüşümde Endüstri 4.0, internet ile gerçekleşen iletişimin önemini vurgulamaktadır. Bu sayede büyük veri işleme teknolojilerinin önemi artmaktadır. Teknolojik olarak PC hafıza sistemlerinin de gelişmesi oldukça önemli olmuştur. Akıllı üretim, gerçek zamanlı ve yüksek değerli destek sistemlerini kullanarak, müşteri taleplerine hızlı yanıt veren, enerji ve malzeme kullanımını en aza indiren, sürdürülebilirliği, üretkenliği, yeniliği ve ekonomik rekabeti radikal bir şekilde geliştiren, koordineli ve performans odaklı bir üretim girişimini mümkün kılmaktadır.

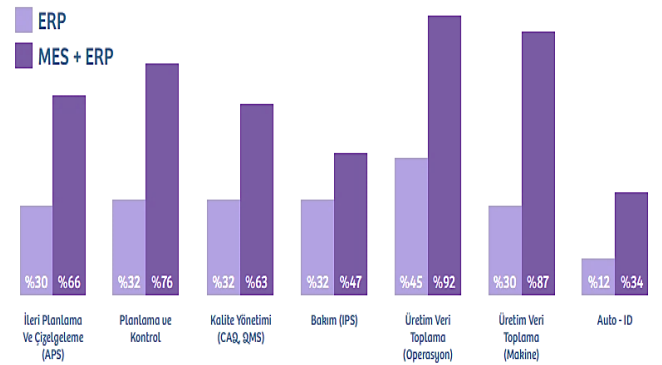
Bu kapsamda işletmeler kaynaklarını etkin kullanabilmek için, ürün ve hizmetlerini, üretim teknolojilerini ve performans göstergelerini rekabet koşullarına uygun olarak senkronize ederek daha verimli üretim ortamları oluşturmalıdır. Bu çalışmada, metal tel endüstrisinde faaliyet gösteren kurumsal bir işletmenin dijital dönüşüm çerçevesinde, üretim takip sistemlerinin endüstriyel otomasyonu ve kavramsal veri analizi uygulama örneği irdelenmiştir. Bu çalışma ile örnek işletmede bir üretim takip senaryosu belirleyerek, işletmelerin daha kapsamlı ve bütüncül bir dijital dönüşüm stratejisi geliştirmesine destek olmaktadır.

2. Materyal ve Metot

Üretim yönetim sistemi olarak ifade edilen MES, üretim sahasındaki anlık veri yönetimini sağlayan ERP (kurumsal kaynak planlaması) ile entegrasyonu gerçekleştiren bir üretim takip sistemi olarak ifade edilmektedir.

2.1. MES ve ERP İlişkisi

ERP ve MES sistemleri farklı içeriklere sahiptir. MES işlem anındaki veriyle ilgilenerek, üretimdeki anlık değişimlerin yönetimini sağlar. MES aynı zamanda ERP'nin daha hassas ve doğru verilerle yönetilmesini sağlar. MES ile ERP'nin anlık olarak güncellenmesi sonucu maliyetler ve kaynaklar gözlemlenebilir. MES ve ERP'nin birbirleriyle senkronize çalışma sonucunda üretimde etkili olacağı ifade edilebilir.



Şekil 1. Entegre MES sisteminin avantajları (Figure 1. Advantages of the integrated MES system)

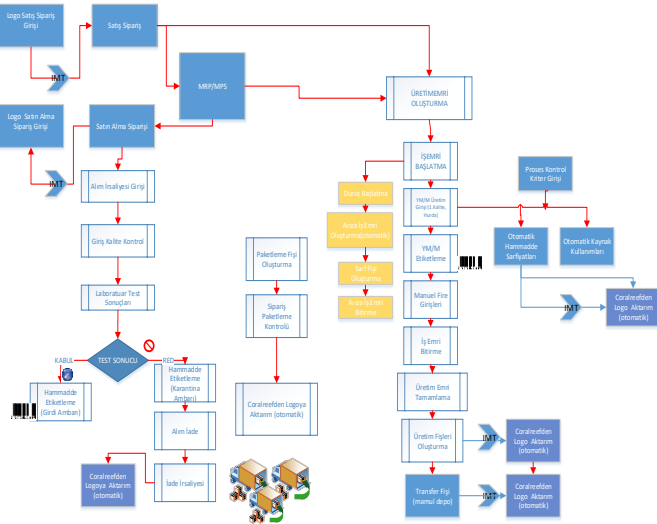
Bu amaçla MES sisteminde bulunması gereken modüllerin Şekil 2'de görüldüğü gibi ilişkilendirilmesi gerekmektedir.



Şekil 2. MES modülleri (Figure 2. MES modules)

2.2. İş Akışı

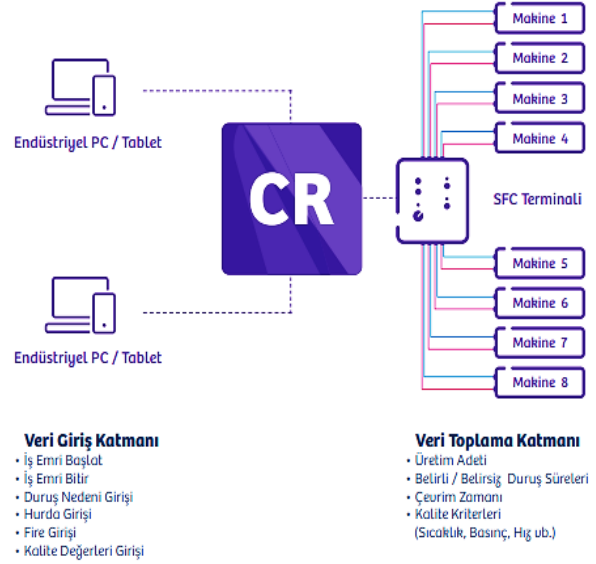
Üretimde meydana gelen bilgi akışını doğru yönetmek çok önemlidir. Bilgi karmaşası ve yönetimi sağlıklı üretim verileri ile çözümlenecektir. Özellikle verimlilik verilerinin değerlendirilmesinde anlık bilginin önemi oldukça yüksektir. Şekil 3'te iş akış şeması görülmektedir.



Şekil 3. İş akış şeması (Figure 3. Work flow chart)

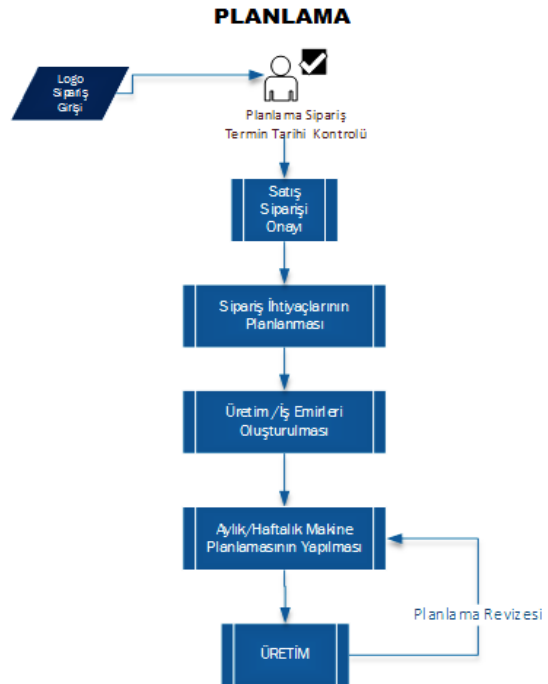
2.3. Üretim Planlama

Üretim planlama, üretim sürecinde işletme içerisinde 7/24 çalışan makinelerden elde edilen verilerin işlenmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu süreç doğru ve titiz yönetilmelidir. Şekil 4'te görüldüğü gibi, üretimdeki makinelerden farklı parametre katmanları altında toplanan veriler, CR yazılım programı aracılığı ile endüstriyel bilgisayarlara aktarılmaktadır.



Şekil 4. Üretim veri toplama (Figure 4. Production data acquisition)

Bilgi toplama sürecinde üretim verilerinin sistemde planlı bir şekilde işlenmesi gerekmektedir. Üretim verileri girildikten sonra satış siparişi onayı, sipariş ihtiyaçlarının planlanması ve üretim iş emirlerinin oluşturulması, aylık ve haftalık makine planlaması olarak Şekil 5'te görüldüğü gibi sıralı bir ilerleme ile sağlanmalıdır. Üretimin yapıldığı anda gerçekleşen üretim adet bilgisi ve duruş bilgisi sensörler ile algılanıp sisteme veri girişi yapabilecektir.

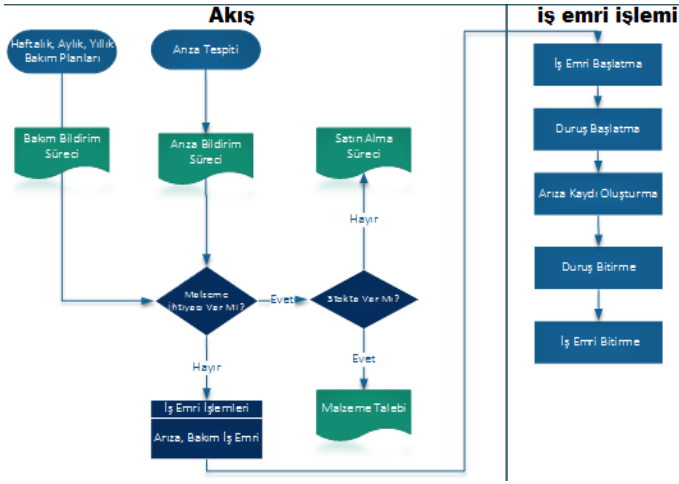


Şekil 5. Planlama akış şeması (Figure 5. Planning flow chart)

2.4. Bakım Onarım

Arıza bakım prosesi üretim planı oluşturmada oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Üretim yapılan makinelerin istenilen zamanda istenilen miktarda ürün vermesi için bakımlarının zamanında yapılması oldukça önemlidir. Bu

sürecin yazılımda planlanması için Şekil 6'da görüldüğü gibi bir iş akışı oluşturulmalıdır.



Şekil 6. Makine bakım prosesi (Figure 6. Machine maintenance process)

Bu süreçte haftalık-aylık-yıllık bakım planları, arıza tespiti, malzeme ihtiyacı ve iş emirleri oluşturup bakımın gerçekleştirilmesi işlemleri sırası ile yapılmaktadır. Modülde bakım ve arızaların tespiti aşağıdaki gibi yürütülmektedir.

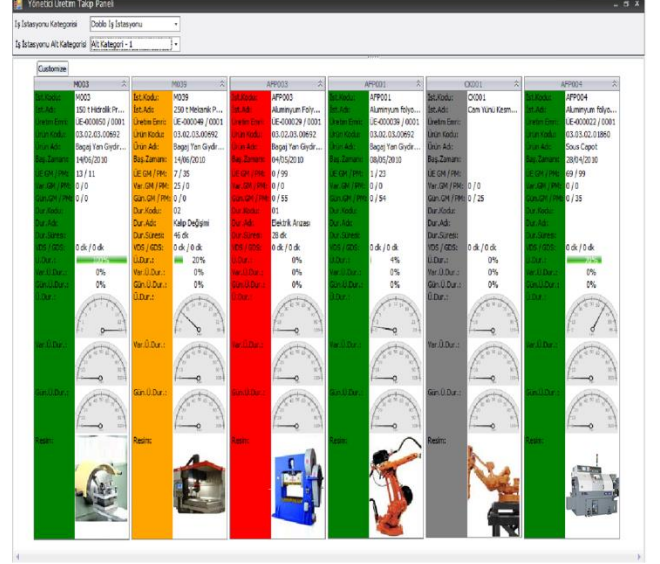
- Makinelerdeki hata ve arıza durumunun takibi,
- Bakım onarım uygulama sürelerinin ve gerekli malzemelerin izlenmesi,
- Bakım onarım iş emrinin açılması ve internet yolu ile bilgilendirme,
- Kullanılan malzemelerin bakımı ve takibi,
- Planlı bakım için makinelerin üretimdeki uygun zamanının belirlenmesi,
- Planlı bakım talimatlarının takibi ve işlevlerini içermektedir.

2.5. Kalite Kontrol

Yazılım programında operasyonel kalite kontrol süreçlerinin takip edilebildiği sürecin kalite bazında yönetildiği tek modül kullanılmaktadır. Giriş, proses ve final kalite kontrol süreçleri takip edilebilmektedir. Bunlar;

- Malzeme bazında giriş kalite kriteri girişi,
- Malzeme ve tedarikçi bazında giriş kalite kontrol değerleri takibi,
- İstatistiksel giriş değerleri raporlaması,
- Tedarikçi değerlendirme,
- Otomatik kontrol sıklığı bildirim,
- Otomatik örneklem büyüklüğü bildirim,
- Numune alma planı takibi,
- Laboratuvar süreci takibi,
- Kalite onayı almamış ürünlerin üretimde kullanılmaması kontrolleri,
- Kalite kriterleri bazında planlanan-gerçekleşen değer analizleri,
- Üretim kriterlerinin izlenebilirliği,
- Proses koşulları standardizasyonu,
- Kalite kontrol sonuçlarının raporlanması gibi fonksiyonları içermektedir.

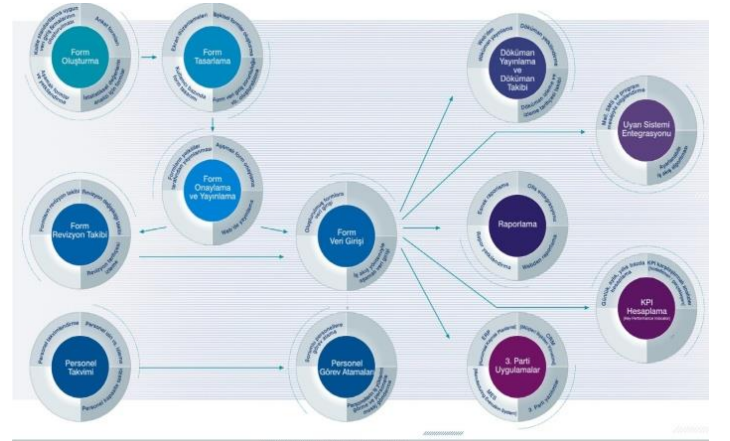
Üretim, planlama, bakım-onarım ve kalite süreçleri tasarlanıp sisteme girildikten sonra yönetici kurgulanan üretim takip sisteminde yönetici paneli ile tüm makinelerin üretim durumları, duruş bilgileri, üretim emri, stok kartı bilgileri paneli ile üretim eş zamanlı olarak izlenebilecektir. Şekil 7'de üretim takip verilerinin izlenebildiği yönetici ekranı görülmektedir.



Şekil 7. Yönetici paneli (Figure 7. Admin panel)

2.6. Formların Oluşturulması

Çalışanların ya da makinelerin performanslarının kontrol edildiği, formlarla performans göstergelerinin hesaplandığı ve bu formların internet ortamında paylaşıldığı önemli bir yönetim sistemi uygulamasıdır. Şekil 8'de formların oluşturulmasındaki veri giriş akışı görülmektedir.

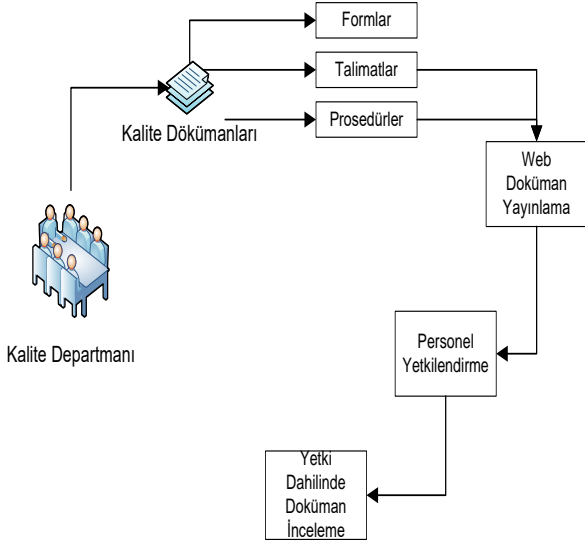


Şekil 8. Form veri girişi (Figure 8. Form data entry)

Program ayrıca raporlama ve analizlerin yapıldığı ve yönetildiği bir modüldür. Bu kısım;

- Kullanıcıya özgü raporlar.
- Tanımlanabilir filtreler ve hesaplanabilir alanlar.
- Office programları ile tam entegrasyon.
- Pivot raporlama.
- Görsel ve grafiksel raporlama.
- View, prosedür ve fonksiyon desteği ile detaylı raporlama.
- Rapor bazında gruplama ve yetkilendirme gibi fonksiyonları içermektedir.

Özellikle kalite departmanları için büyük kolaylıklar sağlayan iş akışı Şekil 9’de özetlenmiştir.



Şekil 9. İş akışı formları (Figure 9. Workflow forms)

Bu özelliklerin firma altyapısına uygulanabilmesi için program eğitimlerinin verilmesi gerekmektedir. Bu eğitimler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Bilgi işlem eğitimi (kullanıcılar, roller, parametreler, entegrasyon uygulaması, veritabanı, model değişiklikleri).
- Anahtar kullanıcı tanımlar eğitimi (stok kartları, lot tanımları, cari hesap, çalışan, vardiya, birimler, fabrika, bölüm, işyeri, ambar, stok yeri).
- Anahtar kullanıcı üretim tanımları eğitimi (iş istasyonu, iş istasyonu grubu, operasyon, operasyon grubu, rota, reçete, çalışma takvimi, hata tanımları).
- Anahtar kullanıcı kalite tanımları eğitimi (hammadde giriş kalite tanımları, üretim kalite tanımları).
- Anahtar kullanıcı hammadde kabul eğitimi (alım siparişi, paket/etiket, giriş kalite kontrol, satış siparişinden alım siparişi oluşturma).
- Anahtar kullanıcı üretim eğitimi (makine programlama ekranı, üretim emri açma (manuel ve satış siparişinden), iş emirleri, iş emri satırları, gerçekleşen miktarlar, hammadde kullanımları, fire kayıtları, oluşturulan paket kayıtları, üretim kalite kriterleri girişi).
- Yetkili kullanıcı eğitimi (doküman tasarımı ve kullanımı, form kayıtları ve form veri girişi, cihaz kalibrasyon-bakım bilgileri girişi, takvim işlemleri, personel izin kayıtları, iş akışı, uyarı ikaz işlemleri, DTS sistemi).

3. Sonuç

Bu çalışma, metal tel endüstrisinde üretim yapan kurumsal bir işletmede 24 aylık süreçte uygulamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın, imalat sanayinde faaliyet gösteren KOBİ veya büyük işletmelerde üretim planlama ve kontrol faaliyetlerini etkileyen karmaşık durumların ortadan kaldırılarak, üretimde meydana gelen aksamların veya ortaya çıkabilecek problemlerin somut delillerle tespit edilmesiyle işletmelere büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir. İşletmelerde üretim takip sisteminin kullanımının, üretim maliyetlerini azalttığı, işgücü verimliliğini artırdığı, fiziksel kaynakların etkin kullanımı ile ürün kalitesini artırdığı ve olması gerekenden az da olsa stok denetimini kolaylaştırdığı

görülmüştür. Bu akıllı dijital sistem, covid 19 salgın sürecinde personelin birbiri ile temasını ortadan kaldırmış ve sürecin uzaktan takip edilmesine imkan vererek salgının etkisini azaltmaya olumlu katkı sağladığı düşünülmektedir. Ayrıca üretim sektöründeki işletmelerin dijitalleşme ve verimliliğine yön vermede olumlu katkı sağlayabileceği öngörülmektedir.

Kaynakça

- Edgar, T. F. & Pistikopoulos, E.N. (2018). Smart manufacturing and energy systems. *Computers and Chemical Engineering*, 114, 130-144.
- Gao, R., Wang, L., Teti, R., Dornfeld, D., Kumara, S., Mori, M. & Helu, M. (2015). Cloud-enabled prognosis for manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 64(2), 749-772.
- Kılıç, H. & Timur, M. (2021). Plastik enjeksiyon tezgahlarında vida kırılmasının akustik emisyon yöntemi ile tespit edilmesi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 28, 126-129.
- Klein, M. (2020). İşletmelerin dijital dönüşüm senaryoları-Kavramsal bir model önerisi, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(74), 997-1019.
- Kritikos, K. & Massonet, P. (2016). An integrated meta-model for cloud application security modelling. *Procedia Computer Science*, 97, 84-93.
- Matt, D. T., Orzes, G., Pedrini, G., Beltrami, M. & Rauch, E. (2019). Roadmap in eine digitale welt. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 114(9), 576-579.
- Monostori, L. (2014). Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. *Procedia CIRP*, 17, 9-13.
- Oktaç, M. T., Timur, M. & Kılıç, H. (2021). Impact of dehumidification devices on production efficiency in plastic injection, *Sakarya University Journal of Science*, 25(5), 1129-1135.
- Timur, M. & Kılıç, H. (2021). Analysis of the manufacturing process using polypropylene by plastic injection molding method, *European Journal of Science and Technology*, 27, 832-836.
- Timur, M. & Kılıç, H. (2021). Endüstride pet şişe üretiminde karşılaşılan problemler ve çözüm önerileri, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(5), 2067-2076.
- Türkan, B. (2021). Enjeksiyon edilmiş plastiğin soğutulması işleminin optimizasyon çalışması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (31), 801-808.



Beyin Cerrahisi İçin Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Gerçekleştirmek

Hasibe Nur Kılınç^{1*}, Yusuf Uzun²

^{1*} Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Konya, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-1169-9315), hasibenurkilinc@gmail.com

² Necmettin Erbakan Üniversitesi, Seydişehir Ahmet Cengiz Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7061-8784), yuzun@erbakan.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 28 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 23 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1049487)

ATIF/REFERENCE: Kılınç, H.N. & Uzun, Y. (2022). Beyin Cerrahisi İçin Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Gerçekleştirmek. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 290-296.

Öz

Son yıllarda tıp alanında Artırılmış Gerçeklik teknolojisi ile kaydedilen başarılar sayesinde kullanımına yönelik araştırmalar ve eğitim alanına yönelik araştırma sonuçları arasında ilk sıralara doğru önemli adımlar atılmaktadır. Bu çalışma beyin cerrahisi alanındaki tıp öğrencilerine ve öğretilerine eğitimlerde kolaylık sağlamak amacıyla yapılmıştır. Bu çalışma Vuforia SDK, Visual Studio, İşaretçi ve Konum Tabanlı Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi, Unity kullanarak hazırlanmıştır. Ayrıca bu çalışma sadece bilgi almak olarak değil bu sistemi kullanan öğrenci ve öğretilerinin katkılarıyla, bilgisi alınan ameliyatlara ve ders bileşenleri hakkında geri bildirimler ile tıp öğrencilerine daha iyi bir eğitim verebilecektir.

Artırılmış Gerçeklik teknolojisini ile yapılmış bu çalışma, beyin cerrahisi alanındaki tıp öğrencilerinin sadece teoriye bağlı kalmadan bu uygulama sayesinde daha fazla derse ve konuya odaklanmalarına izin verir. Artırılmış Gerçeklik, gerçek dünyaya sanal beyin diyagramları ve anatomisi ekledikçe, öğrencilerin uygulamadaki fiziksel cihazlara yardımıyla dersteki eğitimlerine izin vermektedir. Bu nedenle, sadece ders kitabını takip etmek veya dersi dinlemek yerine, uygulamada öğrenciler aslında kitaptaki bilgiler ile ameliyat zamanında oluşturulmuş videoları o kısımlarda izleyerek dersi pekiştirmelerine yardımcı olabilir ve derste pratik yapmaya başlayabilirler. Bundan dolayı, dersteki öğrencilerin öğrenme deneyimini geliştirir ve katılımı artırır.

Anahtar Kelimeler: Beyin Cerrahisi, Artırılmış Gerçeklik, AG.

Developing Augmented Reality Application for Neurosurgery

Abstract

Thanks to the successes recorded with Augmented Reality technology in the field of medicine in recent years, important steps have been taken towards the first place among researches on its use and research results in the field of education. This study was carried out to facilitate the training of medical students and instructors in the field of neurosurgery. This study was prepared using Vuforia SDK, Visual Studio, Pointer and Position Based Augmented Reality Technology, Unity. In addition, this study will not only provide information, but also with the contributions of students and instructors who use this system, with feedback on the surgeries and course components, which will provide a better education to medical students.

This study, made with Augmented Reality technology, allows medical students in the field of neurosurgery to focus on more lessons and topics thanks to this application, without depending only on theory. Augmented Reality allows students to train in the classroom with the help of physical devices in the app, as it adds virtual brain diagrams and anatomy to the real world. Therefore, instead of just following the textbook or listening to the lesson, in practice, students can actually help reinforce the lesson by watching the information in the book and the videos created during the surgery in those parts and start practicing in the lesson. Therefore, it improves the learning experience of students in the course and increases participation.

Keywords: Neurosurgery, Augmented Reality, AR.

* Sorumlu Yazar: hasibenurkilinc@gmail.com

1. Giriş

Mobil ve kablosuz cihazların hızlı bir şekilde yaygınlaşması, Artırılmış Gerçeklik gibi yenilikçi bir teknolojinin eğitim ortamlarında kullanılmasına yardımcı olmaktadır. Bu teknolojiler, üç boyutlu (3D) çoklu ortam içeriklerini etkileşim, gerçeklik ve duysal dalma konularında oldukça farklı boyutlara ulaştırmaktadır (Özdemir, 2017).

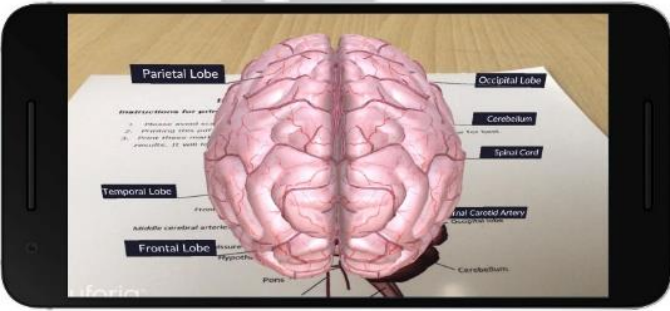
Artırılmış Gerçeklik teknolojilerinin sahip olduğu benzersiz etkileşim özellikleri sayesinde, öğrencilerde geleneksel yöntemler ile gerçekleştirilen mümkün olmadığı bir takım özel becerilerin gelişimine olanak sağlanabilir (Özdemir, 2017).

Artırılmış Gerçeklik, bilgisayar donanım ve yazılımları yardımıyla bir araya getirilmesiyle oluşan görsellerin, 3D nesnelerin ve videoların gerçek ortamda birleştirilerek etkileşimli olarak gösterilmesi olarak da tanımlanabilir (Yolcu, Emre, & Celayir, 2018).

Artırılmış Gerçeklik ile bir araya getirilen görüntüler gerçek ortamlarla birleşir ve oluşturulan videolar ve görüntüler o anda meydana getirilen gerçek ortamın bir parçası olarak görünmektedir. Bundan kaynaklı olarak turizm, tıp, sağlık, askeri, endüstri, inşaat ve eğitim gibi sektörlerde yaygın olarak kullanılmıştır.

Artırılmış Gerçeklik için öncelikle gerçek ortamda birleştirilecek video ve görüntüler uygulama yazılımlarıyla oluşturulur. Bu oluşturulan video ve görüntüler genellikle üç boyutlu nesnelere oluşturulur (İçten & Bal, 2017).

Oluşturulan görüntüler ve videolar ara uygulama ve programlara aktarılarak çeşitli GPS verileri ile işlenerek gerçek ortama aynı çalışma haline getirilir. Oluşturulan görüntülerin öğrencilere aktarılabilmesi için de mobil telefonlar, tabletler veya teknolojik cihazlarla (Google Glass, Monte Gözlükler, Hololens gibi vb. cihazlarla) kullanılabilir hale getirilir (İçten & Bal, 2017).



Şekil 1. Beyin Cerrahisinde AG 3D İnsan Beyni Modeli (Figure 1. AG 3D Human Brain Model in Neurosurgery)

Artırılmış Gerçeklik' in Tıp alanındaki kullanım alanlarını şöyle sıralayabiliriz;

- 1-Klinik ve günlük uygulamalarda
- 2- Eğitim ve akademik yayınlarda
- 3-Ameliyatlarda
- 4-Hasta ve hasta yakınlarına bilgi vermekte kullanılabilir.

Artırılmış Gerçekliği tıp eğitiminde kullanılmasını klinik eğitimde ve öğrenci eğitiminde kullanabiliriz (Yolcu, Emre, & Celayir, 2018).

Bu çalışmada Artırılmış Gerçeklik teknolojisinin teknolojik cihazlardaki öğrenme yaklaşımının eğitimdeki faydalarından yararlanarak beyin cerrahisindeki tıp öğrencilerinin ve öğretilerinin derslerdeki öğrenimde bu çalışmanın kullanılması için odaklanılmıştır.

Böylece tıp fakültesi öğrencilerin dersleri yoğun bilgi ve tıp terimleri içerdiği için öğrencilere aktarılması mümkün olmamaktadır. Bundan dolayı tıp öğrencilerinin ders dışında da konuyla ilgili çalışmaları gerektiğinde herhangi bir kamerası olan bir cihazdan veya NFCI kartlarını okutarak uygulamalara erişerek dersle ilgili kısımların 3d nesnelerini, videolarını, ameliyatlarını inceleme imkânı sağlamaktadır.

Bu doğrultuda uygulamada teknolojik cihazlardan öğrenme yaklaşımıyla tıp öğrencilerine ve öğretilerine her an her yerde öğrenme ve öğretme imkânı sunmaktadır. Böylelikle çoklu ortam materyallerinin teknolojik cihazlarının artırılmış gerçeklikle öğrenme yaklaşımıyla kitaplar ve sunumlarla birlikte kullanılmasıyla öğrenmenin daha hızlı algılayabilmelerine öğrencilere daha uygun bir çözüm sunmaktadır.

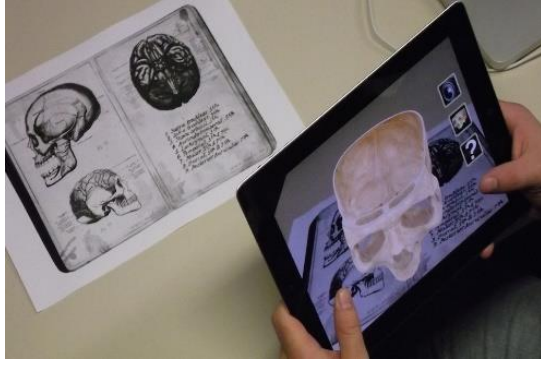
Bu çalışmada sadece bilgi almak olarak değil bu sistemi kullanan öğrenci ve öğretilerinin katkılarıyla, bilgisi alınan ameliyatlara ve ders bileşenleri hakkında geri bildirimler ile beyin cerrahisindeki tıp öğrencilerine daha iyi bir eğitim sunabilecektir.

Ayrıca ikinci bölümde kısaca Konum ve İşaretçi Tabanlı Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi, Vuforia SDK, geliştirme ortamı olarak Unity, Android Studio ve Visual Studio kullanıldığı materyal ve metod kısmında vurgulanmıştır. Üçüncü bölümde yapılan uygulamada elde edilen görüntüler ve bilgiler bulgular kısmında vurgulanmaktadır. Dördüncü bölümde de çalışmada elde edilen sonuçlar ve sonuçların avantajları ve varsa dezavantajları vurgulanmıştır.

1.1. Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış Gerçeklik uygulamalarında, kullanan teknolojiler kullanıldığında optik ve video temelli teknolojiler olmak üzere iki grupta ele alınabilir. Bu iki grup arasındaki farklılık sanal ve gerçek dünyanın bütünleştirilmesiyle oluşturulan alanın görüldüğü yerdir. Video temelli sistemlerde bütünleştirilmiş sahne teknolojik cihazlar (mobil, tablet, bilgisayar vb.) üzerinde, optik sistemlerde ise bütünleştirilmiş gözlüklerle gerçek dünyada görülmektedir (İçten & Bal, 2017).

Artırılmış gerçeklik, öğrencilerin ve öğretilerinin öğrenme ortamları ve yaşadıkları gerçek dünyayı birleştirerek öğrenilen bilgi ve becerilerini uygulamalarına olanak sağlamaktadır. Öğrenen öğrencilerin grup içerisinde kendi bilgi ve deneyimlerini paylaşabilmelerinden dolayı artırılmış gerçeklik ortamlarında bilginin aktarımı imkânı sunulmuştur (Küçük, Kapakin, & Göktaş, 2015).



Şekil 2. Beyin Cerrahisi Eğitimde Artırılmış Gerçeklik (Figure 2. Augmented Reality in Neurosurgery Education)

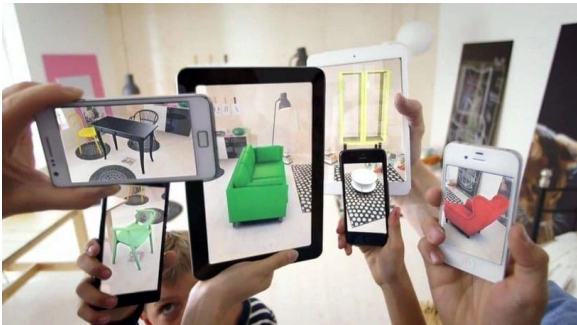
AG uygulamalarının gerçek ortamda gösterimi 3 şekilde yapılmaktadır. Bunlar işaretçi tabanlı, konum tabanlı ve işaretçisiz (markerless) olarak oluşturulmaktadır (Akkuş & Özhan, 2017).

İşaretçi Tabanlı Artırılmış Gerçeklik Çalışmaları; gerçek ortamda bulunan bir görsel üzerine sanal materyallerin yerleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Görsellere bağlı çalışırlar. Tüm alanlarda en çok kullanılan yapıdır. Wikitude, Artoolkit, Vuforia, Layar vb. alan yapılarıyla kullanılmaktadır (Akkuş & Özhan, 2017).



Şekil 3. İşaretçi Tabanlı Artırılmış Gerçeklik (Figure 3. Pointer Based Augmented Reality)

Konum Tabanlı Artırılmış Gerçeklik Çalışmaları; konum bilgilerinin kullanılarak sanal oluşturulan materyallerin belirli konumlarda tetiklenerek gerçek ortamda gösterilmesi şeklinde oluşturulmaktadır. GPS ve harita bilgilerini kullanır. Turizm alanlarında daha çok kullanılmaktadır. ARtoolkit 6 ve Wikitude yapılarıyla kullanılmaktadır (Akkuş & Özhan, 2017).



Şekil 4. Konum Tabanlı Artırılmış Gerçeklik (Figure 4. Location Based Augmented Reality)

İşaretçisiz (Markerless) Artırılmış Gerçeklik Çalışmaları; günümüzde yeni nesil optik tabanlı akıllı gözlüklerle birlikte kullanılmaktadır. Kullanıcıyı gerçek ortamda etkileşime dahil eder. Tıp, eğitim, sağlık, turizm vb. başta olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. ARkit, Vuforia, Wikitude, ARtoolkit 6, ARcore, vb. yapılarıyla kullanılmaktadır (Akkuş & Özhan, 2017).



Şekil 5. Markerless Tabanlı Artırılmış Gerçeklik (Figure 5. Markerless Based Augmented Reality)

1.2. Artırılmış Gerçeklik İçin Kullanılan Çevre Birimleri

Artırılmış Gerçeklik için kullanılan çevre birimleri;

- Donanımsal Çevre Birimleri
 - Yazılımsal Çevre Birimleri
 - Marker Çevre Birimleri
 - Artırılmış Gerçeklik Gözlükleri
- olarak sıralayabiliriz.

1.2.1. Donanımsal Çevre Birimleri

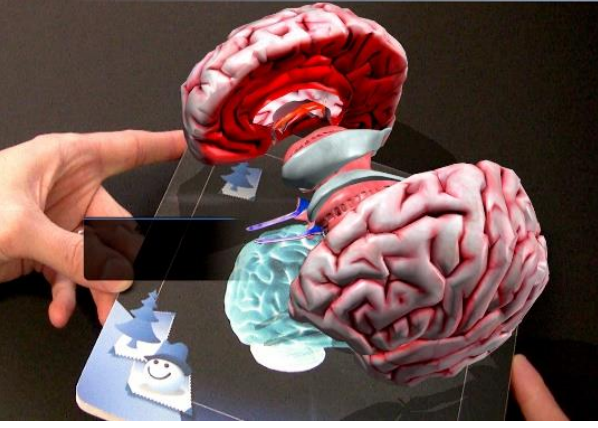
Artırılmış gerçeklikte tüm çalışmalar bilgisayar alt yapısı yardımıyla oluşturulmaktadır. Genellikle 3D modellerin gerçek alanlarda görüntülenebilmesi için uygulamanın hızı bakımından yüksek performanslı bilgisayarlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu teknolojinin genellikle mobil teknolojili uygulamalar üzerinde geliştirilirse; Artırılmış Gerçeklik teknolojisi için en önemli ihtiyacın donanım olduğu anlaşılabilmektedir. Bundan dolayı İpad, PC, Notebook, kamera vb. cihazlar örnek verilebilir (Çakal & Eymirli, 2012).

1.2.2. Yazılımsal Çevre Birimleri

Artırılmış gerçeklikte sanal ile gerçek ortamı birlikte yorumlayacak bir ara yardımcı yüzeye ihtiyaç vardır. Bu ara yüzey genellikle yazılım firmalarının lisanslı yazılım paketleri olarak piyasada bulunmaktadır. Genellikle bu yazılımlarda artırılmış gerçeklikte bir takım kolaylıklar sağlamak için oluşturulan araçlarla tasarlanmaktadır. Bu yazılımlar genelde mobil uygulama araçları, modelleme araçları, marker araçları, mobil uygulama araçları ve web ara yüzü geliştirme araçları ile oluşmaktadır (Akkuş & Özhan, 2017).

1.2.3. Marker Çevre Birimleri

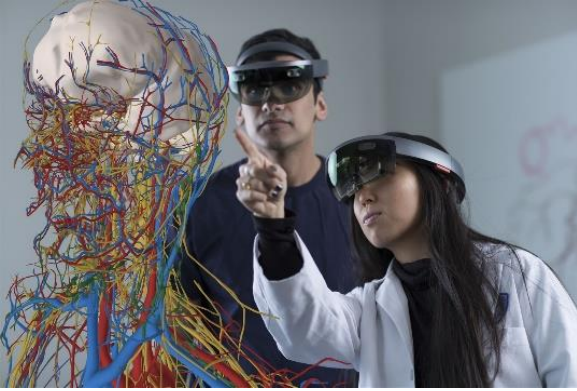
Gerçek ortamla sanal ortam arasındaki konumsal bağı markerlar oluşturmaktadır. Bu markerler ilk uygulandığı yıllarda 2 bitlik şekillerde oluşturulurken şimdiki zamanlarda gerçek hayattaki herhangi bir nesne; işaretçi marker olarak kullanılmıştır (Çakal & Eymirli, 2012).



Şekil 6. Marker Çevre Birimleri (Figure 6. Marker Peripherals)

1.2.4. Artırılmış Gerçeklik Gözlükleri

Gerçek ile sanal ortam arasındaki verilerin ve görüntülerin oluşması ve uygulamayı kullanacak kişilerin sanal ile gerçeği birlikte algılayabilmesine imkân sunan gözlüklerdir (Çakal & Eymirli, 2012).



Şekil 7. Artırılmış Gerçeklik Gözlükleri (Figure 7. Augmented Reality Glasses)

1.3. Artırılmış Gerçekliğin Endüstride Kullanımı

Günümüzde Artırılmış Gerçeklik teknolojisi insanların, öğrencilerin ve iş liderlerinin ilgilenmeleri için ana araç haline geldi. Bu teknolojinin kullanıldığı bazı sektörler; inşaat, imalat, yiyecek ve içecek endüstrisi, pazarlama, eğitim, tıp vb.

1.3.1. İnşaat

Artırılmış gerçeklikte inşaatlar proje halindeyken müşterilerine inşaatların bitmiş hallerini göstererek dairelerini daha hızlı satmalarına yardımcı oluyor. Ev sahibi olacak kişiler 360 renderları artırılmış gerçeklik gözlükleriyle bitmiş hallerini inceleyerek fırsatları yakalıyorlar ve 3D modeller üzerinden satın alabiliyorlar. Bu çalışmalar inşaat sektörüne büyük fayda sağlıyor (Bingöl, 2016).



Şekil 8. İnşaat Sektöründe Artırılmış Gerçeklik (Figure 8. Augmented Reality in the Construction Industry)

1.3.2. İmalat

İmalat sektöründe geliştirme olan bir üründe hata yapmayı göze alamazsınız. Ürün prototipini 3 boyutlu olarak prototipe erişmeyi ve anlamayı kolaylaştırır. Bu süreçte iş dünyasındaki liderlerin ekiplerini doğru yönlendirme ve doğru karar verebilirler bu da sürecin hızlandırılmasını ve sonuçta ortaya çıkan kazancı ve deneyimi artırır (arimarsc, 2019).



Şekil 9. İmalat Sektöründe Artırılmış Gerçeklik (Figure 9. Augmented Reality in the Manufacturing Industry)

1.3.3. Yiyecek ve İçecek Endüstrisi

Artırılmış Gerçeklikte Teknolojisinde, tüketicilerin sipariş ettikleri her gıda ürünün görüntüsü, içeriğini ve kalorileri hakkında bilgi almalarını sağlamaktadır. Restoran veya cafe vb. mekanlarda müşterilerin seçimlerini uygulama vasıtasıyla 3D olarak görmeleri ve ürünün gelmeden nasıl olacağına dair fikir sahibi oluyorlar (Çakal & Eymirli, 2012).



Şekil 10. Yiyecek ve İçecek Endüstrisi Artırılmış Gerçeklik (Figure 10. Food and Beverage Industry Augmented Reality)

1.3.4. Pazarlama

Artırılmış Gerçeklik, Pazarlamacıların posterlerine, reklam, broşürlerine, el ilanlarına, tişörtlerine ve panolarına hedef tabanlı ek bilgiler, video ve 3B animasyonlar eklemelerine yardımcı olmaktadır. Bundan dolayı, müşterilerine hatasız ve kazançlı bir tecrübe sunar (İçten & Bal, 2017).



Şekil 11. Pazarlama Sektöründe Artırılmış Gerçeklik (Figure 11. Augmented Reality in the Marketing Industry)

1.3.5. Eğitim

Eğitim sektöründe öğrenci ve öğretmenlere kavramları ve bilgileri etkileşimli kılarak fark yaratıyor. 3B artırılmış gerçeklik 3d modellemesi ile sıkıcı bir dersi bir deneyime dönüştürerek ve karmaşık kavramları, bilgileri kolayca öğrenmelerine yardımcı oluyor. Ayrıca, öğretmenlerin öğrencilere en doğru şekilde çıktıları verebilmelerine ortam sağlıyor. Örneğin, geometri derslerindeki şekilleri uygulama vasıtasıyla öğrencilerin 3D göstererek geometriyi sevmelerini sağlayabilir (Güneş & Dilipak, 2020).



Şekil 12. Eğitim Sektöründe Artırılmış Gerçeklik (Figure 12. Augmented Reality in the Education Industry)

1.3.6. Tıp

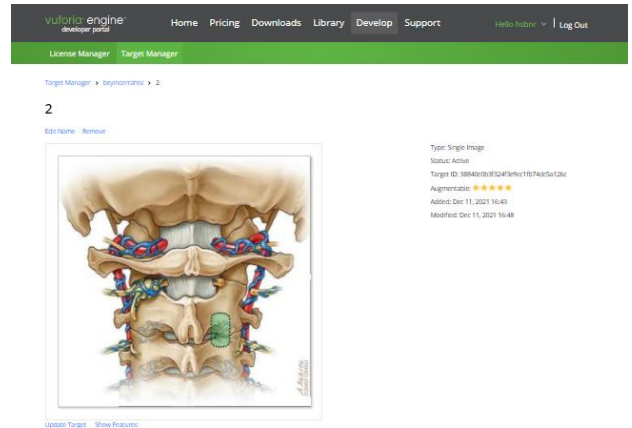
Tıp alanında bu teknoloji sayesinde tıp öğrencileri eğitimlerini bu ortamda alabilirler ve doktorlar hastalarıyla birebir uzaktan teşhis için etkileşime geçebilirler. Kritik durum ve zamanlarda tanı, tedavi ve müdahale planlarına yardımcı olur, tedavinin uygulandığı yere anında müdahale edebilirler.



Şekil 13. Tıp Sektöründe Artırılmış Gerçeklik (Figure 13. Augmented Reality in the Medical Industry)

1.4. Vuforia

Unity ile geliştirilen bu çalışmada ilk aşamasında kullanılacak 3 boyutlu beyin cerrahisi alanında verilen derslerdeki beyin ile ilgili görsellerin oluşturulması yer alır. Bu görseller 3dmax ile tasarlanmıştır. Çalışmaya eklenen 3d resimler Unity editöründe Assets olarak isimlendirilmektedir. Unity editörü Asset Store uygulamasıyla ücretli/ücretsiz olarak 3 boyutlu görselleri çalışmamıza import ederek kullanmamızı sağlamaktadır. Çalışmamızdaki 3D tasarımlarından sonra bunların konumlandırılacağı yüzeyler seçilmelidir. Bu yüzeyler işaretçi(marker) olarak adlandırılan kamera bu görüntüye odaklandığı zaman 3D görseller ve yazılar üzerinde oluşacaktır. Marker yani işaretçi seçildikten sonra uygulamada oluşabilmesi için Vuforia Sdk geliştiricisi kullanılmıştır. Vuforia da bir çalışmayı oluşturabilmek için web sayfasından üyelik oluşturmamız gerekmektedir. Artırılmış Gerçeklikte çalışmalarımızı İlk aşamamızda yapılacak çalışmamız için Vuforia' nın resmi web sitesinden Develop kısmından Licence Key alt sekmesi kısmından "Key" oluşturmamız gerekmektedir. Oluşturulan "Key" çalışmamızın lisans anahtarı olacaktır, her çalışmamız için farklı oluşturulması gerekebilecektir. İşaretçi olarak belirlediğimiz nesneyi Vuforia da tanımlarız. Bu nesneyi tanımlayabilmemiz için belli aşamalar vardır. İlk aşama olarak Vuforia' yaya yüklenen nesne değerlendirilir. Bu değerlendirme 5 yıldız alan nesne ile yapılan çalışma ve görüntüleme kalitesi iyi anlamındadır. Sistem işaretçinin ne kadar yıldız varsa o kadar yüksek oran ile işaretçiyi değerlendirir.



Şekil 14. Vuforia da Nesne İşaretçisi Ekleme (Figure 14. Adding an Object Pointer in Vuforia)



Şekil 15. Uygulama Aşamaları (Figure 15. Application Stages)

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada Konum ve İşaretçi Tabanlı Artırılmış Gerçeklik kullanılmıştır. Bu çalışma için yaygın olarak kullanılan Vuforia SDK kullanılmıştır. Geliştirme ortamı olarak Unity, Android Studio ve Visual Studio tercih edilmiştir. Vuforia SDK'nın Artırılmış Gerçeklik teknolojisiyle birlikte kullanılmıştır. Çalışmada geliştirilmiş olan uygulamanın genel kullanımı Ana ekran kısmında dokümanlar kısmı seçildiğinde derste işlenecek olan kısımları mobil cihazlardan okutarak 3d nesnesi ve detaylı bilgileri çıkmaktadır ayrıca 3d nesnesini 360 tur döndürme, büyültme, küçültme işlemleri yapılmaktadır. Yani her açıdan öğrenmek istediği önemli noktaları görebilmektedir. Ameliyatlar kısmında ise beyin cerrahisinde yapılmış ameliyatların videoları ve çalışmaları yer almaktadır. Tıp öğrencisinin veya doktorun mobil cihazını görselin üzerine tutmasıyla bir ameliyattaymış gibi izlemesine olanak sağlamaktadır ve önemli bilgileri ve tecrübeleri kazanabilmektedirler.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Beyin Cerrahisi alanında yapılmış bu çalışmanın kullanılabilirliğine yönelik bulgular incelendiğinde, tıp öğrencilerinin işaretleyicileri hareket ettirdiği durumlarda görüntü elde etme, video player, işaretleyicileri bulunması ve tanımlanması, kodların çözümlenmesi doğru olarak çalıştığı gözlemlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada farklı teknolojik cihazlarda kullanabildiği için kullanımının daha kolay ve erişim daha hızlı olduğu gözlemlenmiştir. NFCI özellikli kartlara yüklenen bu uygulama ayrıca tıp öğrencilerine verilerek her zaman NFCI özelliği olan cihazlara okutduğunda uygulamaya erişim sağladıkları belirtilmiştir. Ayrıca bu çalışmada Unity ve Artırılmış Gerçeklik aracıyla beyin cerrahisindeki eğitimlerde yer alan ders notlarında yer almayan bilgilerin kamerası olan herhangi bir mobil cihazla o noktaları okutarak tasarlanmış 3d nesnelere ve bilgilerini bu nesnelere büyültme, küçültme ve rotate işlemlerini yaparak daha akılda kalması planlanmıştır.



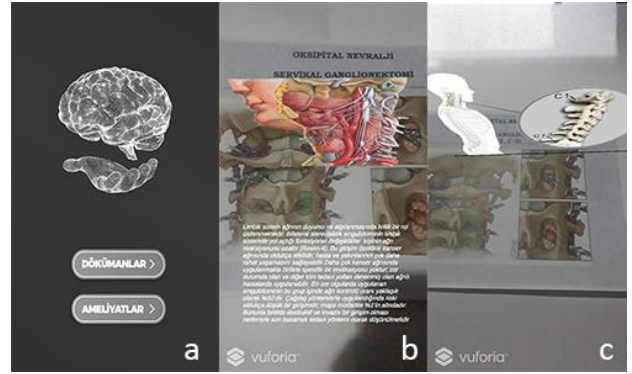
Şekil 16. Unity 3D Nesnenin Zoom ve Rotate İşlemleri (Figure 16. Zoom and Rotate Operations of Unity 3D Objects)

```

private void OnTrackingFound()
{
    Renderer[] renderersComponents = GetComponentsInChildren<Renderer>(true);
    Collider[] colliderComponents = GetComponentsInChildren<Collider>(true);
    foreach (Renderer component in renderersComponents)
    {
        component.enabled = true;
    }
    foreach (Collider component in colliderComponents)
    {
        component.enabled = true;
    }

    Debug.Log("Trackable " + mTrackableBehaviour.TrackableName + " found");
    if (mTrackableBehaviour.TrackableName == "2")
    {
        TextTargetName.GetComponent<Text>().text = "Limbik sistem ağrısının dı
    }
}
    
```

Şekil 17. Unity 3D Nesnenin Zoom, Rotate İşlemleri C# Kod (Figure 17. Unity 3D Object Zoom, Rotate Operations C# Code)



Şekil 18. Uygulamada Elde Edilmiş Veriler (Figure 18. Data Obtained in Practice)

Yukarıda verilmiş görselde a adımında uygulamaya giriş ekranı yer almaktadır. Burada dokümanlar ve ameliyatlar kısmı olarak 2' ye ayrılmaktadır. Dokümanlar kısmında derste işlenen bilgilerin detay açıklaması, 3 boyutlu görselleri, hastalardan alınmış röntgenler yer almaktadır. Ameliyatlar kısmında da beyin cerrahisi alanında yapılmış ameliyat videolarına ulaşılmaktadır. B ve C alanı dokümanlar kısmından ulaşılmaktadır.

```

1 using UnityEngine;
2 using UnityEngine.Video;
3 public class Videoplanecontroller : MonoBehaviour
4 {
5     public VideoPlayer vp;
6     private void OnEnable()
7     {
8         if (vp != null) vp.Play();
9     }
10    }
11    private void OnDisable()
12    {
13        if (vp != null) vp.Stop();
14    }
15    }
16 }
17
    
```

Şekil 19. Ameliyat Kısımındaki Derslerde Yer Alan Videoları Çalıştırma Kodu (Figure 19. Code to Run the Videos in the Lessons in the Surgery Section)

4. Sonuç

Sonuç olarak Artırılmış Gerçeklik kullanılarak oluşturulan uygulamada tıbbi kavram ve bilgilerin anlaşılmasını kolaylaştırmak bundan dolayı öğrenmenin etkisini de artırmaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojisi ile ameliyat kısımlarına, 3d resimlerine değinilerek öğrencilere daha keşifsel

öğrenme deneyimi sunulmuştur. Böylece artırılmış gerçeklik teknolojisi ile ameliyatlarda sırasında karşılaşılabilecek hatalar, hasta güvenliği için bir risk oluşturmamaktadır. Ayrıca öğrenci ve öğretici ihtiyaçlarına göre daha esnek bir yapıda kullanılabilir. Bu uygulama sadece bilgi almak olarak değil bu sistemi kullanan öğrenci ve öğretmenlerin katkılarıyla, bilgisi alınan ameliyatlarda ve ders bileşenleri hakkında geri bildirimler ile tıp öğrencilerine daha iyi bir eğitim verebilecektir. Günümüzde Covid-19 nedeniyle derslere ara verdiğimiz zamanlarda özellikle tıp eğitiminde bu tür uygulama sayesinde öğrencilerin deneyimlerini ve ders içeriklerini daha hızlı algılayabilmelerine yardımcı olacaktır.

5. Teşekkür

Bu çalışmamda her türlü yardımını esirgemeyen danışmanım Seydişehir Ahmet Cengiz Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölüm Başkanı Dr. Öğr. Üyesi Yusuf UZUN' a ve çalışmamın her aşamasında yanımda olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Kaynakça

Akkuş, İ., & Özhan, U. (2017). Matematik ve Geometri Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları. Inonu University Journal of the Graduate School of Education, 19-31.

arimarsc. (2019). İmalat Sanayinde AR (Artırılmış Gerçeklik) Uygulamalarının Getirdiği Faydalar. İmalat Sanayinde AR (Artırılmış Gerçeklik) Uygulamalarının Getirdiği Faydalar.

Bilban, M., 2020. Otonom araç üzerinde artırılmış gerçeklik uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 57.

Bingöl, B. (2016). Yeni Bir Yaşam Biçimi: Artırılmış Gerçeklik(AG). Üsküdar Üniversitesi İletişim Fakültesi Akademik Dergisi, 44-55.

Çakal, M. A., & Eymirli, E. (2012). Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi. Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi.

Çevik, G., Yılmaz, R. M., Gökteş, Y., & Gülcü, A. (2017). Okul Öncesi Dönemde Artırılmış Gerçeklikle İngilizce Kelime Öğrenme. Journal of Instructional Technologies & Teacher Education, 50-57.

Çiloğlu, T., Yılmaz, Ö., Yılmaz, A., & Yılmaz, F. G. (2021). Eğitimde Artırılmış Gerçeklik Konulu Makalelerin İncelenmesi. Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi, 147-158.

Doğan, A. (2016). Artırılmış Gerçeklik Teknolojileriyle Desteklenmiş Hikaye Kitabı Okuma Deneyimi. Tasarım ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 121-137.

Eginli, M. A., & Nacaklı, Y. (2020). Uçak Bakım Eğitimlerinde Artırılmış Gerçeklik Kullanımının Değerlendirilmesi. Journal Of Aviation, 61-78.

Emre, Ş., Yolcu, M. B., & Celayir, S. (2018). Çocuk Cerrahisi Öğrenci Eğitiminde Üç Boyutlu Modellerin Kullanılması: Süreç ve İlk İzlenimler. Çoc. Cer. Derg. , 55-60.

Güçlü, H., 2021. Müzik eğitiminde artırılmış gerçeklik teknolojisi ve örnek uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 60.

Güneş, M., & Dilipak, H. (2020). Ciddi Oyunların Hazırlanması ve Değerlendirilmesine Yönelik Bir Derleme

Makalesi. Gsi Journals Serie C: Advancements In Information Sciences And Technologies, 56-91.

İbili, E., & Şahin, S. (2013). Artırılmış Gerçeklik ile İnteraktif 3D Geometri Kitabı Yazılımın Tasarımı ve Geliştirilmesi: ARGE3D. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1-8.

İçten, T., & Bal, G. (2017). Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Üzerine Yapılan Akademik Çalışmaların İçerik Analizi. Bilişim Teknolojiler Dergisi, 401-415.

İçten, T., & Bal, G. (2017). Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 111-136.

Koşan, L. (2014). Muhasebe Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları. Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi, 37-47.

Küçük, S., Kapakin, S., & Gökteş, Y. (2015). Tıp Fakültesi Öğrencilerinin Mobil Artırılmış Gerçeklikle Anatomi Öğrenimine Yönelik Görüşleri. Yükseköğretim ve Bilim Dergisi, 316-323.

Martlı, E. P., & Dincer, N. (2020). Hemşirelik Eğitiminde Teknoloji: Artırılmış Gerçeklik. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 627-637.

Özdemir, M. (2017). Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi ile Öğrenmeye Yönelik Deneysel Çalışmalar: Sistemik Bir İnceleme. Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 609-632.

Sabah, L., & Şimşek, M. (2018). Artırılmış Gerçeklik Yöntemleri İle Konumsal Mobil Kampüs Bilgi Sistemi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 637-649.

Taçgın, Z., & Taçgın, E. (2020). Akıllı Bir Çoklu Model Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Ameliyat Öncesi Prosedür Becerilerinin Öğretilmesi. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 57-63.

Yılmaz, R. M., & Gökteş, Y. (2018). Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Eğitimde Kullanımı. Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 510-537.

Yolcu, M. B., Emre, Ş., & Celayir, S. (2018). Artırılmış Gerçekliğin Tıpta ve Çocuk Cerrahisinde Kullanımı. Çoc. Cer. Derg., 89-92.

Yöndem, T., & Karadağ, G. H. (2019). Artırılmış Gerçeklikle Değişen Haber Sunumu. Yeni Medya Elektronik Dergi, 22-44.

Yüksekdağ, B. B. (2021). Sağlık Profesyonellerinin Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları. Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi, 130-148.



Motivation Levels of Aviation Students in Education: An Application to Measure the Level of Motivation

Harun Yılmaz¹, Savaş S. Ateş^{2*}

¹ İskenderun Technical University, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Aviation Management Department, Hatay, Turkey (ORCID: 0000-0002-8467-9019), harun.yilmaz@iste.edu.tr

^{2*} Eskişehir Technical University, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Aviation Management Department, Eskişehir, Turkey (ORCID: 0000-0003-2462-0039), ssates@eskisehir.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 6 Ekim 2021 ve Kabul Tarihi 29 Aralık 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1005457)

ATIF/REFERENCE: Yılmaz, H. & Ateş, S.S. (2022). Motivation Levels of Aviation Students in Education: An Application to Measure the Level of Motivation, *European Journal of Science and Technology*, (33), 297-305.

Abstract: Motivation is a situation created by external and internal factors that activate the person who comes across at every moment of life to do a job. As in every field, it is essential to have various sources of motivation that lead to the goal for the continuity of the success of the people in education. From time to time, it is seen that the level of motivation decreases due to some reasons. There is a need for steps such as focusing, imagining, taking a break from work, etc. that will motivate some people again or increase the level of motivation. It should not be forgotten that while doing all these, it should not be separated from the predetermined purpose. It is a known fact that the motivation levels of those who can be constantly positive towards life are high. Most of the time, it is necessary to get help and support from people who will provide motivation. That's why we should always have people with whom we can agree and who value us. The study aims to measure the motivation levels of students studying in aviation departments at higher education level in Turkey. In the literature part of the study, the concepts of motivation and education are discussed. Moreover the importance of motivation in terms of education is explained. In the findings and evaluations section, a questionnaire was applied to measure the motivation levels of the students studying in the Aviation Departments. Evaluations were made by analyzing the applied survey data.

Keywords: Management and Organization, Motivation, Motivation in Education, Aviation, Aviation Education.

Havacılık Öğrencilerinin Eğitimde Motivasyon Düzeylerinin Ölçülmesine Yönelik Bir Araştırma

Öz

Motivasyon hayatın her anında karşımıza çıkan kişiyi, bir işi yapmak için harekete geçiren dışsal ve içsel etkenlerin oluşturduğu bir durumdur. Her alanda olduğu gibi eğitimde de kişilerin başarısının devamlılığı için hedefe götüren çeşitli motivasyonlar olması gerekmektedir. Azalan motivasyon düzeyine karşı odaklanma, hayal etme, yapılan işe ara verme vb bir takım kişiyi tekrar motive edecek veya motivasyon düzeyini yükseltecek adımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bütün bunları yaparken önceden belirlenen amaçtan ayrılmaması gerektiği unutulmamalıdır. Hayata karşı sürekli pozitif olabilenlerin motivasyon düzeylerinin yüksek olduğu bilinen bir gerçektir. Çoğu zaman motive olmayı sağlayacak kişiler ile görüşerek onlardan yardım ve destek alınmalıdır. Bu yüzden çevremizde her zaman anlaşabildiğimiz, bize değer veren kişiler ile hayatımızda paylaşımlar gerçekleştirilmelidir. Çalışma, Türkiye'de yüksek öğretim düzeyinde havacılık alanında öğrenim gören öğrencilerin eğitimde motivasyon düzeylerinin ölçülmesi amacıyla yapılmıştır. Emniyet ve güvenlik konularında hata ve hileye yer verilmeyen havacılık sektöründe görev yapacak kişilerin motivasyon düzeylerinin yüksek olması performanslarına bağlı olabilmektedir. Havacılık sektöründe ihtiyaç duyulan kalifiye elemanların yetiştirildiği eğitim kurumlarında öğrencilere motivasyonun önemi anlatılmaya çalışılmıştır. Çalışmanın literatür bölümünde motivasyon ve eğitimde motivasyon kavramları ele alınmış olup motivasyonun eğitim açısından önemi anlatılmıştır. Bulgu ve değerlendirmeler bölümünde ise Havacılık Bölümlerinde öğrenim gören öğrencilerin motivasyon düzeylerini ölçmeye yönelik uygulanan anket verileri analiz edilerek değerlendirmeler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yönetim Organizasyon, Motivasyon, Eğitimde Motivasyon, Havacılık, Havacılık Eğitimi.

* Corresponding Author: ssates@eskisehir.edu.tr

1. Introduction

New technological developments and rapid change have accelerated the process of societies becoming an information society. The way to reach the level of information society is through education. Education is a process that begins in the womb of a person before he is born and continues until the end of his life. However, the face-to-face or distance education process, which takes place in a physical environment, covers one-third of human life. In this educational process, the individual's approach to education and the level of motivation are the most important factors in success. The high or low level of motivation of the individual in the education process also significantly affects the perception power of the individual.

While the average rate of young population in the world (2019) is 16%, this rate is 15.6% in Turkey. There are more than 7 million 940 thousand university students and over 11 million primary and high school students in Turkey [18]. Generation Z has come to a world with the internet. Since their access to information is easy and fast, they get bored quickly and prefer an unconventional life. Motivation is a factor that affects an individual's productivity by enabling individuals to use their knowledge and conceptual and technical skills. It is useful for individuals with intrinsic motivation to use their energy, thoughts and ideas for educational purposes in terms of explaining problems and finding innovative solutions.

Instead of accepting the information conveyed to him, the individual should actively participate in the process of making sense by interpreting, questioning and researching the information. Using the knowledge learned theoretically in practice will make it permanent. With today's technologies, students' application of theoretical knowledge in simulation also increases the quality of education. In addition, new teaching methods that will increase the quality of education try to ensure that students participate in classes in an interactive environment as much as possible.

Motivation means the power that moves the organism for any purpose [19] and is defined as the process of consistency, goal and perseverance that a person has shown to reach a goal [16].

If there is no consistency and compatibility between the expectations of the students and the results of their efforts to meet these expectations, a lack of motivation can be experienced. For this reason, students need to be internally and externally motivated to maintain their concentration and effort. Instructional designers recommend the careful use of external reinforcers to maintain and develop students' intrinsic motivation for the lesson [9]. In this study, the concept of motivation and the results of studies on motivation are discussed theoretically. Research data were collected by choosing an appropriate scale and the data were analyzed with SPSS.

2. Material and Method

2.1. Motivation Concept

Motivation is a situation that directs human behaviors in every moment of life and causes them to exhibit certain behaviors in order to meet their needs. It is one of the most important factors in achieving success, especially in working life. Motivation is the power that comes from within the person

and the desire to do a job. Motivation, which can be defined as an energy that directs and determines human behavior, covers the forces related to people's thoughts, hopes, beliefs, in short, desires, needs and fears [19].

It is the vital goal of both individuals and organizations and the continuation of life. There are basic psycho-social needs for the continuation of life. While the target of persons is to meet their needs, the target of organizations is to provide profitability for the continuation of their activities [20]. Motivation is a concept related to how employees are treated and how individuals feel about the work they do. Motivation is vital when it comes to productive work [13].

Needs and wishes, which are the basis of the concept of motivation, are shaped by the culture, social structure, and emotional and spiritual state of the individual. Therefore, it can be said that the level of motivation of the individual is closely related to all the objects with which he/she is related [20]. Motivation not only differs between people, it can also differ for the same person at different times [16].

As long as people are satisfied with their work and work environment, they work more efficiently. It can be said that economic satisfaction while working is a necessary but not a sufficient condition. When the historical development of the management process is examined, the ways of motivating people to work have been investigated. The term motivation was first used in the writings of psychologists in England and the USA in the 1880s. The 1950s was a very rich period in terms of the development of motivation theories, and the developed theories were criticized and their validity was discussed [16].

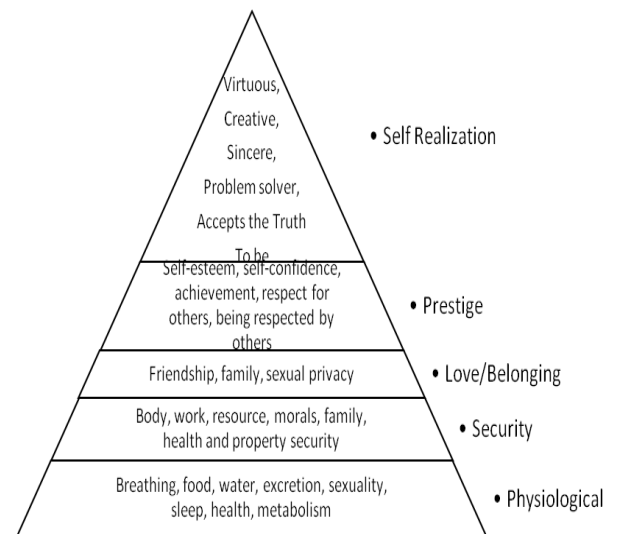


Figure 1. Maslow's Pyramid of Needs (Maslow, 1943) [6].

In Abraham Maslow's hierarchy of needs, which is among the motivation theories shown in Figure 1, it is assumed that every person has five basic needs in a hierarchical order [16].

- Physiological: Hunger, Thirst, protection, sexuality and other bodily needs.
- Safety: Protection from physiological and emotional harm.
- Social: Relationship, attachment, acceptance, friendship.

- Dignity: Internal factors such as self-esteem, autonomy, achievement, and external factors such as status, recognition, attention.
- Self-Realization: The motivation to use talents for an innovative purpose, to develop, to use the potential, to benefit from their talents.

Tests on Maslow's (1943, 1954) hierarchy of needs confirm that people around the world will be motivated by essentially the same basic needs [8]. In 20th century age, especially in advanced industrial societies, giving weight to automation, sharing a job between human and machine and producing a large number of the same kind of product at a time with mass production reduces the satisfaction of the worker from his job. Workers working in such environments are not satisfied enough because they can only see a small part of a job, not the whole. Workers, whose ties with their superiors have weakened as a result of the vertical hierarchy that emerged with the increase in management levels, cannot maintain close contact. By identifying the factors that will motivate their employees, managers should create an environment where they both meet their personal needs and work to achieve the goals of the organization [14]. Material and moral motivation tools that can motivate employees to achieve these goals can be listed as follows: [19]:

- Wages, bonuses and awards,
- Social amenities,
- Appreciation, praise and constructive criticism
- Promotion and career development opportunities
- To provide social status,
- To improve the working environment and working conditions,
- Work safety,
- To provide working order,
- moralizing,
- To provide prestige
- Giving importance to social activities
- Giving interesting and important work,
- Authorize,
- Giving initiative and responsibility
- Giving importance and value,
- To implement an open management policy,
- Educating and raising

At the cross-cultural level, managers should understand that different people can be motivated through different sets of motivators and are shaped by the external and internal culture in which people grow up [8]. As a result, it is accepted that the performance and productivity of the individual with a high level of motivation will increase.

2.1.1. Motivation In Education

All of the activities aiming at positive changes in the knowledge, skills and behaviors of the individual within a certain period of time are defined as education [15]. Kullmann & Seidel stated that in the teaching activity, motivation provides the necessary power and energy at the beginning stage and that the unmotivated learning process cannot reach the expected goal. Moreover, there is a cyclical relationship between motivation and learning performance [4]. Schumann explains the cycle between a strong motivation and the learning process as follows:

“Positive emotions (motivation) positively affect the cognitive process; cognitive process leads to new knowledge; learned new knowledge also strengthens positive emotions (motivation)” [10].

Although the effectiveness of motivation on learning and behavior is known and accepted, it is not known how and what it means in an instructional design. The reason for this situation is that motivation is a factor that cannot be seen directly and therefore cannot be measured. Because motivation is a process, not a result. Since it is a process, it cannot be observed directly. Inferences about the motivation process can only be made by observing which activities individuals prefer, how much effort they put into these activities, how persistent they are in continuing these activities, or by observing the verbal statements of individuals [5].

There is a direct correlation between motivation and performance. The higher the motivation, the higher the performance. However, environmental factors should be at a sufficient level along with the knowledge, skills, education and other abilities of the person [4]. The complex structure that distinguishes educational institutions from other organizations necessitates a wide variety of motivational tools to be applied. According to the general opinion, the low motivation level of the instructors causes the student's motivation level to be low [11]. Researchers emphasize the necessity of measuring the motivation levels of students who can show different motivational characteristics [9]. The active learning process is necessary for teachers as well as for students. It has been observed that students' motivation levels increase thanks to active learning and their classroom discipline problems decrease as they become active [9]. Educational subjects should be more compatible with students' motivation levels and learning methods. The common goal of educators is to help increase the learning level of students, regardless of ability level. Studies have shown that students are more willing to learn when their own ideas are considered [2].

In recent years, the curricula applied in the world have undergone a change based on the constructivist approach. It is stated that the reasons why the constructivist learning approach gains importance are that it advocates student-centered learning, increases students' motivation and thinking skills, and thus provides an effective learning environment [21].

Torrance, Amabile and Shally emphasized the importance of intrinsic motivation in creativity. Instructors have to activate the internal motivation of the students instead of extrinsic motivation. It is important in terms of creativity that activates the intrinsic motivation of individuals, is not judgmental and non-threatening in assessment approaches, and arouses students' curiosity. Students will perceive that they are learning meaningful and valuable things when they can combine their current knowledge with new experiences by using the learning strategies they have [17].

In McDonough & Shaw's (1998) foreign language learning research, the student's age, interests, English language proficiency level, ability, mother tongue, academic and educational level, tendency towards learning, motivation, learning reasons, preferred learning styles and personality affect the learning process. cited as important factors [3] Cooper & McIntyre (1998) also emphasize that student's interest, knowledge, grasping power, motivation, preferred study-learning style and expectations have an important place in learning. In the

research of Reece & Walker (1997), it is stated that motivation is a key concept in the realization of successful learning. They also found that a less talented but highly motivated student may be more successful than a more intelligent but less motivated student. Therefore, it is understood that trainers can increase the quality of education by maximizing the motivation of the students [9]. Both parents and educators must continually develop new strategies to enable students to perform better academically [1]

2.2. Method

This research was carried out to measure the motivation levels of students studying in aviation departments at the higher education level. According to the results obtained in this research, the motivation levels of the students during the education were tried to be determined. In the study, the results obtained with the information obtained as a result of the survey were evaluated and suggestions were presented.

The scale used in this study was developed by Vallerand et al. in 1989, originally in French, and translated into English and used in many studies. Since the original of the scale could not be reached, the study of Ahmet Kara (2008) [12], which was adapted into Turkish, was used. The original of the scale prepared by Vallerand et al. consists of four levels. These; They are the levels of Identified Extrinsic Motivation, Amotivation, Introjected Extrinsic Motivation, and Intrinsic Motivation. Each level contains three variables in itself [9].

- Identified extrinsic motivation level: A1, B1, C1.
- Level of amotivation: A2, B2, C2.
- Introjected extrinsic motivation level: A3, B3, C3.
- Intrinsic motivation level: A4, B4, C4.

3. Results and Discussion

3.1. Findings and Analysis

Table 1: Gender Distribution of Participants

	Frequency	Percent	Valid Percent
Woman	758	70,6	70,6
Man	315	29,4	29,4
Total	1073	100,0	100,0

Table 2: Age Distribution of Participants

	Frequency	Percent	Valid Percent
18-19	210	19,6	19,6
20-21	569	53,0	53,0
22-23	234	21,8	21,8
24 and upper	60	5,6	5,6
Total	1073	100	100

While the majority of the respondents are in the 20-21 age group with 53.0%, the age group of 24 and over constitutes the age group of 24 and over with 5.6%.

Table 3: Class Status of Participants

	Frequency	Percent	Valid Percent
1. Class	247	23,0	23,0
2. Class	580	54,1	54,1
3. Class	161	15,0	15,0
4. Class and upper	85	7,9	7,9
Total	1073	100	100

23.0% of the students participating in the research are 1st grade, 54.1% are 2nd grade, 15% are 3rd grade, 7.9% are 4th grade and above.

Table 4: Distribution of Participants by Department Type

	Frequency	Percent	Valid Percent
Ground Handling Services	437	40,7	40,7
A/C Maintenance Services	394	36,7	36,7
Cabin Services	242	22,6	22,6
Total	1073	100	100

The students who participated in the survey, 437 (40.7%) of them are in the relevant departments of ground services, 394 (36.7%) of them are in the aircraft maintenance services, and 242 (22.6%) of them are in the relevant departments. Students studying in aviation departments from 47 different universities participated in the research. The universities with the highest participation are Erciyes University, Istanbul Gelişim University, Istanbul Arel University, Anadolu University Nişantaşı University and Kocaeli University, Anadolu University Nişantaşı University and Kocaeli University.

Cronbach's Alpha (α) coefficient was used to test the reliability and consistency of each factor. Reliability analysis (Alpha Cronbach's) was made for the research data, then descriptive statistical analyzes and some non-parametric tests were applied for the statements. As a result of the analysis, the Cronbach Alpha coefficients of the variables are as in Table 5. The reliability coefficients (α) of all dimensions were measured above 0.70. This shows that the scales are reliable and the questions are understandable.

Table 5: Cronbach's α Reliability Values of Motivation Levels

Types of Motivation	Cronbach's α
Introjected Extrinsic Motivation Level	,903
Lack of Motivation Level	,864
Intrinsic Motivation Level	,822
Identified Extrinsic Motivation Level	,940
General Cronbach's α Ratio	,711

As seen in Table 6, the eigenvalue statistics revealed in the factor analysis were greater than 1. The KMO test is 84.7%. The data set being $0.847 > 0.50$ indicates that it is suitable for factor

analysis. It is seen that there is a high correlation between the variables in terms of Bartlett test=9023,831 and sig.=0.000 values. Thus, the resulting factors can be considered significant [9].

Table 6: Structure of Factors Emerging in Factor Analysis

Factor	Eigenvalue	Variance	Percentage of Total Variance
1	5,366	44,721	33,809
2	1,984	16,534	54,770
3	1,464	12,200	66,487
4	1,001	8,341	75,974

The mean and standard deviation values from the descriptive statistical analyzes of the four levels obtained as a result of the factor analysis of the items forming the scale are shown in Table 7. The scale is numbered as 1=strongly disagree, 2=disagree, 3=moderately agree/moderately disagree, 4=agree, and 5=strongly agree, according to a 5-point Likert. When examined in terms of averages; among the four motivation levels, it can be stated that the motivation levels for introjected extrinsic motivation and amotivation level are low, while intrinsic motivation and identified extrinsic motivation levels are high. It can be said that there is a linear increase from the level of introjected extrinsic motivation to the level of identified extrinsic motivation.

Table 7: Descriptive Statistics for Measuring Motivation Level

n=1073	X	S.d
<i>Introjected Extrinsic Motivation Level</i>	1,5290	,96734
<i>I go to university because my teachers and my family want it.</i>	1,5946	1,09299
<i>I listen to what my teachers tell me because my teachers and my family want it.</i>	1,4744	1,00908
<i>I do my lesson preparations because my teachers and my family want it.</i>	1,5182	1,06763
<i>Lack of Motivation Level</i>	1,8263	1,13313
<i>I'm going to university, but I don't know how it will benefit me.</i>	1,8751	1,31554
<i>I do my homework and responsibilities, but I don't know what benefit it will bring.</i>	1,8695	1,30074
<i>I listen to what my teachers tell in class, but I don't know how it will benefit me.</i>	1,7344	1,21377
<i>Intrinsic Motivation Level:</i>	3,7226	1,16203
<i>I am happy when I do my project assignments given at the university.</i>	3,5694	1,43291
<i>I am happy when I listen to what my teachers say in class.</i>	3,8406	1,26142
<i>I go to university because when I go to school, I am happy.</i>	3,7577	1,36076
<i>Level of Identified Extrinsic Motivation:</i>	4,5020	,97130
<i>I listen to what my teachers tell in class for my own good.</i>	4,4604	1,04942
<i>I go to school for my own sake.</i>	4,5200	1,00920
<i>I do my work for my own good.</i>	4,5256	1,02376

When examined in general, it is seen that there is a relationship between all levels within motivation levels. It is seen that the highest relationship is between the intrinsic motivation level and the identified extrinsic motivation level ($r=0.515$; $0.00<0.01$). There is a negative relationship between lack of motivation level and intrinsic motivation level ($r=-0.451$; $0.00<0.01$) and between identified extrinsic motivation levels ($r=-0.351$; $0.00<0.01$).

First of all, the normality of the data was tested with the Kolmogorov Smirnov test, and it was found that it did not have a normal distribution as the significance value was less than 0.5. For this reason, Mann-Whitney U and Kruskal Wallis tests, which are non-parametric tests, were used. According to the Mann-Whitney U test result table seen in Table 9, there is a significant difference between the gender of the participants and the four motivation levels. [$U=100382,000, p=0,000<0.05$].

Table 8: The Relationship between Motivations Levels

	r p value	Introjected Extrinsic Motivation Level	Lack of Motivation Level	Intrinsic Motivation Level	Level of Identified Extrinsic Motivation
<i>Introjected Extrinsic Motivation Level</i>		1	,456(**),000	-,269(**),000	-,337(**),000
<i>Lack of Motivation Level</i>			1	-,451(**),000	-,351(**),000
<i>Intrinsic Motivation Level</i>				1	,515(**),000
<i>Level of Identified Extrinsic Motivation</i>					1

Table 9: Variation of Motivation Level by Gender

	Gender	n	Average Rank	Total Row	U	p
<i>Introjected Extrinsic Motivation Level</i>	Man	758	562,07	426049,00	100382,000	,000
	Woman	315	476,67	150152,00		
<i>Lack of Motivation Level</i>	Man	758	562,59	426440,00	99991,000	,000
	Woman	315	475,43	149761,00		
<i>Intrinsic Motivation Level</i>	Man	758	516,07	391180,00	103519,000	,001
	Woman	315	587,37	185021,00		
<i>Level of Identified Extrinsic Motivation</i>	Man	758	520,80	394767,00	107106,000	,002
	Woman	315	575,98	181434,00		

Table 10. As can be seen, there is a statistically significant difference between the age variable and the lack of motivation level of the participants [$\chi^2=8,991, p=0.029 < 0.05$]. Man-Whitney U test was applied between each pair and it was seen that the significant difference was between the 18-19 age group, the 20-21 age group, the 18-19 age group and the 22-23 age group. A significant difference was also observed between the level of identified extrinsic motivation and age [$\chi^2=9,468, p=0.024 < 0.05$]. As a result of the applied Man-Whitney U test, it was observed that there was a significant difference between the 20-21 age group and the 22-23 age group.

Kruskal Wallis test was applied to make sense of the relationship between the class variable and motivation levels in the Table 11. As a result of this test, statistically significant differences were found between all four motivation levels and class variables. The binary class variables for each motivation type were evaluated with the Man-Whitney U test and the pairs that made a significant difference were determined.

Table 10: Variation of Motivation Level by Age

	Age	n	Average Rank	sd	χ^2	p	Difference
<i>Introjected Extrinsic Motivation Level</i>	18-19	210	542,40	3	2,300	,513	-
	20-21	569	530,80				
	22-23	234	555,33				
	24 and upper	60	505,40				
<i>Lack of Motivation Level</i>	18-19	210	492,05	3	8,991	,029	1-2 P=,049 1-3 P=,003
	20-21	569	537,80				
	22-23	234	575,22				
	24 and upper	60	537,68				
<i>Intrinsic Motivation Level</i>	18-19	210	537,04	3	2,367	,500	-
	20-21	569	546,31				
	22-23	234	510,76				
	24 and upper	60	550,90				
<i>Level of Identified Extrinsic Motivation</i>	18-19	210	529,08	3	9,468	,024	2-3 P=,002
	20-21	569	556,55				
	22-23	234	494,99				
	24 and upper	60	543,12				

Kruskal Wallis test was applied to make sense of the relationship between the class variable and motivation levels in the Table 11. As a result of this test, statistically significant differences were found between all four motivation levels and

class variables. The binary class variables for each motivation type were evaluated with the Man-Whitney U test and the pairs that made a significant difference were determined.

Table 11: Variation of Motivation Level by Educational Status

	Class	n	Average Rank	sd	χ^2	p	Difference
<i>Introjected Extrinsic Motivation Level</i>	1. Class	247	517,82	3	10,861	,013	1-3 P=,039 1-4 P=,012 2-3 P=,036 2-4 P=,011
	2. Class	580	524,85				
	3. Class	161	575,02				
	4. Class	85	603,63				
<i>Lack of Motivation Level</i>	1. Class	247	486,54	3	17,839	,000	1-2 P=,035 1-3 P=,000 1-4 P=,002 2-3 P=,019 2-4 P=,049
	2. Class	580	533,10				
	3. Class	161	594,74				
	4. Class	85	600,87				
<i>Intrinsic Motivation Level</i>	1. Class	247	625,64	3	53,994	,000	1-2 P=,001 1-3 P=,000 1-4 P=,000 2-3 P=,000 2-4 P=,002
	2. Class	580	546,53				
	3. Class	161	419,71				
	4. Class	85	436,55				

Level of Identified Extrinsic Motivation	1. Class	247	585,94	3	16,709	,001	1-2 P=,001
	2. Class	580	535,46				1-3 P=,000
	3. Class	161	500,50				1-4 P=,000
	4. Class	85	474,45				2-3 P=,000 2-4 P=,002

In Table 12, the Kruskal Wallis test was applied to make sense of the relationship between department type and motivation levels. As a result of this test, statistically significant differences were found between all four motivation levels and age variables. For each motivation type, the binary part type variables were evaluated with the Man-Whitney U test and the pairs that created the significant difference were determined. Significant differences were found in cabin services and the other two section type variables in all four motivation types.

Table 12: Variation of Motivation Level by Department Type

	Type of Department	n	Average Rank	sd	χ^2	p	Difference
<i>Introjected Extrinsic Motivation Level</i>	Ground Handling	437	554,63	2	24,538	,000	1-3 P=,000 2-3 P=,000
	A/C Maintenance Services	394	563,55				
	Cabin Services	242	461,93				
<i>Lack of Motivation Level</i>	Ground Handling	437	553,70	2	16,610	,000	1-3 P=,000 2-3 P=,000
	A/C Maintenance Services	394	559,71				
	Cabin Services	242	469,85				
<i>Intrinsic Motivation Level</i>	Ground Handling	437	526,24	2	19,248	,000	1-3 P=,001 2-3 P=,000
	A/C Maintenance Services	394	503,63				
	Cabin Services	242	610,76				
<i>Level of Identified Extrinsic Motivation</i>	Ground Handling	437	527,11	2	17,473	,000	1-3 P=,001 2-3 P=,000
	A/C Maintenance Services	394	510,91				
	Cabin Services	242	597,34				

4. Conclusion

The importance of the education system in the development and progress of societies and the development of individuals is very high modern industry. The education system needs to be designed and updated to meet current needs. The most important element that will bring the education system to a quality level is technology. Therefore, it is not possible to consider the education system separately from technological developments. With the advancement of technology, there are also changes in the field of education. Recently, technology-assisted trainings such as computer-assisted education and distance education have begun to be given. The importance of motivation in achieving the goals and objectives of the trainings given in educational institutions is becoming more and more felt day by day.

Considering the motivation levels of the students; it can be stated that motivation levels related to introjected extrinsic motivation and lack of motivation levels are low, whereas intrinsic motivation and identified extrinsic motivation levels are high. Therefore, it can be said that students integrate the high

motivation they have experienced in their education with the instructors that directly affect them when viewed from the outside. The fact that students have positive feelings towards the instructors and the educational institution they are registered with may also cause their identified external motivation to be high. Because identified extrinsic motivation requires a goal. The criterion here is the goal of being a successful student. Thus, the student draws attention to how important the influence of the instructors is in the high level of both internal and external motivation. It is thought that the high level of motivation in this area will lead to an increase in the emotional commitment of the student at the same time, and the probability of being an unsuccessful student will decrease.

There are some benefits of a high level of the motivation in aviation education. First of all high level of motivation in education enhances the efficiency of the students. It enables more efficient use of resources. It contributes to the continuous development of students. It reduces students' dissatisfaction with education and enables them to continue in education. It ensures

the formation of a positive culture in the education environment. It improves students' attitudes and behaviors.

In general, it is seen that there is a relationship between students' motivation levels in education. It is seen that the highest relationship is between the intrinsic motivation level and the identified extrinsic motivation level. At the same time, there is a negative relationship between the level of lack of motivation and the level of intrinsic motivation, and between the levels of identified extrinsic motivation.

Considering that introjected extrinsic motivation—internal pressures such as guilt or feelings of self-worth as the cause of behaviors—is considered, it is remarkable that this level of motivation ranks first in the study. As a matter of fact, under this result; there may be a feeling of guilt or hesitation, especially from the negative reactions that the student will receive from his family and social environment, in continuing his education or being motivated to the educational institution/instructor. Considering that this behavior is important for the goal that the individual has set for himself, it may be that the students' low motivation may be caused by the absence of something they have set as a goal.

There is a statistically significant difference between the age variable and the lack of motivation level of the participants. It was observed that the significant difference between each pair was between the 18-19 age group, the 20-21 age group, and the 18-19 age group and the 22-23 age group. A significant difference was also observed between the level of identified extrinsic motivation and age. As another result, it was observed that there was a significant difference between the 20-21 age group and the 22-23 age group. As a result of the tests applied, statistically significant differences were found between all four motivation levels and age variables. For each motivation type, the binary part type variables were evaluated and the pairs that created the significant difference were determined. Significant differences were found in all four motivation types of students in departments related to cabin services, ground services and maintenance services.

As a result of the tests applied to make sense of the relationship between the class variable and motivation levels, statistically significant differences were found between all four motivation levels and class variables. As a result, when the motivation levels of the students in education are examined in terms of four motivation levels, it can be said that the levels of identified extrinsic motivation and intrinsic motivation are high, the lack of motivation levels and introjected extrinsic motivation is low, and the level of motivation varies according to gender, age, department type and educational status.

References

- [1] Akbaba, S. (2006). Eğitimde Motivasyon. Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi, 347-348.
- [2] Alşan, E. U. (2009). Kimya Öğretmen Adaylarının Akademik Başarılarına Öğrenme Stili Tercihleri Öz Kontrollü Öğrenme ve Motivasyon Faktörlerinin Etkisi. Hacettepe Üniversitesi Doktora Tezi.
- [3] Anjomshoa, L., & Sadighi, F. (2015). The Importance of Motivation in Second Language Acquisition. International Journal on Studies in English Language and Literature (IJSELL), 3(2), 126-137.

- [4] Bayraktar, H. V. (2015). Sınıf Yönetiminde Öğrenci Motivasyonu ve Motivasyonu Etkileyen Etmenler. Turkish Studies, 1079-1100.
- [5] Çakır, E. (2006). Anadolu Öğretmen Lisesinde Okuyan Öğrencilerin Depresyon ve Motivasyon Düzeyleri. Sakarya Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
- [6] Çoban, G. S. (2021). Maslow'un İhtiyaçlar Hiyerarşisi Kendini Gerçekleştirme Basamağında Gizil Yetenekler. European Journal of Educational & Social Sciences, 6(1), 111-118.
- [8] Demir, H., & Okan, T. (2009). Motivasyon Üzerinde Ulusal Kültür Etkisi. Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11(1), 121-142.
- [9] Gürdoğan, A. (2012). Öğrencilerin Eğitimde Motivasyon Düzeyleri Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Ortaca Meslek Yüksekokulu Örneği. Sosyal Bilimler Dergisi(22), 149-165.
- [10] İşgüzel, B. (2013). Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Programlarındaki Mesleki Almanca Dersleri Üzerine Bir Araştırma. E-Journal of New World Sciences Academy, 363-371. Retrieved from <http://www.turkishstudies.net/DergiTamDetay.aspx?ID=5572>
- [11] Jesus, S. N., & Lens, W. (2005). An Integrated Model for the Study of Teacher Motivation. Applied Psychology: An International Review, 119-134.
- [12] Kara, A. (2008). İlköğretim Birinci Kademe Eğitimde Motivasyon Ölçeğinin Türkçeye Uyarlanması. Ege Eğitim Dergisi, C (9), Sayı (2), 59-78.
- [13] Keenan, K. (1996). Yöneticinin Kılavuzu Motivasyon. Remzi Kitabevi.
- [14] Keskin, B. (2008). Çalışanların Performanslarını Artırmada Bir Araç Olarak Motivasyon ve Motivasyon Teknikleri. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- [15] Kumkale, T. T. (1998). Türklerde Motivasyon: Türk İnsan Mühendisliği. Paperback.
- [16] Robbins, S. P., & Judge, T. A. (2012). Örgütsel Davranış. (İ. Erdem, Trans.) Nobel.
- [17] Tuan, H.-L., Chin, C.-C., & Shieh, S.-H. (2005). The development of a questionnaire to measure students' motivation towards science learning. International Journal of Science Education, 27(6), 639-654.
- [18] TÜİK. (2020). İstatistiklerle Gençlik, 2020. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu. Retrieved 2021, from <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=İstatistiklerle-Gençlik-2020-37242>
- [19] Tutar, H. (2013). İşletme & Yönetim Terimleri Ansiklopedik Sözlük. Detay.
- [20] Ünal, H. (2014). Çalışma Hayatında Örgütsel Bağlılık ve Motivasyon (Denizli İl Merkezinde Bir Kamuya Bağlı Devlet Hastanesi Hemşireleri Örneği). Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- [21] Yelken, T. Y., Üredi, L., Tanrıseven, I., & Kılıç, F. (2010). İlköğretim Müfettişlerinin Yapılandırmacı Program ile Öğretmenlerin Yapılandırmacı Öğrenme Ortamı Oluşturma Düzeylerine İlişkin Görüşleri. Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 19(2), 31-46.



SEIR Based Epidemic Modeling of COVID-19 in Turkey

Kevser Sahinbas^{1*}, Ferhat Ozgur Catak²

^{1*} Istanbul Medipol University, Faculty of Business School, Department of Management Information System, Istanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8076-3678),
ksahinbas@medipol.edu.tr

² University of Stavanger, Faculty of Science and Technology, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Stavanger, Norway, (ORCID: 0000-0002-2434-9966), f.ozgur.catak@uis.no

(First received 20 December 2020 and in final form 05 January 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.842560)

ATIF/REFERENCE: Sahinbas, K., Catak, F. O. (2022). SEIR Based Epidemic Modeling of COVID-19 in Turkey. *European Journal of Science and Technology*, (33), 306-310.

Abstract

The coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak was declared as an international pandemic rather than a local epidemic worldwide due to its rapid spread and high mortality. Countries have planned to return a new normal under some specific situations cope with economic effects that caused by the curfew and closure of companies when they reach the infection peak. Modeling the incidence of infectious diseases has attracted increasing attention from both scientific community and governments and a significant part of public health and intervention planning and have become a hot research topic in the last decades. Since epidemic diseases are effective in large populations, mathematical modeling has been used for a long time and has made important contributions in the analysis of these populations, in determining and controlling the spread rate of the epidemic. In this paper, we propose an extended model and calibrate the model and fitting with the coronavirus data by concerning with Susceptible-Exposed-Infected-Recovered (SEIR) model. In this study, we used an open public dataset to create a SEIR model for Turkey. This paper focuses on demonstrating the spread of disease in Turkey. We gathered best approximation with the SEIR model parameters. The results suggest that SEIR model requires additional variables to model disease spread accurately. Furthermore, the model needs to consist of data that always be the same case definition. The model plot results indicate the similar pattern.

Keywords: Epidemic model, Mathematical Model, SEIR, Covid-19 infectious disease.

Türkiye'de COVID-19'un SEIR Temelli Salgın Modellemesi

Öz

Koronavirüs hastalığı 2019 (COVID-19) salgını, hızlı yayılması ve yüksek ölüm oranı nedeniyle dünya çapında yerel bir salgın olmaktan çok uluslararası bir pandemi olarak ilan edilmiştir. Bulaşıcı hastalıkların görülme sıklığının modellenmesi hem bilim alanının hem de hükümetlerin, halk sağlığı ve müdahale planlamasının önemli bir bölümünün oldukça ilgisini çekmiş ve son on yılda önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Bu çalışmada, COVID-19 için SEIR modeliyle ilgili olarak genişletilmiş bir model önermekte, modeli ve koronavirüs verileriyle uyumlu hale getirmektedir. Bu çalışmada, Türkiye için bir SEIR modeli oluşturmak için kamuya açık bir veri seti kullandık. Bu çalışma Türkiye'de COVID-19 hastalığının yayılışını göstermeye odaklanmaktadır. SEIR model parametreleri ile en iyi yaklaşımını göstermektedir. Sonuçlar, SEIR modelinin yayılmasını doğru bir şekilde modellemek için ek değişkenler gerektirdiğini göstermektedir. Ayrıca, modelin her zaman aynı vaka tanımı olan verilerden oluşması gerekliliğine inanmaktayız. Modelimizin grafiğine baktığımızda benzer desen modeli gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bulaşıcı hastalık modeli, Matematiksel model, SEIR, Covid-19 bulaşıcı hastalık.

* Corresponding Author: ksahinbas@medipol.edu.tr

1. Introduction

In December 2019, disease of COVID-19 arised from Wuhan and spread in all around the world (Kermack & McKendrick, 1927). This disease has caused significant public health difficulties (Bailey, 1975). Mathematical modeling the epidemic of COVID-19 can ensure efficient strategies to cope with transmission of COVID-19. In their first studies in 1927, Kermack and McKendrick assumed that all individuals in a society were initially not immune to a certain disease and had the potential to develop the disease. In addition, they divided the society into 3 separate groups: individuals susceptible to disease (S), those who are infected and in the position of transmitting the disease (I), and individuals who have recovered from the illness (R). These studies by Kermack and McKendrick led to the emergence of the field of Mathematical Epidemiology and new studies have emerged in this field (Kermack & McKendrick, 1927; Bailey, 1975). However, with the emergence of various epidemic diseases today, these mathematical models have become more and more complex. While the study of Kermack and McKendrick was referred to as the SIR model in the literature due to the divisions of the society during modeling, the need to develop different models due to the mode of transmission of the disease, spread factors and other situations that should be considered. For example, it has sometimes been necessary to consider different groups in the community, such as individuals with passive immunity (M) or individuals who are not yet infectious due to the type of disease (E), despite the disease being infected. In recent years, epidemic diseases have been studied and modeled in subcategories such as SI, SIR, SIS, SIRS, SEIS, SEIR, SEIRS, MSIR, MSEIR have been created in the literature and some studies have been applied (Kermack & McKendrick, 1927; Bailey, 1975, Zhang, Xiang & Meng, 2014; Arino, McCluskey, Driessche, 2003).

Important mathematical models created considering epidemic diseases are examined in sub-categories such as SIR, SIS, SIRS, SEIS, SEIR, MSIR, MSEIR and SI (Diekmann & Heesterbeek, 2000; Keeling, 2004; Keeling, 2004; Jackson, 1989; Keshet, 2005; Hethcote, 2000; Sattenspiel & Lloyd, 2009). In recent days, The COVID-19 outbreak encourages the models of asymptotic approaches for epidemic model. In this study, we extended the SIR model that has success in a closed-form solution to SEIR model. Consider that individuals in a population at any time t-time fall into four main groups: healthy individuals, those who are affected by the disease but are not yet infectious, those who have the capacity to transmit the disease, and those who have recovered. At any time, t, the numbers of these individuals are $S(t)$, $E(t)$, $I(t)$ and $R(t)$, respectively, and the total population is $N(t) = S(t) + E(t) + I(t) + R(t)$. The classical SEIR model considers four elements that are S for susceptible population, E for interacting with an exposed population, I for infected population and R for recovered population R. The equation of SEIR means the total number of people. Consequently, SEIR model provides a fundamental model for the analyze of different kinds of epidemic. Figure 1 presents the SEIR model for Covid-19 transmission for the SEIR model.

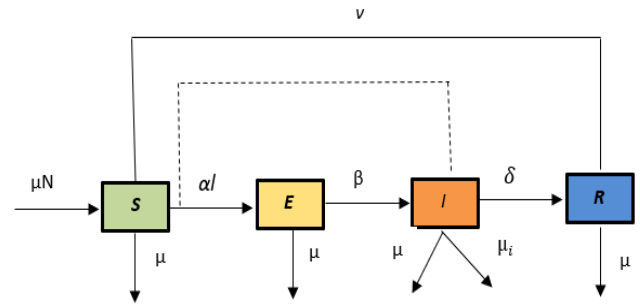


Figure 1. Mathematical Model of SEIR transmission for COVID-19 (Annas & et al., 2020)

The mathematical model of SEIR is denoted by (Annas & et all, 2020)

$$\frac{dS}{dt} = \mu N - (\alpha I + \mu + v)S \tag{1}$$

$$\frac{dE}{dt} = \alpha S - (\beta + \mu)E \tag{2}$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta E - (\mu_i + \delta + \mu)I \tag{3}$$

$$\frac{dR}{dt} = \delta I + vS - \mu R \tag{4}$$

Table 1. Definition of Variable/parameter

Variable/Parameter	Definition
N	Human populations number
S	Suspected populations number
E	Exposed populations number
I	Infected Population number
R	Recovered Population number
μ	Birth/death population rate
A	Probably of changing from S to E
B	Probably of changing from E to I
μ_i	Death population by COVID-19 rate
Δ	Probably of changing from I to R
V	Suspected Population vaccine

2. Related Work

In this study, we present a summary of the surveyed modelling infectious diseases and epidemic model example. Examples of studies with epidemic diseases are mathematical models created for the mouth and foot disease epidemic that erupted in Great Britain in 2001 and the SARS epidemic 2002-2003. Mathematical modeling of SIR, SEIR, SIRS and SEIRS models for the transmission of epidemics such as HIV-AIDS, dengue fever, diabetes and tuberculosis has been conducted in the literature (Egonmwan & Okuonghae, 2018; Abdallah, & et al., 2012; Tang, & et al., 2020; Syafruddin, & et al., 2017; Elif, Arzu, & Nuri, 2011).

In recent days, different mathematical models have attracted increasing attention to analyze the epidemic of COVID-19. It is

noticed that some mathematical models have applied some changes based on the SEIR model (Stehle, & et al., 2011). Mathematical modeling study was carried out on the spread of COVID-19, which is called SEIRV mathematical modeling, considering environmental factors in Wuhan, China (Yang & Wang, 2020). Liu et al. provided a SEIRU and SEIRUd model for the COVID-19 outbreak in China, enabling the implementation of significant state public restrictions arranged to reduce the spread of the epidemic in commenting the number of detected disease transmission cases and asymptomatic infectious cases. Annas et al. implemented a SEIR model for COVID-19, taking into account the vaccination and isolation factors as the model parameters of Covid in Indonesia. They proposed a model for early precaution of the spread of COVID-19 in Indonesia as a reference, and in the following days provided a predict picture of the number of COVID-19. The findings from result indicated that vaccine may speed up recovery from COVID-19, besides they concluded that maximum restriction about isolation can decelerate the spread of COVID-19. Weinstein et al. provided an analytical model by using SEIR epidemic model, thanks to its application to the COVID-19 pandemic.

3. Material and Method

3.1. Dataset

The data is based on the study of the COVID-19 pandemic in Turkey between February and October 2020. Because of the COVID-19 virus, the government of Turkey adopted a new strategy in January 2021. The data used in this study is the number of people who got the COVID-19 virus, the number of people who have died from the COVID-19 virus and the number of people who the COVID-19 virus has infected. We applied the least-squares method to find the best SEIR parameters with the public dataset. The results show that the model performs well and is highly reliable. However, the model is sensitive, and the model may need some fine-tuning. The SEIR approach will also need to be developed in future studies to identify more optimal parameters in order to achieve better predictions and results. The experiments are done using Python and scientific computing with NumPy, scipy and lmfit libraries.

3.2. System Overview

This study aims to present SEIR model of patients diagnosed with COVID-19 by collecting a publicly available dataset of patient records. Figure 2 illustrates patient records collected from several hospitals. The first stage starts with determining the best parameters to built SEIR model. At the end of the stage, model results are illustrated by graphical diagram.

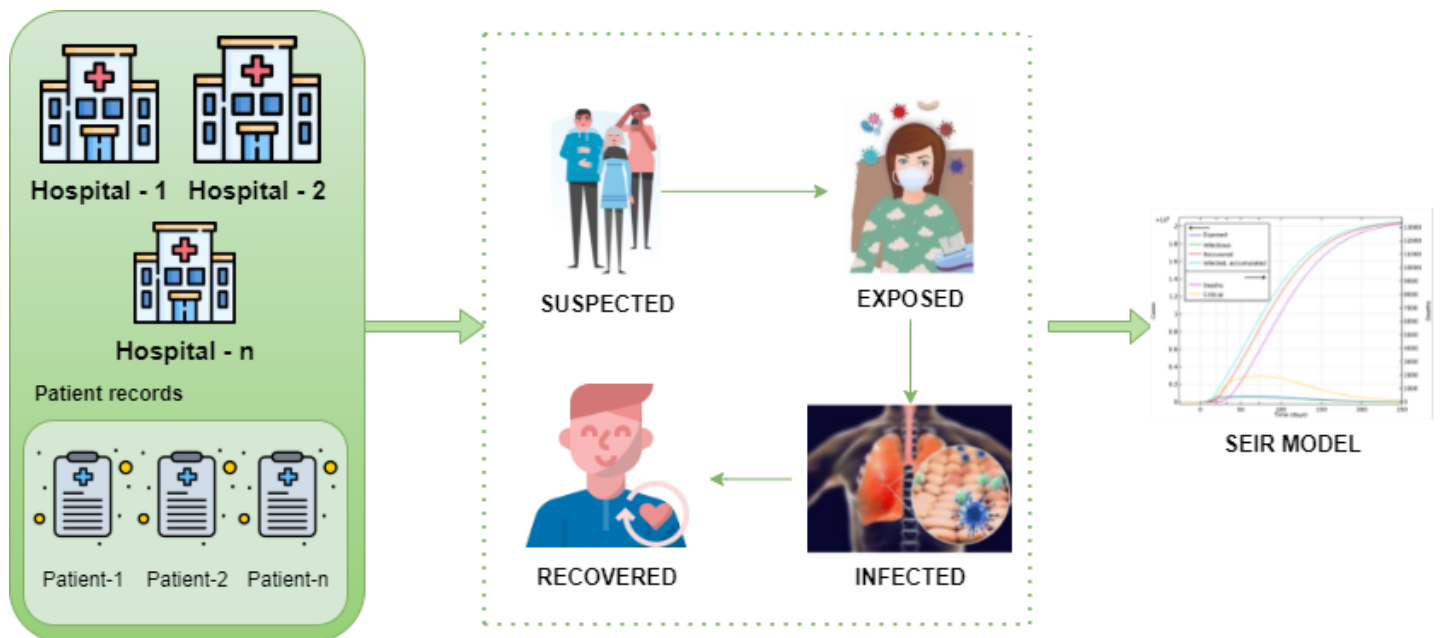


Figure 2. SEIR Model of COVID-19

4. Results and Discussion

4.1. Experiments

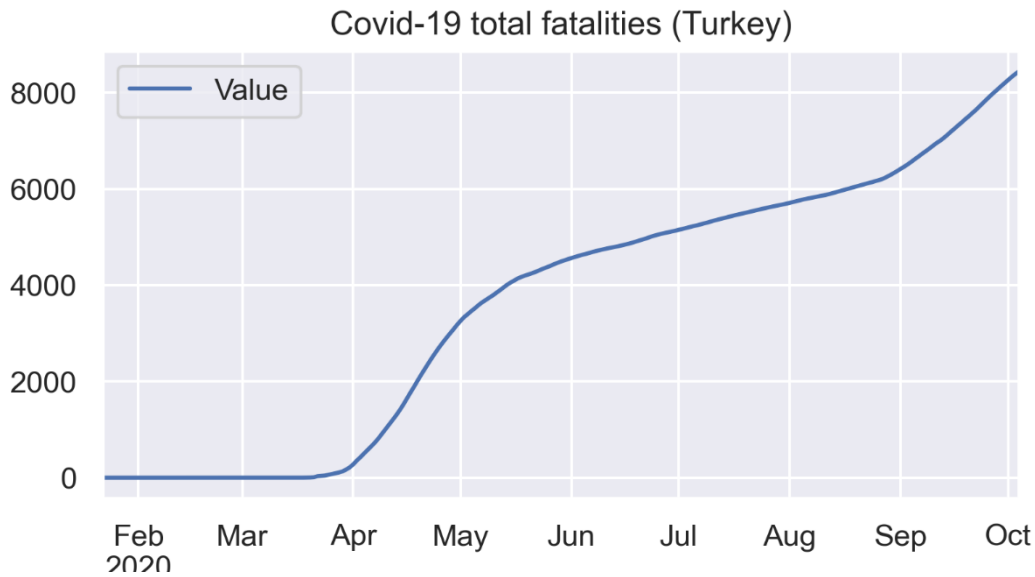


Figure 3. Covid-19 total fatalities

Figure 3 presents Covid-19 total fatalities from January to October 2020. During this period, the outbreak spread through different cities in Turkey. The figure can be divided into four parts: from February to April of 2020, from April to mid of May of 2020, from the middle of May to September of 2020 and finally from September to October of 2020. In each section of the figure, there is a linear relationship between cumulative fatalities and the respective day. This relationship seems more apparent after April to mid of May. In particular, during this period, the total fatalities increasing with time.

We obtained the best approximation with the SEIR model with following parameters. We computed the mean square error value for the observed fatalities per day and the estimated total number of fatalities at the SEIR model to obtain the best matching parameters. The grid search-based optimisation method was used to get the best parameters for the SEIR model.

This optimisation method is based on the procedure that minimises the error by applying all possible combinations. Table 2 shows the best parameters for SEIR model.

Table 2. The best parameters of SEIR model

Variable	Value
R0	1.03
Gamma	0.753
Sigma	0.391

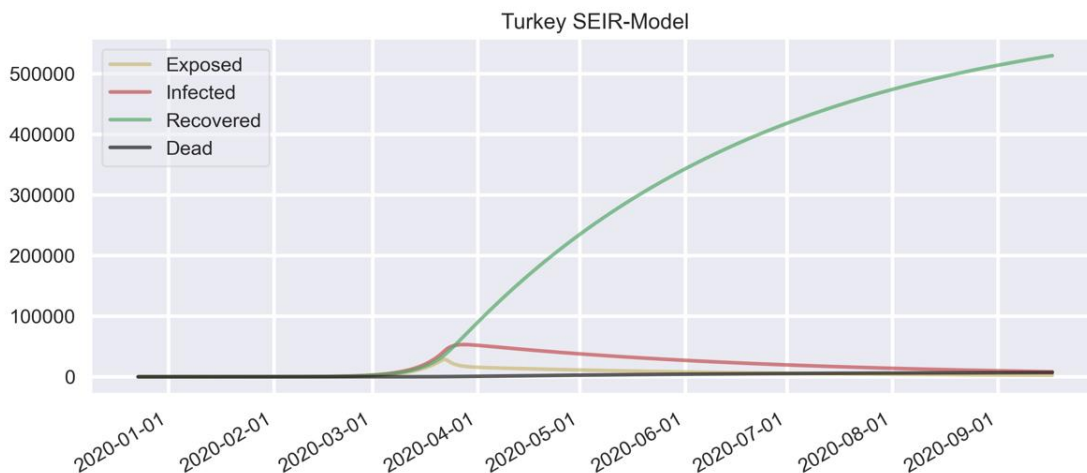


Figure 4. Turkey SEIR model for COVID-19

It can be observed that in Figure 4, although the graphic produces similar results in disease spread, it also demonstrates some differences in the disease spread to humans. The reason for the differences in disease spread between humans and the same populations is that the number of the variable of the SEIR model is insufficient to model the spread of the disease. Thus, we suggest that additional new variables for the SEIR model are needed to model appropriately. To better understand how the disease spread to humans, it is necessary to consider some of the relevant factors that are not present in the analysis.

5. Conclusions and Recommendations

Covid-19 outbreak was declared as an international pandemic rather than a local epidemic worldwide due to its rapid spread and high mortality. Undoubtedly, new infectious diseases will be faced in the future. Obviously, increasing international travel and changes in social and economic patterns will result in the emergence of new and existing infectious diseases. This study presents a mathematical model for the spread of COVID-19 in Turkey. The model provides a useful tool for understanding and quantifying the spread of infectious diseases.

The emergence of new and deadly forms of infectious diseases has increased the need to develop, diversify and develop new methods used to guide disease response. Currently, various mathematical models have been applied to investigate the COVID-19 outbreak. In this study, we concern with propagation model of the COVID 19 epidemic spread in Turkey using SEIR approach and a publicly available dataset. The findings suggest that SEIR model requires additional variables for the model. We believe that the model requires always same case definition not to give some differences due to changes definition of the cases In Turkey. The model reveals that there is similar pattern.

The model provides a good opportunity for predicting the spread of infectious diseases in the future. The model provides a useful tool for understanding and quantifying the spread of infectious diseases, which may be applied in the future when similar situations arise.

References

- Annas, S., Rifandi, P., Sanusi, W., Side, S. (2020). Stability analysis and numerical simulation of SEIR model for pandemic COVID-19 spread in Indonesia, *Chaos, Solitons and Fractals*, 139.
- Arino, J., McCluskey, C.C., wan den Driessche, P. (2003). Global results for an epidemic model with vaccination that exhibits backward bifurcation, *SIAM J. Appl. Math.*, 64, 260–276.
- Bailey, N. (1975). The mathematical theory of infectious diseases and its applications, *Griffin*, 28,479–480.
- Diekmann., O., Heesterbeek, J.A.P. (2000). Mathematical Epidemiology of Infectious Diseases, Model Building, Analysis and Interpretation, *Wiley*.
- Egonmwan, A. O, Okuonghae, D. (2018). Analysis of a mathematical model for tuberculosis with diagnosis, *J Appl Math Comput*, 59, 129–62.
- Elif, D., Arzu, U., Nuri, O. (2011), A fractional order SEIR model with density dependent death rate. *Hacet J Math Stat*, 40(2), 287–95.
- Hethcote, H.W. (2000). The Mathematics of Infectious Disease, *SIAM Review*, 42, 653.

- Jackson, A. (1989). Modeling the Aids Epidemic, *Notices of the American Mathematical Society*, 36, 983.
- Keeling, M. (2004). The mathematics of diseases, <http://plus.maths.org> (Date accessed: May 2020).
- Kermack, W.O., & McKendrick, A. (1927). A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*, 115(772), 700–721.
- Keshet, L. (2005). Mathematical Models in Biology, *SIAM*, 586.
- Liu, Z., Magal, P., Seydi, O., Webb, G. (2020). A COVID-19 epidemic model with latency period, *Infectious Disease Modelling*, 5, 323-337.
- Sattenspiel, L., Lloyd, A. (2009). The Geographic Spread of Infectious Disease, Models and Applications, *NJ Princeton University Press*, 304.
- Stehle, J., Voirin, N., Barrat, A., Cattuto, C., Colizza, V., Isella, L., Regis, C., Pinton, J. F., Khanafer, N., Van den Broeck, W., Vanhems, P. (2011) Simulation of an SEIR infectious disease model on the dynamic contact network of conference attendees. *BMC Med*, 9, 87.
- Syafruddin, S., Mulbar, U., Sidjara, S., Sanusi, W. (2017). A SEIR Model for transmission of tuberculosis. *AIP conference proceedings*, 1830.
- Tang, B., Wang, X., Li, Q., Bragazzi, N.L., Tangi S , Xiao, Y, et al. Estimation of the transmission risk of 2019-nCoV and its implication for public health interventions. *J Clin Med* 9, 462.
- Waziri, A. S., Massawe, E. S., Makinde, O. (2012). Mathematical modelling of HIV/AIDS dynamics with treatment and vertical transmission, *Appl Math*, 3, 77–89.
- Weinstein, S., J., Morgan, S., Rogers, K. E., Barlow, N.S. (2020). Analytic solution of the SEIR epidemic model via asymptotic approximant, *Physica D*, 411.
- Yang, C., Wang, J. (2020). A mathematical model for the novel coronavirus epidemic in Wuhan, China. *Math Biosci Eng*, 17(3), 2708–24.
- Zhang, X., Xiang, H. & Meng, X. (2014). Dynamics of the deterministic and stochastic SIQS epidemic model with non-linear incidence, *Appl. Math. Comput.*, 243, 546–558.



Material Recommendation System for Distance Learning Based on Fuzzy Logic

Beyza Esin Özseven^{1*}, Naim Çağman²

^{1*} Tokat Gaziosmanpaşa University, Institute of Graduate Studies, Department of Mathematics, Tokat, Turkey, (ORCID: 0000-0003-4888-8259), beyza_esin@hotmail.com

² Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Science and Letters, Department of Mathematics, Tokat, Turkey (ORCID: 0000-0003-3037-1868), naim.cagman@gop.edu.tr

(First received 22 December 2021 and in final form 28 January 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1061483)

ATIF/REFERENCE: Özseven, B.E. & Çağman, N., Xxxx, X. (2022). Material Recommendation System for Distance Learning Based on Fuzzy Logic. *European Journal of Science and Technology*, (33), 311-317.

Abstract

A course material is the most important support material for the student throughout the learning process. Especially in distance learning, course materials gain even more importance. Materials to be presented in distance learning systems should be determined according to the student's readiness level and learning style. The main goal is how to best realize learning. In this study, based on the fuzzy logic a material recommendation system is modeled for distance learning systems. In the proposed model, in addition to readiness and learning style, material difficulty level and material type are also used. After the fuzzy rule base created, it determined whether each material is suitable for students.

Keywords: Distance learning, readiness, material recommendation, learning style, fuzzy logic.

Uzaktan Öğrenme İçin Bulanık Mantık Tabanlı Materyal Öneri Sistemi

Öz

Bir ders materyali öğrenme süreci boyunca öğrencinin en önemli destek materyalidir. Özellikle uzaktan öğrenmede ders materyalleri daha da fazla önem kazanmaktadır. Uzaktan öğrenme sistemlerinde sunulacak materyaller öğrencinin hazır bulunuşluk seviyesi ve öğrenme stiline göre belirlenmelidir. Temel amaç öğrenmenin en iyi nasıl gerçekleştirileceğidir. Bu çalışmada, uzaktan öğrenme sistemleri için bulanık mantık tabanlı bir materyal öneri sistemi modellenmiştir. Önerilen modelde, hazır bulunuşluk ve öğrenme stiline ek olarak materyal zorluk seviyesi ve materyal türü de kullanılmıştır. Oluşturulan bulanık kural taban sonrası her bir materyalin öğrenciler için uygun olup olmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan öğretim, hazır bulunuşluk, materyal öneri, öğrenme stili, bulanık mantık.

* Corresponding Author: beyza_esin@hotmail.com

1. Introduction

Learning style is defined as cognitive, affective and physiological behaviors that are indicators of students' perception structure, interaction with the distance learning system and reactions (Bahar and Sülün 2011; Given 1996). The main goal of learning style is how to best realize learning. Educators state that there are three different learning style approaches: self-awareness, curriculum design and application to teaching processes, and diagnostic perspective (Can 2011). In this study, since the model for distance learning has been created, the perspective of application to curriculum design and teaching processes has been brought to the fore. Kolb, McCarthy, Butler and some other researchers have adopted learning styles of this nature (Can 2011). The most well-known of these styles and the most widely used in the literature is the learning theory developed by Kolb (Cevher and Yildirim 2020). The theory focuses on both cognitive and affective dimensions, as well as emphasizing the importance of experiences in the learning process (Can 2011).

Both the education and the teaching process are carried out depending on past experiences. Lack of experience or previous knowledge of students will also cause problems in the next education-teaching processes. The subjects for the lessons follow each other and the previous subjects form the basis for a subject to be learned. For this reason, before starting a new topic, previous learning about the topic should be acquired and it should be checked whether this situation exists in individuals (Altun 2005; Yenilmez and Kakmacı 2008). With readiness, it is investigated whether the student has sufficient knowledge for the new subject to be learned. In short, readiness is whether the individual has the necessary prerequisites for the relevant learning activity (Arik 1995; Yenilmez and Kakmacı 2008).

Materials are used as supportive resources for students in both distance and face-to-face learning. The source to be used differs according to the teaching method used. The biggest difference that distinguishes distance learning from face-to-face education is that the course materials gain great importance because the education is carried out independently of space and time. Lecture notes, lecture video recordings, presentations and texts are important in distance learning, which is carried out asynchronously. The effectiveness of these materials is related to the effectiveness of the educator, and the educator should know their strengths and weaknesses. Especially developing web technologies have increased the interaction between course materials and students in distance learning systems.

One of the problems in distance learning systems is proposing suitable materials for students. Because, if permission is given, it may be necessary to choose among the materials shared by different educators on the same subject. It may be necessary to suggest material suitable for the student's learning style. Most studies in the literature are filter-based and based on student's past records. In this study, a student-centered approach is proposed to contribute to the literature. In the proposed approach, the course materials to be presented to the students are determined according to their learning style, readiness, material difficulty level and material type.

In the next section of the study, the situation in the literature was examined. In the third and fourth sections, basic information is given. The proposed model is given in the fifth section and the results and discussion are given in the last section.

2. Related Works

Learning style is important for the concepts learned to be permanent for a longer period. It also makes the concepts easier to understand. Learning styles are determined with the help of questionnaires in both online and offline applications. In the study, in which machine learning techniques and Kolb learning styles were used, a model was proposed to determine learning styles. In the proposed model, in addition to the scale information, age and gender data were also used, and classification was made with k-NN, C4.5 and Naive Bayes (Kartal et al. 2019). In the study examining the efficiency of Kolb learning styles, J48, BayesNet and Naive Bayes and Random Forest classifiers were used. As a result, the highest success was obtained in the Random Forest (Menaka and Nandhini 2019). In the study, in which web usage mining was used for the determination of learning style in distance learning independently of the theories, the movements of the students on the websites were determined with the fuzzy classifier and higher success was achieved than the traditional methods (El Aissaoui et al. 2019). The results of the study, in which personalized and learner-specific learning strategies were developed according to Kolb's learning style for distance learning, showed that personalization in distance learning based on learning style significantly affects the academic success and satisfaction of students (Sanjabi and Montazer 2020). In the study conducted in 2021, different classifiers were used by reducing the scale sizes. While creating the data set, the time spent on audio files, concept maps, images, reading texts and simulations in the distance learning system was used. As a result, the highest success was obtained with the SVM classifier (Rasheed and Wahid 2021).

The studies described above and, in the literature, focused on two approaches to determine learning style. These are the student's behavior on the system and the questionnaires. Both approaches have strengths and weaknesses. The data obtained with the help of the questionnaires contain weaknesses such as the students' unawareness of their own preferences and the fact that the questionnaire creates boredom. These weaknesses are eliminated in the approach where the behavior of the student in the system is used. However, movements on the system also create weaknesses such as leaving the system open for a certain period and not using the system himself. In addition, theory-based studies focused on previous versions of Kolb learning style (KLSI) and were based on four learning styles.

Readiness, in addition to suggesting educational material to the student, also guides the educator in teaching the lesson. To achieve this, the educator needs to prepare a readiness test for each lesson topic. Although it seems to increase the workload of the educator, it can be used for many years as it will only be defined once.

When the studies on readiness in the literature are examined, the readiness of the primary school mathematics teacher students for the 2nd grade high school mathematics lesson has been examined and it has been determined that the readiness level is quite low (Tuna and Kaçar 2005). In the study in which the relationship between preschool education and mathematics lesson was investigated, it was determined that the readiness for mathematics lesson of those who received preschool education was high (Unutkan 2007). Questionnaire data were used in the study in which the relationship between students' readiness levels and academic achievements for foreign language lessons was examined. According to the results of the study, it has been determined that the students' readiness levels and academic

achievements vary according to gender and preparatory reading status. In addition, it was concluded that students with high readiness levels also have high academic achievement (Ünal and Özdemir 2008). The readiness of primary school students for the 7th grade mathematics lesson was investigated with a test including demographics, mathematics achievement, interest in mathematics and prerequisites, and suggestions were given to increase the level of readiness in mathematics (Yenilmez and Kakmacı 2008). Students' readiness was examined in terms of achievement test, semi-structured interview form and attitude scale and geographical concepts, and it was observed that the applied teaching techniques increased the learning level (Akengin and Süer 2013). According to the results of the study in which the readiness of mathematics teaching students about functions was examined, the participants in the study were insufficient in terms of functions (Erdoğan, Erdoğan, and Çelik 2012). In the study examining the readiness levels of pre-school teacher candidates to teach mathematics, it was determined that some participants saw mathematics as a way of life, while some participants saw daily words as a mathematical element (İnan 2014). In the study examining the effects of pre-lesson activities such as online tests on student readiness and performance, the answers of two groups of students to the preparatory questionnaires were compared (Fraley et al. 2015). In another study, the readiness of instructors in distance education was examined. In the study, definitions were made about the importance of readiness and its detection methods, as well as its sub-categories of cognitive, social and educational readiness (Koloğlu, Kantar, and Doğan 2016). In the study using distance learning perception scale and readiness scale, students' demographic data and answers to scales were used (Gökbulut 2021).

In the study, which aims to help students find the learning materials they need to read, the needs of the students were determined, and fuzzy matching was used to find the appropriate learning materials that would best meet the needs of each student. The criteria used are; student's personal characteristics, history of access to learning material, current interests and other student needs (Lu 2004). In the study, which aims to have students search for content using more than one keyword at the same time, the students' past records were analyzed and the relationship between students' learning behaviors, possible keywords and learning course content was determined (Liu and Shih 2007). In the study, in which certain features are defined as vectors, the learning rate for the features was defined, and the similarity rate between learner behaviors and materials was calculated (Salehi and Kmalabadi 2012). Collaborative filtering and sequential model mining are used in various studies used to recommend material. Collaborative filtering focuses on relationships between users with similar interests, while sequential model mining uses records of users' interactions with the system (Chen et al. 2014; Syed et al. 2017; Turnip, Nurjanah, and Kusumo 2017). In the study using fuzzy logic, student information, performance reports, study materials and user queries were used (Pandey and Singh 2015; Perumal, Sannasi, and Arputharaj 2019). In the study investigating the effectiveness of learning styles in material recommendation, Felder Silverman learning style, cooperative filtering, content-based filtering and grading were used and rating was determined as the best method (Trusthi and Nurjanah 2017).

Most studies on material recommendation in the literature use filtering (searching among materials) and student's past web traces. In this context, the inadequacy of student-centered studies that focus on the learning style of the student and use material

prior knowledge is seen as a deficiency in the literature. In addition, studies involving Kolb's nine learning types are also limited.

3. Learning Style

KLSI is based on experiential learning theory (Can 2011; Göldağ 2011). KLSI is based on the learning style and problem-solving habits of students in their daily lives. There are four types of learning styles in this style (Aşkar and Akkoyunlu 1993; Çöpgeven and Fırat 2019; Kolb 1985): Concrete Experience, Reflective Observation, Abstract Conceptualization, Active Experimentation. Here, it assumes that active experimentation is learned better by feeling, watching reflective observation, thinking about active experimentation, and doing abstract conceptualization. Learning style consists of a combination of these four styles. This combination determines the student's learning style (Aşkar and Akkoyunlu 1993; Can 2011). With KLSI 4.0, four learning types were transformed into nine learning types (Alice Y. Kolb 2013). The KLSI 4.0 dimensional diagram is given in Figure 1.

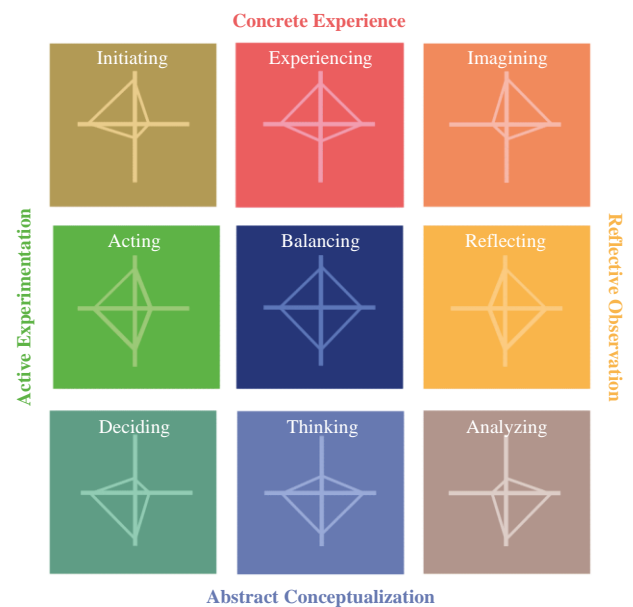


Figure 1. KLSI 4.0 (Anon 2017; A. Y. Kolb 2013)

Learning strengths and weakness for KLSI 4.0 are given in Table 1.

Table 1. Learning strengths and weakness for KLSI 4.0 (Anon 2017)

Style	Strengths	Weakness
Initiating	Dedicate yourself to your goals Searching for new opportunities Influencing and directing others	Controlling the urge to act Listening to the opinions of others Impatience
Experiencing	Building deep personal relationships Strong intuition focused on thoughts and actions Open to new experiences	Understanding the theory Systematic planning Evaluation
Imagining	Awareness of people's feelings and values Listening with an open mind Visualizing the consequences of uncertain situations	To decide Taking the lead Act on time
Reflecting	Understanding others' point of view Seeing "What's going on" in situations Turning intuitions into clear explanations Data collection	Initiating an action Thinking too long Raising your voice in a group
Analyzing	Organizing information To be logical and rational Building conceptual models	Risk taking Socializing with others Coping with structural deficiency
Thinking	Analytics Rational decision making Analyzing quantitative data	Working with people Being open-minded about ideas Get lost in thought
Deciding	Problem solving Evaluating ideas and solutions Setting goals Making decisions	Creative thinking beyond the ordinary Sensitivity to people's feelings Dealing with uncertainty
Acting	Combining technical knowledge and personal relationships Focus on getting things done Leading business teams	Taking time to think Solving the right problem Information gathering and analysis
Balancing	Flexibility of movement in the learning cycle Ability to work with different types of groups of people Creative intuitions	Instability To do everything you can, but not to be an expert in any of them Constant commitment

To determine the learning style, it is planned to use KLSI 4.0, the demographic data of the student, the student emotion of each KLSI 4.0 question and the time to answer the question. KLSI 4.0 and the use of question-based emotion will contribute to the literature. In Figure 2, the suggested model for determining learning style is given.

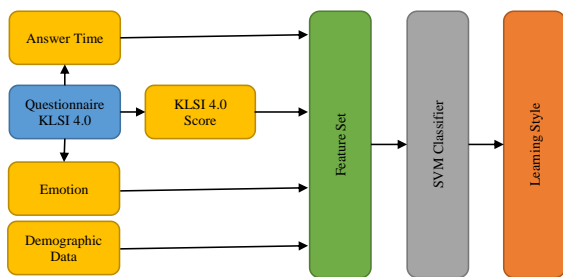


Figure 2. Learning style module

For the determination of the learning style given in Figure 2, the answer time of the student and the emotion at the time of answering, score value and demographic information for each question of the KLSI 4.0 questionnaire were taken as basis. The inconsistency of the answer time with the average time determined for the question will show that the answer given by the student may be incorrect. In this case, an average value that does not affect the overall score should be given for the relevant question. If this discrepancy occurs for more than 50% of the questions, it is recommended to repeat the test. In addition, the emotional state at the time of answering each question will also show the student's perspective on the related question. The expressions (IT-initiating, EX-experiencing, IM-imaging, RF-reflecting, AL-analyzing, TH-thinking, DC-deciding, AC-acting, BL-balancing) were used for learning style.

4. Readiness

Readiness is whether the individual has the necessary prerequisites for the relevant learning activity (Arik 1995; Yenilmez and Kakmacı 2008). For students who do not have prerequisites, education should be planned that is concrete, uncomplicated, and close to their previous experience. In the proposed material suggestion system, the level of readiness of the student for each course subject is determined and appropriate educational material is suggested. Questions prepared by the educator should be used to determine the level of readiness. In the proposed model, linguistic expressions of Very Ready (VR), Ready (R), Moderate (M), Not Ready (NR) and Never Ready (NVR) were used for readiness. The membership function graph for readiness is given in Figure 3.

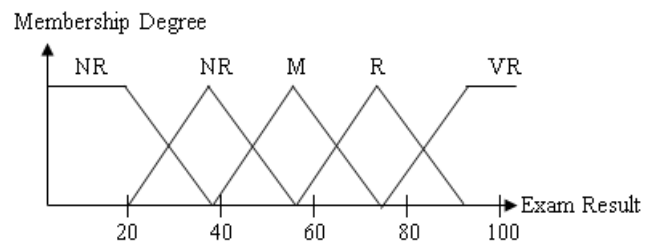


Figure 3. Membership function for readiness

5. A Material Recommendation Model

In the proposed model, a student-centered approach is used. The course materials to be presented to the students are determined according to their learning style, readiness level and material properties. The diagram of the proposed model is given in Figure 4.

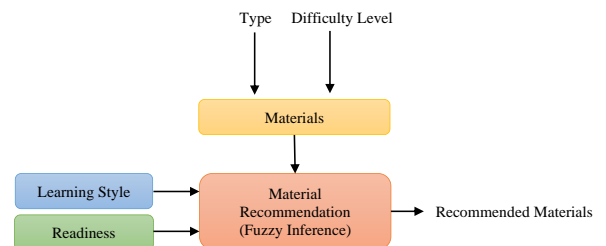


Figure 4. Suggested Material Recommendation Model

The proposed model works based on fuzzy inference and as input material difficulty level (VE-very easy, E-easy, M-

moderate, D-difficult, VD-very difficult), type of material (W-written, IG-image and graphic, V-video, IA-interactive animation), learning style (IT, EX, IM, RF, AL, TH, DC, AC, BL) and readiness (VR-very ready, R-ready, M-moderate, NR-not ready and NVR-never ready) information. True and false values are used as output. If the relevant material is suitable for the student, true (1), otherwise false (0) will be output. The nine items

in the learning style are the fuzzy versions of the four items (active experimentation, concrete experience, reflective observation, abstract conceptualization) based on the KLSI. Because the initiating learning style involves active practice and concrete experience. In line with this information, the rule table for the material recommendation is given in Table 2.

Table 2. Rule table for material recommendation

LS	MT	RDN	MDL	Output
(IT) ∨ (IM)	(IA) ∨ (V)	(VR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(IT) ∨ (IM)	(IA) ∨ (V)	(R)	(VD)	0
(IT) ∨ (IM)	(IA) ∨ (V)	(R)	(D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(IT) ∨ (IM)	(IA) ∨ (V)	(M)	(VD) ∨ (D)	0
(IT) ∨ (IM)	(IA) ∨ (V)	(M)	(M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(IT) ∨ (IM)	(IA) ∨ (V)	(NR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M)	0
(IT) ∨ (IM)	(IA) ∨ (V)	(NR)	(E) ∨ (VE)	1
(IT) ∨ (IM)	(IA) ∨ (V)	(NVR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	0
(IT) ∨ (IM)	(W) ∨ (IG)	(VR) ∨ (R) ∨ (M) ∨ (NR) ∨ (NVR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	0
(EX) ∨ (TH)	(EA) ∨ (V) ∨ (W)	(VR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(EX) ∨ (TH)	(IA) ∨ (V) ∨ (W)	(R)	(VD)	0
(EX) ∨ (TH)	(IA) ∨ (V) ∨ (W)	(R)	(D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(EX) ∨ (TH)	(IA) ∨ (V) ∨ (W)	(M)	(VD) ∨ (D)	0
(EX) ∨ (TH)	(IA) ∨ (V) ∨ (W)	(M)	(M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(EX) ∨ (TH)	(IA) ∨ (V) ∨ (W)	(NR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M)	0
(EX) ∨ (TH)	(IA) ∨ (V) ∨ (W)	(NR)	(K) ∨ (VE)	1
(EX) ∨ (TH)	(IA) ∨ (V) ∨ (W)	(NVR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	0
(EX) ∨ (TH)	(IG)	(VR) ∨ (R) ∨ (M) ∨ (NR) ∨ (NVR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	0
(RF) ∨ (AL)	(W) ∨ (V) ∨ (IG)	(VR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(RF) ∨ (AL)	(W) ∨ (V) ∨ (IG)	(R)	(VD)	0
(RF) ∨ (AL)	(W) ∨ (V) ∨ (IG)	(R)	(D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(RF) ∨ (AL)	(W) ∨ (V) ∨ (IG)	(M)	(VD) ∨ (D)	0
(RF) ∨ (AL)	(W) ∨ (V) ∨ (IG)	(M)	(M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(RF) ∨ (AL)	(W) ∨ (V) ∨ (IG)	(NR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M)	0
(RF) ∨ (AL)	(W) ∨ (V) ∨ (IG)	(NR)	(E) ∨ (VE)	1
(RF) ∨ (AL)	(W) ∨ (V) ∨ (IG)	(NVR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	0
(RF) ∨ (AL)	(IA)	(VR) ∨ (R) ∨ (M) ∨ (NR) ∨ (NVR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	0
(DC)	(IA) ∨ (W)	(VR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(DC)	(IA) ∨ (W)	(R)	(VD)	0
(DC)	(IA) ∨ (W)	(R)	(D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(DC)	(IA) ∨ (W)	(M)	(VD) ∨ (D)	0
(DC)	(IA) ∨ (W)	(M)	(M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(DC)	(IA) ∨ (W)	(NR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M)	0
(DC)	(IA) ∨ (W)	(NR)	(E) ∨ (VE)	1
(DC)	(IA) ∨ (W)	(NVR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	0
(DC)	(V) ∨ (IG)	(VR) ∨ (R) ∨ (M) ∨ (NR) ∨ (NVR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	0
(AC)	(IA) ∨ (W) ∨ (IG)	(VR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(AC)	(IA) ∨ (W) ∨ (IG)	(R)	(VD)	0
(AC)	(IA) ∨ (W) ∨ (IG)	(R)	(D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(AC)	(IA) ∨ (W) ∨ (IG)	(M)	(VD) ∨ (D)	0
(AC)	(IA) ∨ (W) ∨ (IG)	(M)	(M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(AC)	(IA) ∨ (W) ∨ (IG)	(NR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M)	0
(AC)	(IA) ∨ (W) ∨ (IG)	(NR)	(E) ∨ (VE)	1
(AC)	(IA) ∨ (W) ∨ (IG)	(NVR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	0
(AC)	(V)	(VR) ∨ (R) ∨ (M) ∨ (NR) ∨ (NVR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	0
(BL)	(IA) ∨ (W) ∨ (V) ∨ (IG)	(VR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(BL)	(IA) ∨ (W) ∨ (V) ∨ (IG)	(R)	(VD)	0
(BL)	(IA) ∨ (W) ∨ (V) ∨ (IG)	(R)	(D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(BL)	(IA) ∨ (W) ∨ (V) ∨ (IG)	(M)	(VD) ∨ (D)	0
(BL)	(IA) ∨ (W) ∨ (V) ∨ (IG)	(M)	(M) ∨ (E) ∨ (VE)	1
(BL)	(IA) ∨ (W) ∨ (V) ∨ (IG)	(NR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M)	0
(BL)	(IA) ∨ (W) ∨ (V) ∨ (IG)	(NR)	(E) ∨ (VE)	1
(BL)	(IA) ∨ (W) ∨ (V) ∨ (IG)	(NVR)	(VD) ∨ (D) ∨ (M) ∨ (E) ∨ (VE)	0

MDL: Material difficulty level, MT: Materyal type, LS: Learning style, RDN: Readiness

When the rules in Table 2 are examined, a few examples of comments that can be made are given below.

- Materials in the form of interactive animations and written documents are recommended for a student with a decision-making learning style, if the readiness for the lesson is very ready, regardless of the difficulty level of the material. In addition, if the readiness of this student is not considered, video and picture materials are not recommended.
- For a student with a balancing learning style, if the readiness for the lesson is very ready, any material can be recommended regardless of the difficulty level of the material and the type of material.
- Video-type material is not recommended for a student with an acting learning style, regardless of their readiness for the lesson and the difficulty level of the material.

6. Conclusion and Discussion

Distance learning platforms facilitate interaction between students and instructors while reducing temporal or spatial constraints. However, such platforms require measuring the degree of student engagement in the delivered course content and teaching style. Such information is invaluable for assessing the quality of teaching and changing the style of teaching delivery in mass online learning platforms. In addition, since the learning process will continue individually, appropriate course materials should be presented to the students. The materials are presented to the students through the student's inquiries on the system or the predictions based on the student's past records. This is a situation in which the student's cognitive and affective competences are not actively used.

The learning theory developed by Kolb focuses on both cognitive and affective dimensions as well as emphasizing the importance of experiences in the learning process (Can 2011). Therefore, the materials to be presented to students should be determined according to the learning style of the student. The use of only learning style for material recommendation is still insufficient for the student. Because the material to be proposed to the student should be suitable for the level of the student. With readiness, it is investigated whether the student has sufficient knowledge for the new subject to be learned. In short, readiness is whether the individual has the necessary prerequisites for the relevant learning activity (Arik 1995; Yenilmez and Kakmacı 2008). The materials to be presented to the students should be planned in parallel with the learning style. Therefore, the type and difficulty level for the materials also strengthen the student-centered approach.

Within the scope of this information, in this study, a material recommendation system, which aims a student-centered approach for distance learning systems, is modeled. The proposed model uses learning style, readiness level, material type and difficulty level as inputs for the fuzzy inference system. As an output, it is determined whether the relevant material is suitable for the student or not. To determine the learning style, the student's demographic data, KLSI 4.0 result, time spent for KLSI 4.0 in this process and emotion were used. It is suggested to use level determination exams prepared by the trainer for readiness. After the fuzzy logic-based model was created, the rule table was created and given in Table 2.

The biggest limitation seen in the study is the increase in the workload of the educator. However, once the proposed model is created, it can be used in the distance learning system for many years. Another limitation is that students give unrealistic answers to KLSI in the process of determining the learning style. It has been suggested to use time and emotion to avoid this limitation. However, this will not be the definitive solution.

In future studies, materials from different courses can be presented together, according to the student's interests, by applying association rules while making material proposals.

References

- Akengin, Hamza, and Sevgi Süer. 2013. 'An Experimental Research on Readiness Levels of Students in Terms of Geographical Concepts and Development of These Concepts'. *Marmara Geographical Review* (24):26-48.
- Altun, Murat. 2005. *Matematik Öğretimi*. 4. Basım. Bursa: Aktüel Yayınları.
- Anon. 2017. 'Kolb Öğrenme Stilleri - DeM'. Retrieved 16 June 2021 (<https://www.demturkey.com/deneyimsel-ogrenme/kolb-ogrenme-stilleri/>).
- Arik, İ. Alev. 1995. *Öğrenme Psikolojisine Giriş*. İstanbul: Der Yaya.
- Aşkar, Petek, and Buket Akkoyunlu. 1993. 'Kolb Öğrenme Stili Envanteri'. *Eğitim ve Bilim* 17(87).
- Bahar, Hüseyin Hüsnü, and Ali Sülün. 2011. 'Learning styles of science teacher candidates, the link between gender and Learning styles, according to learning styles Of academic success'. *Kastamonu Education Journal* 19(2):379-86.
- Can, Şendil. 2011. 'Investigation of the relationships between the learning styles of preservice elementary teachers and some variables'. *H.U Journal of Education* 41:70-82.
- Cevher, Ahmet Yusuf, and Serkan Yıldırım. 2020. Investigation of Academic Studies on Learning Styles: A Systematic Review'. *Hayef: Journal of Education (Online)* 17(1):20-50.
- Chen, Wei, Zhendong Niu, Xiangyu Zhao, and Yi Li. 2014. 'A Hybrid Recommendation Algorithm Adapted in E-Learning Environments'. *World Wide Web* 17(2):271-84.
- Çöpgeven, Selin, and Mehmet Fırat. 2019. 'Uzaktan Eğitimde Algoritmalar: 2007-2019 Sistemik Alan yazın Taraması'. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 5(4): 65-91.
- El Aissaoui, Ouafae, Yasser El Alami El Madani, Lahcen Oughdir, and Youssouf El Alloui. 2019. 'A Fuzzy Classification Approach for Learning Style Prediction Based on Web Mining Technique in E-Learning Environments'. *Education and Information Technologies* 24(3):1943-59.
- Erdoğan, Özdemir Emel, Abdükadir Erdoğan, and Sezgin Çelik. 2012. 'First Year Prospective Middle School Mathematics Teachers Readiness for Functions'. *Gaziantep University Journal of Social Sciences* 11(4): 1121-1149.
- Fraleley, Mary A., A. J. Hamlin, Amber Kemppainen, and Gretchen L. Hein. 2015. 'Using Pre-Lesson Materials and Quizzes to Improve Student Readiness and Performance'. P. 26.1677.1-26.1677.16 in.
- Given, Barbara K. 1996. 'Learning Styles: A Synthesized Model'. *Journal of Accelerative Learning and Teaching* 21:9-42.
- Gökbulut, Bayram. 2021. 'Distance education and mobile learning from the perspective of distance education students'. *Educational Technology Theory and Practice* 11(1):160-77.

- Göldağ, B. 2011. 'Öğrenme Stili Öğretmenlerinin İle Aynı Olan ve Olmayan Öğrencilerin Akademik Başarılarının İncelenmesi'. *Eğitim Bilimleri Kurultayı* 8–10.
- İnan, Cemil. 2014. 'Evaluation of Pre-School Teacher Candidates' Levels of Readiness for Teaching Mathematics.' *Electronic Turkish Studies* 9(8): 537-550.
- Kartal, Elif, Sezer Köse Biber, Mahir Biber, Melodi Ozyaprak, İrfan Şimşek, and Tuncer Can. 2019. 'A Model Proposal to Determine Learning Styles of Students by Using Machine Learning Techniques and Kolb Learning Styles Inventory'. *Kastamonu Eğitim Dergisi* 27(5):1875–92.
- Kolb, A. Y. 2013. 'The Kolb Learning Style Inventory–Version 4.0. a Comprehensive Guide to the Theory, Psychometrics, Research on Validity and Educational Applications'. *Kaunakakai, HI: Experience Based Learning Systems*.
- Kolb, Alice Y. 2013. 'The Kolb Learning Style Inventory 4.0: A Comprehensive Guide to the Theory, Psychometrics, Research on Validity and Educational Applications'. *Philadelphia, PA: Hay Group*.
- Kolb, David A. 1985. *Learning-Style Inventory: Self-Scoring Inventory and Interpretation Booklet*. TRG Hay/McBer.
- Koloğlu, Tevfik Fikret, Mahmut Kantar, and Mevlüt Doğan. 2016. 'Öğretim elemanlarının uzaktan eğitimde hazırlanışlarının önemi'. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi* 2(1):52–70.
- Liu, Feng-jung, and Bai-jiun Shih. 2007. 'E-Learning Activity-Based Material Recommendation System'. *Interactive Technology and Smart Education*.
- Lu, Jie. 2004. 'A Personalized E-Learning Material Recommender System'. in *International Conference on Information Technology and Applications*. Macquarie Scientific Publishing.
- Menaka, P., and K. Nandhini. 2019. 'Performance of Data Mining Classifiers on Kolb's Learning Style Inventory (KLSI)'. *Indian Journal of Science and Technology* 12:23.
- Pandey, Himanshu, and V. K. Singh. 2015. 'A Fuzzy Logic Based Recommender System for E-Learning System with Multi-Agent Framework'. *International Journal of Computer Applications* 122(17):18–21.
- Perumal, Sankar Pariserum, Ganapathy Sannasi, and Kannan Arputharaj. 2019. 'An Intelligent Fuzzy Rule-Based e-Learning Recommendation System for Dynamic User Interests'. *The Journal of Supercomputing* 75(8):5145–60.
- Rasheed, Fareeha, and Abdul Wahid. 2021. 'Learning Style Detection in E-Learning Systems Using Machine Learning Techniques'. *Expert Systems with Applications* 174:114774.
- Salehi, Mojtaba, and Isa Nakhai Kmalabadi. 2012. 'A Hybrid Attribute-Based Recommender System for e-Learning Material Recommendation'. *Ieri Procedia* 2:565–70.
- Sanjabi, Tahereh, and Gholam Ali Montazer. 2020. 'Personalization of E-Learning Environment Using the Kolb's Learning Style Model'. Pp. 89–92 in *2020 6th International Conference on Web Research (ICWR)*. IEEE.
- Syed, Thoufeeq Ahmed, Vasile Palade, Rahat Iqbal, and Smitha Sunil Kumaran Nair. 2017. 'A Personalized Learning Recommendation System Architecture for Learning Management System.' Pp. 275–82 in *KDIR*.
- Trusthi, Swapaka Listya, and Dade Nurjanah. 2017. 'Combination of Hybrid Filtering and Learning Style for Learning Material Recommendation'. Pp. 24–29 in *2017 IEEE Conference on e-Learning, e-Management and e-Services (IC3e)*. IEEE.
- Tuna, Abdulkadir, and Ahmet Kaçar. 2005. 'The level of the readiness of students who begun primary school mathematics teaching programme related to high school 2 mathematics subjects'. *Kastamonu Education Journal*. 13(1):117-128.
- Turnip, Rudolf, Dade Nurjanah, and Dana Sulisty Kusumo. 2017. 'Hybrid Recommender System for Learning Material Using Content-Based Filtering and Collaborative Filtering with Good Learners' Rating'. Pp. 61–66 in *2017 IEEE Conference on e-Learning, e-Management and e-Services (IC3e)*. IEEE.
- Ünal, Menderes, and Çağatay Özdemir. 2008. 'The Effect of Cognitive Readiness on The Academic Success of The Students Taking Foreign Language Courses at Faculties of Education'. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi* 9(1):13–22.
- Unutkan, Özgül Polat. 2007. 'A study of pre- school children's school readiness related to skills of mathematics'. *H.U Journal of Education* 32(32):243–54.
- Yenilmez, Kürşat, and Özlem Kakmacı. 2008. 'The level of the readiness of seventh grade Students in mathematics'. *Kastamonu Education Journal* 16(2):529–42.



Investigating The Residual Stresses, The Deformations and The Temperature Distribution During Angular Hard Facing of Mild Steel

Atilla Savaş^{1*}

^{1*} Piri Reis University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0001-6900-3259), asavas@pirireis.edu.tr

(First received 21 June 2021 and in final form 31 December 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.955391)

ATIF/REFERENCE: Savaş, A. (2022). Investigating The Residual Stresses, The Deformations and The Temperature Distribution During Angular Hard Facing of Mild Steel. *European Journal of Science and Technology*, (33), 318-322.

Abstract

In this study, permanent stress and deformations resulting from angular weld seams of the hardfacing process in flat plates were investigated. Temperature distributions, stress distributions, and permanent deformations were calculated in the study carried out with the finite element method. Experiments in the literature were used for validation. A very high agreement was obtained between the experimental and model results. Since only longitudinal and transverse welds were examined in previous studies, how angular welds will affect stress and deformations has been demonstrated in this study. In addition, the changes in stresses were calculated considering the cooling time after the welding process. Among the findings, it has been observed that long weld seams cause higher temperatures, deformations, and stresses. In addition, after cooling, it is seen that the stresses increase even more in terms of both tension and compression.

Keywords: FEM, Hardfacing, Welding.

İmalat Çeliğinin Açısız Sert Dolgu Prosesinde Artık Gerilme, Deformasyon ve Sıcaklık Dağılımının Sonlu Elemanlar Metoduyla İncelenmesi

Öz

Bu çalışmada, düz plakalardaki sert dolgu prosesinin açısız kaynak dikişleri sonucunda oluşan kalıcı gerilme ve deformasyonlar incelenmiştir. Sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan çalışmada sıcaklık dağılımları, gerilme dağılımları ve kalıcı deformasyonlar hesaplanmıştır. Doğrulama amacıyla literatürdeki deneyler kullanılmıştır. Deneysel ve model sonuçları arasında çok yüksek bir uyum elde edilmiştir. Daha önceki çalışmalarda sadece boyuna ve enine kaynak dikişleri incelendiğinden, açısız kaynak dikişlerinin gerilme ve deformasyonlara nasıl etki edeceği bu çalışmada ortaya konmuştur. Ayrıca kaynak prosesi sonrasında soğuma zamanı dikkate alınarak gerilmelerdeki değişiklikler de hesaplanmıştır. Bulgular arasında; uzun kaynak dikişlerinin daha yüksek sıcaklıklara, deformasyonlara ve gerilmelere neden olduğu görülmüştür. Ayrıca soğuma sonrasında gerilmelerin hem çekme hem de basma anlamında daha da arttığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sonlu elemanlar yöntemi, Sert dolgu, Kaynak.

* Corresponding Author: asavas@pirireis.edu.tr

1. Introduction

Welding simulations have been taking place in the field of manufacturing studies in the late decades. Transient thermal studies have been performed after the 1980's by the Goldak moving heat input method (Goldak et al., 1984). Goldak et al. improved a different geometrical heat input model to simulate transient heat transfer in both thin and thick plates (Goldak et al., 1984). Beforehand the Gaussian moving heat input model was used and this model was not so successful in simulating the temperature history of the welding process. Arora et al. used the Goldak heat input to investigate the Submerged Arc Welding of mild steel (Arora et al., 2019). Different thickness, welding speed, and amperage values of plates were modeled and the temperatures very close to the experimental ones were obtained. Maximum distortion in the flat plates was 3 mm. Deformations in butt-welded plates were investigated by Chen et al. (Chen et al., 2014). They also utilize Goldak heat input in order to simulate the moving heat source. Material properties were given as temperature-dependent. By doing so, the temperature history was well predicted by the model. Three thermocouples close to the weld centerline were utilized to measure the temperature history. 300 MPa tensile stress and 4.5 mm distortion was calculated by the model which is very close to the experimental results.

Ghosh and Chattopadhyaya studied different geometrical heat input models in simulating heat input during welding (Ghosh & Chattopadhyaya, 2010). Their model was a conical Gaussian model. They compared the analytical solution for the semi-infinite plate with the 2D and 3D FEM solutions. Both the 2D and 3D solutions gave good results. Hashemzadeh et al. also studied different heat source models (Hashemzadeh et al., 2014). In thin plates, semi ellipsoidal and double ellipsoidal models predicted the residual stresses better than the Gaussian heat source.

Prasad et al. investigated the pipe welds and calculated the residual stresses after the welding process (Varma Prasad et al., 2016). Their structural calculation took into account the thermal strain, elastic and plastic strains. 200-ampere TIG welding caused a maximum of 300 MPa tensile stresses and 420 MPa compressive stresses on the outside of the pipe.

Xavier et al. studied the microstructure changes after welding with the help of Goldak heat input (Xavier et al., 2015). Their predictions were in accordance with the experiments they performed.

Zubairuddin et al. studied multi-pass welding simulation (Zubairuddin et al., 2017). They showed that the model considering the metallurgical changes can predict the residual stresses better than the other models.

Kaptanoğlu et al. worked on hardfacings and predicted the optimal process parameters for the Submerged Arc Welding process (Kaptanoğlu et al., 2016). Lazic et al also studied the hardfacing process (Lazić et al., 2016). Their experimental results showed that the tempering after hardfacing can be helpful to decrease the residual stresses. Lazic et al studied in another work the deformations occurring after the hardfacing process (Lazic et al., 2015). Savas has studied the longitudinal welding patterns in hardfacing (Savaş, 2021a). The results showed detrimental deformations in a 2 mm thick plate. Zargar et al. investigated the effect of patterns in hardfacing (Zargar et al., 2016). They studied the Submerged Arc Welding of corner joints. Günay et al.

analyzed the influence of transverse welding seams on the residual stress of fillet welds (Günay et al., 1997).

In the present work, the effects of angular welding seams on the distortions and residual stresses were investigated.

2. Material and Method

2.1. Welding Simulation

The temperature distribution calculated for the welding process took into account the conduction, convection, and radiation. The stress and deformation calculation of the model deals only with the elastic, plastic, and thermal strains, but not the metallurgical effects. The temperature-dependent material properties of St37, are not tabulated in this text, please refer to reference (Chen et al., 2014). The mobile heat input model was taken as a different geometrical model which is the Goldak heat source model. The joining variables which are utilized in the simulation are tabulated in Table 1 (Chen et al., 2014). The Goldak mobile heat input style is shown in Figure 1. In present numerical work, the temperature part and the stress part are mutually coupled.

Table 1. The Goldak heat input values for the joining analysis.

a (distance in the x-axis)	5 millimeters
b_f (distance in the y-axis, fore)	5 millimeters
b_r (distance in the y-axis, back)	15 millimeters
c (distance in the z-axis)	5 millimeters
f_f (fore fragment)	0.5
f_r (back fragment)	1.5
Joining velocity	8.33 mm/sec
Potential difference, U	27 Volts
Amperage, I	125 Amperes
Effectivity, η	0.9
Energy inlet, $Q = \eta IU$	3037.5 Watts

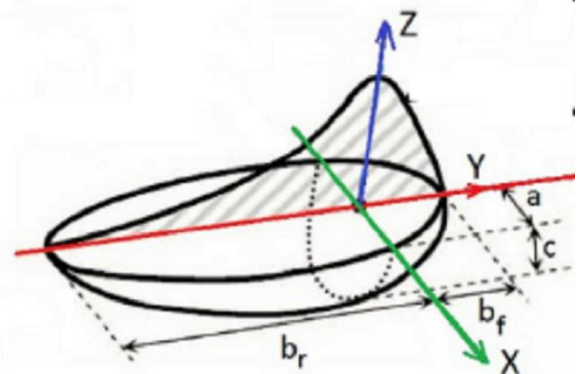


Figure 1. The geometrical style for the Goldak heat input.

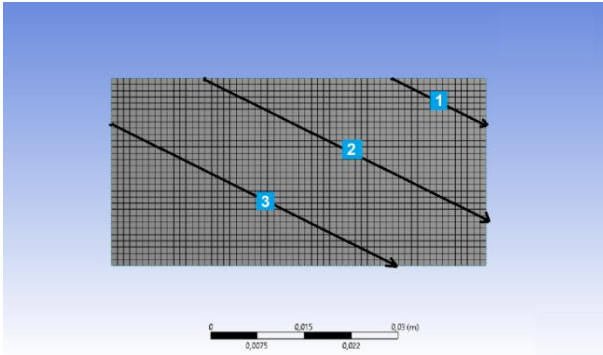
2.2. Numerical Model

Angular hardfacing patterns are shown in Figures 2a and 2b. Weld seams in Figure 2a have an angle of 26 degrees with the longitudinal side of the plate whereas weld beads in the other figure have an angle of 63 degrees with the long edge. The total weld seam length is kept constant at 117 mm in order to equalize the heat input (which is 41.4 KJ). The welding conditions used are 22 V, 100 A, and 5.6 mm/s. In Figures 2a, and 2b the mesh created for the ANSYS FEM model can also be seen. One path is used where residual stresses are given linearly (see Figure 3). The two-part Goldak moving heat input model is specified in the equations below (Savaş, 2021a):

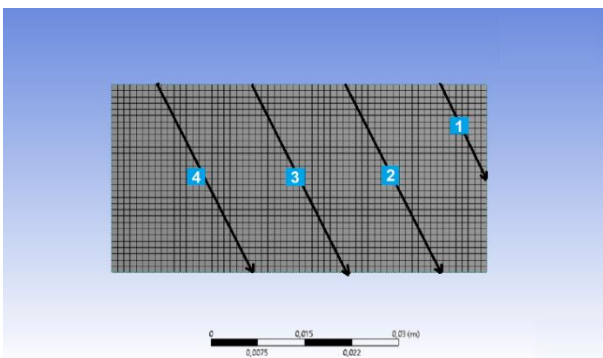
$$q_f(x, y, z) = \frac{6\sqrt{3}(f_f Q)}{ab_f c \pi \sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{3x^2}{a^2} - \frac{3y^2}{b_f^2} - \frac{3z^2}{c^2}\right) \quad (1)$$

$$q_r(x, y, z) = \frac{6\sqrt{3}(f_r Q)}{ab_r c \pi \sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{3x^2}{a^2} - \frac{3y^2}{b_r^2} - \frac{3z^2}{c^2}\right) \quad (2)$$

Here q_f is the front of the heat source and q_r is the back. Convective heat transfer and radiation emission coefficient were used respectively as follows: 10 W/m²/K and 0.8. The ambient temperature is assumed to be 22 °C. Four corners of the sheets were held fixed. ANSYS time-dependent analysis was performed to obtain deformations and stresses. Temperature-dependent material properties are coded in the command section of ANSYS. The element type is SOLID 226 and the elements are geometrically hexahedral. The 2 mm thick plates have cell dimensions of 1x1x1 mm. Large deformations are taken into account.



2a.



2b.

Figure 2. Angular welding patterns, a. 26 degrees patterns, b. 63 degrees patterns.

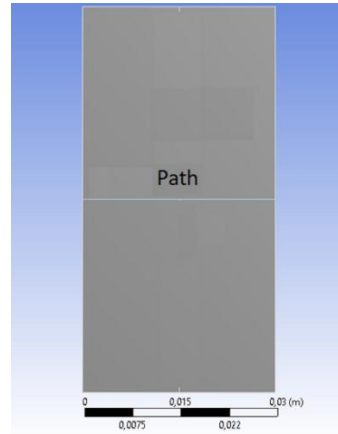


Figure 3. Path

The total strain can be given by the following equation:

$$\varepsilon_{total} = \varepsilon_{elastic} + \varepsilon_{plastic} + \varepsilon_{thermal} \quad (3)$$

2.2. Validation

To validate the FEM model, a plate was modeled in ANSYS and the welding process was simulated. The measurements of the plate are 300 × 150 × 4 mm and are the same as experiment 1 in the study of Chen et al.(Chen et al., 2014). When the temperature distribution is compared with the test results under the same conditions (see Table 1) in the article; the highest temperatures of the number 1 thermocouple and its corresponding model in the experiment were found to be 450 and 444 °C, respectively, the highest temperatures of the number two thermocouple and the model are 248 and 238 °C, finally, both the third thermocouple and the model highest temperatures are 165 C. As can be seen from these values, the highest error is 4%. The verification of the structural part was also done according to the same experiment. While the maximum deformation of the butt-welded plate is 4.5 mm in the test, it is 3.5 mm in the 4 mm plate model. This makes a 22 percent error. According to the same test, the longitudinal stress along the weld centerline is 328 MPa. The current model estimates the longitudinal stress at 312 MPa. The error percentage is 4.8. Considering the values here, it is evaluated that the current simulation can be used to guess the temperature distribution, deformations, residual stresses.

3. Results and Discussion

The longitudinal weld seams in hardfacing were investigated by Savaş (Savaş, 2021a, 2021b). The results of these studies showed that straight patterns and preheating can cause better results in the sense of distortions. GTAW process was also investigated by Savaş (Savaş, 2020). His findings show that diverging welding seams can cause better results in the sense of deformations and residual stresses. The angular welding patterns in hardfacing application was studied by this present work. 26 and 63 degrees' angles were chosen to be analyzed. The long side of the hardfaced plate makes these angles with the weld seams. Their effects on the deformation field and temperature field were investigated by Figures 4 and 5. In Figure 4a approximately 3 mm maximum deformation was observed. That much distortion in a 2 mm thick plate is very crucial. The distortion takes place on the

right-hand side of the plate. In Figure 4b the maximum distortion can be calculated as 2.2 mm. Figure 5a shows that the maximum temperature is 2630 C. In Figure 5b the maximum temperature goes down to 2450 C. This can be explained by the fact that the long seams cause more conduction and less convection rather than the short seams. The decrease of distortion from 4a. to 4b. can also be explained by the same reason.

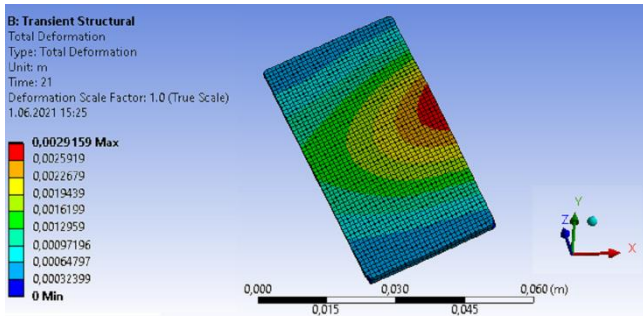


Figure 4a. Total deformation at the 21st second (26 degrees' weld seam).

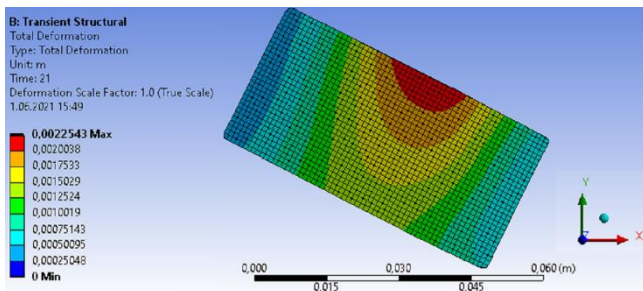


Figure 4b. Total deformation at the 21st second (63 degrees' weld seam).

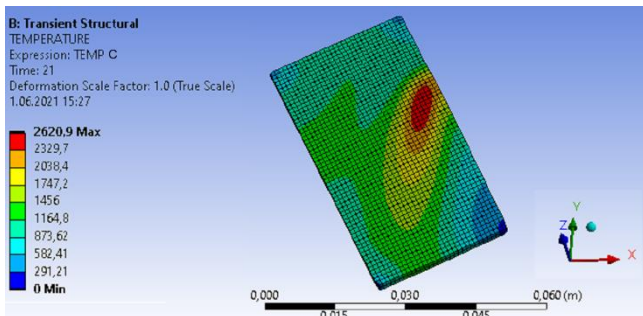


Figure 5a. Temperature distribution at the 21st second (26 degrees' weld seam).

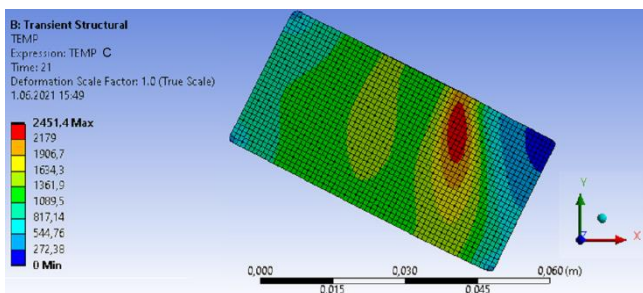


Figure 5b. Temperature distribution at the 21st second (63 degrees' weld seam).

Figure 6 shows the x-direction and y-direction stresses along the path defined in Figure 3. The solid lines depict the situation just after the welding process (after 21 seconds), whereas the dashed lines show the stresses after 60 seconds of cooling time.

Maximum tensile stress occurs after cooling in the x-direction while welding in the weld seam which is making 63 degrees with the y-axis. Y-axis stress after cooling with the 26 degrees weld seam follows the highest tensile stress. The highest compressive stress was calculated after the cooling period in again y-axis and 26 degrees weld angle. The second highest compressive stress was obtained in the y-axis and 63 degrees angle. Just after the welding without waiting for the cooling time the y-axis stress with 26 degrees is the highest in both tensile and compressive senses.

Lazic et al. (2015, 2016) have studied the influence of plate thickness on the residual stresses and deformations. They concluded that thick plates can be affected less likely by the hardfacing process. They also stated that heat treatment can significantly reduce the residual stresses.

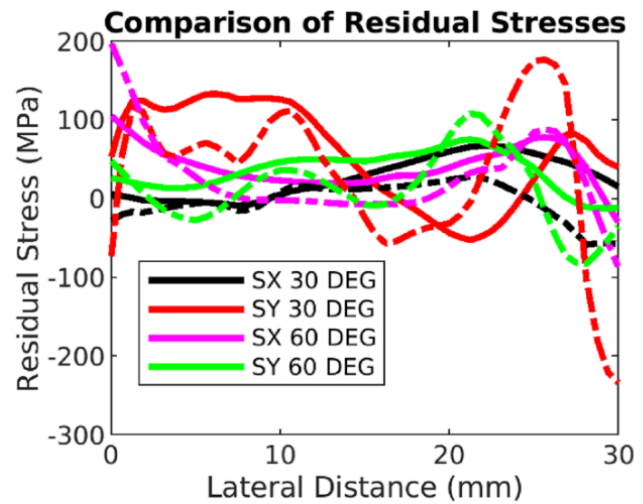


Figure 6. Comparison of residual stresses.

4. Conclusions and Recommendations

The welding simulation for the angular hardfacing of mild steel was performed. The structural and thermal parts were solved simultaneously. The experiments from the literature were utilized in order to validate the welding simulation. The predicted temperatures, deformations, and residual stresses show that this model can be utilized to analyze the angular hardfacing of mild steel. The results of the model show that long welding seams can cause high temperatures, high distortions. The welding seam which is making 26 degrees with the long edge of the plate has longer distances of weld passes. Therefore, for this model, the temperatures and deformations are bigger than the other model. After cooling, it is observed that the residual stresses are getting higher. In order to minimize these stresses a kind of tempering process is needed.

References

- Arora, H., Singh, R., & Brar, G. S. (2019). Prediction of temperature distribution and displacement of carbon steel plates by FEM. *Materials Today: Proceedings*, 18, 3380–3386. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.264>

- Chen, B. Q., Hashemzadeh, M., & Guedes Soares, C. (2014). Numerical and experimental studies on temperature and distortion patterns in butt-welded plates. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 72(5–8), 1121–1131. <https://doi.org/10.1007/s00170-014-5740-8>
- Ghosh, A., & Chattopadhyaya, S. (2010). Conical Gaussian Heat Distribution For Submerged Arc Welding Process. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 1(1), 109–123. <http://www.iaeme.com/ijmet.html>
- Goldak, J., Chakravarti, A., & Bibby, M. (1984). A New Finite Element Model for Welding Heat Sources. *Metall. Trans. B*, 15 B, 299. <https://doi.org/10.1080/21681805.2017.1363816>
- Günay, D., Elmas, M., Aydemir, A., Çağlar, N., & Özer, H. (1997). Stress Analysis in the Transverse Fillet Weld Joints. *Pamukkale University Engineering College Journal of Engineering*, 3(2), 323–330.
- Hashemzadeh, M., Chen, B.-Q., & Soares, C. (2014). Comparison between different heat sources types in thin-plate welding simulation. *Developments in Maritime Transportation and Exploitation of Sea Resources - Proceedings of IMAM 2013, 15th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean*, 1, 1136.
- Kaptanoğlu, M., Odabaşı, A., & Aydoğmuş, Z. (2016). Prediction of Optimal Process Parameters in Hardfacings Obtained by Using Submerged Arc Welding Technique. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 1(1), 25–35.
- Lazic, V., Arsić, D., Nikolić, R., Aleksandrović, S., Djordjević, M., Hadzima, B., & Bujnak, J. (2015). Experimental determination of deformations of the hard faced samples made of steel for operating at elevated temperatures. *Procedia Engineering*, 111, 495–501. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.122>
- Lazić, V., Arsić, D., Nikolić, R. R., & Hadzima, B. (2016). Experimental Determination of Residual Stresses in the Hard-faced Layers after Hard-facing and Tempering of Hot Work Steels. *Procedia Engineering*, 153, 392–399. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.139>
- Savaş, A. (2020). Analysis of the residual stresses and deformations during the autogenous GTAW process. *World Journal of Engineering*, 18(2), 361–370. <https://doi.org/10.1108/WJE-09-2020-0418>
- Savaş, A. (2021a). Investigating the thermal and structural responses in hard-facing application with the GTAW process. *Journal Of Theoretical and Applied Mechanics*, 59(3), 343–353.
- Savaş, A. (2021b). Selection of welding conditions for minimizing the residual stresses and deformations during hard-facing of mild steel. *Brodogradnja*, 72(1), 1–18. <https://doi.org/10.21278/brod72101>
- Varma Prasad, V. M., Joy Varghese, V. M., Suresh, M. R., & Siva Kumar, D. (2016). 3D Simulation of Residual Stress Developed During TIG Welding of Stainless Steel Pipes. *Procedia Technology*, 24, 364–371. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.05.049>
- Xavier, C. R., Junior, H. G. D., & De Castro, J. A. (2015). An experimental and numerical approach for the welding effects on the duplex stainless steel microstructure. *Materials Research*, 18(3), 489–502. <https://doi.org/10.1590/1516-1439.302014>
- Zargar, S. H., Farahani, M., & Givi, M. K. B. (2016). Numerical and experimental investigation on the effects of submerged arc welding sequence on the residual distortion of the fillet welded plates. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 230(4), 654–661. <https://doi.org/10.1177/0954405414560038>
- Zubairuddin, M., Albert, S. K., Vasudevan, M., Mahadevan, S., Chaudhari, V., & Suri, V. K. (2017). Numerical simulation of multi-pass GTA welding of grade 91 steel. *Journal of Manufacturing Processes*, 27, 87–97. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2017.04.031>



The of V-Belts which is Used for Drive of Casting Pulleys Experimental Investigation of Automatic Cooling

Mesut Köse¹, Zülküf Balalan¹, Ömer Ekinci¹

¹ Bingol University, Faculty of Engineering Architecture, Department of Mechanical Engineering, Bingol, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9167-6943),
mh.mesut_kose@hotmail.com

^{1*} Bingol University, Faculty of Engineering Architecture, Department of Mechanical Engineering, Bingol, Turkey, (ORCID 0000-0001-5808-6263),
zbalalan@bingol.edu.tr

¹ Bingol University, Faculty of Engineering Architecture, Department of Mechanical Engineering, Bingol, Turkey, (ORCID: 0000-0002-0179-6456),
okinci@bingol.edu.tr

(First received 2 August 2021 and in final form 31 January 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.977740)

ATIF/REFERENCE: Köse, M., Balalan, Z. & Ekinci, Ö. (2022). The of V-Belts which is Used for Drive of Casting Pulleys Experimental Investigation of Automatic Cooling. *European Journal of Science and Technology*, (33), 323-330.

Abstract

As it is known, V-belts, which are an important element of the automotive industry, are used as a insurance in the protection of the machine as well as in reducing the speed. It is not possible to provide this insurance situation with gear or (chain) gears, which are also used in reduction of speed. Therefore, it has an important place in the automotive industry. In this study, cast pulleys were designed and manufactured, 8-16-32 straight and curved vanes were attached to the pulleys, and the effect of V-belts and pulleys on cooling was investigated. It was investigated how these vane types and numbers will affect the temperature compared to the normal pulley when the determined total number of revolutions (4000-8000-16000-32000-64000 revolution) is reached. Belt and pulley temperatures were measured with an infrared laser thermometer. In the study, it was seen that the type and number of vanes that gave the best results compared to the normal pulley were 32 forward vane pulleys. It was analyzed using SPSS T-Test analysis program. Looking at the analysis results, it was seen that the standard deviation amounts were at an acceptable value. SPSS correlation coefficient test analysis showed that 32 forward vane pulleys decreased the temperature the most compared to the normal pulley. We think that the results obtained as a result of these studies will be an important contribution to the automotive industry and machines using V-belts.

Keywords: V-Belt pulley mechanism, automatic cooling of v-belts, straight vanes, forward vanes

Döküm Kasnakların Tahrikinde Kullanılan V-Kayışlarının Otomatik Soğutulmasının Deneysel Olarak Araştırılması

Öz

Bilindiği gibi otomotiv sanayisinin önemli bir elemanı olan V-kayışları, devir düşürmede kullanıldığı gibi, makinenin korunmasında da bir sigorta görevi görmektedir. Bu sigorta durumunun, yine devir düşürmede kullanılan dişli veya (zincir) dişliler ile sağlanması mümkün değildir. Bu yüzden otomotiv sanayisinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu araştırma V-kayışların ömrünü etkileyen önemli faktörlerden biri olan sıcaklığı en aza indirmek için, kasnaklar üzerine 8-16-32 adetlerde düz ve eğik kanatlar yerleştirildi. Takılan bu kanat tiplerinin ve sayılarının, belirlenen toplam devir sayılarına (4000-8000-16000-32000-64000 devir) ulaşıldığında kanatsız kasnağa göre sıcaklığı nasıl etkileyeceği araştırıldı. Kayış ve kasnak sıcaklıkları infrared lazer termometre ile ölçüldü. Yapılan çalışmada kanatsız kasnağa göre en iyi sonuç veren kanat tipinin ve sayısının eğik 32 kanatlı kasnak olduğu görüldü. SPSS T-Test analiz programı kullanılarak incelendi. Analiz sonuçlarına bakıldığında standart sapma miktarlarının kabul edilebilir bir değerde oldukları görüldü. SPSS kolerasyon katsayı testi analizi 32 eğik kanatlı kasnağın sıcaklığı kanatsız kasnağa göre en fazla düşürdüğünü gösterdi. Bu çalışmaların sonucunda elde edilen sonuçların otomotiv sanayisi ve V-kayışların kullanıldığı makineler için önemli bir katkısı olacağını düşünmekteyiz.

Anahtar Kelimeler: V-Kayış kasnak mekanizması, v-kayışların otomatik soğutulması düz kanatlar, eğik kanatlar

1. Introduction

Belts are versatile and affordable machine elements that transmit power to the unit with multiple power requirements, but also act as shock absorbers, speed reducers and overload regulators. To keep the belt life high, it must be operated within certain stress limits and in environments and temperatures appropriate for the material life. There are different types of belts such as flat belts, V belts, round belts and gear V belts. V-belt mechanisms among themselves; classical V-belts, metric V-belts, narrow V-belts, fractional horsepower V-belts, joined V-belts. Factors affecting the efficiency of V-Belt pulley mechanisms are divided into two groups. The first group is the mechanical and constructional structure of the system, the second group is the effect of temperature, humidity and environmental conditions involving various particles. The V-belt is an important power train that transmits power through friction. During the working process, structure aging, surface hardening, brittle fracture, and other features occur on the V-belt and this significantly influences service life of the belt and stability of the entire machine because of increase in temperature. Hence, research in the temperature field of V-belt is of great importance to increase its service life Krawiec et al. (2020) and Wurm et al (2016). Firbank (1970) determined that tensile stresses in the belt are a powerful factor determining the behavior of the mechanism and in this event is in contrast to the traditional creep phenomenon based on belt elongation. Reynolds (1874) showed that torque transmissions between pulleys cause loss of speed due to elastic slippage of the belt. Gerbert (1975) stated in his studies that for a certain pre-stress in the slip curves corresponding to the power he obtained experimentally, the slip at low power values increased in direct proportion to the transmitted power. Oliver et al. (1976) worked on a new life expectancy for belt-pulley mechanisms in their study and developed a formula for the effect of belt tension scale on fatigue in V-belts. Dolan et al. (1985) achieved the highest tension ratio by increasing the angle between the rotating and rotated pulley in their work. In their studies, they explained that the mechanism should be at the proper tension in order to achieve the highest efficiency in the belt and pulley mechanisms. Peeken et al. (1989) conducted a study on the working conditions and power losses in statically loaded belt-pulley mechanisms in their work and examined the heat factor superficially in these studies. Cengiz and Uçar (2004) stated that temperature and humidity in V-Belt mechanisms have some disadvantages besides the great advantages of V-belt pulley mechanisms. The first is that the belt is exposed to slipping on the pulley. According to the research conducted by Maamuri (2003); Exposure of the belt to high temperatures and rays causes deformations in the belt structure, leading to early wear in the belt's service life.

2. Material and Method

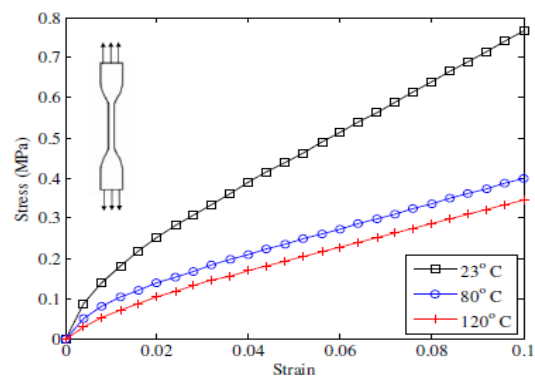
In order to test the cooling of cast pulleys and belts with straight and forward vanes, first the project was prepared and then the experiment environment was prepared for this project. The cast pulleys were produced on a lathe machine. The vanes were obtained from 0.5 mm galvanized sheet. The electric motor was choosed 220 volts. The electrical power of the motor is 0.25 kW, its power coefficient $\cos\phi$ is 0.72, it draws 1.73 torque and 0.81 amperes of current. The speed of the motor shaft is 1380 rpm.

Here, a rotation measuring device, ENDA SİSEL A.Ş. ECH 4400 brand counter was placed and controlled at 15 Hz frequency with Siemens Sinamics V20 0.25 kw speed control device. 17x1400TS148 standard V-belt (continental) was used. A weight of 25 kg was applied for the strain strength. In addition, the duration of each experiment was followed. In the experiment set, cast pulleys with straight and forward vanes placed in their centers were prepared and the experiment was carried out. Experiment; It was made at 4000, 8000, 16000, 32000 and 64000 revolutions, with 8-16-32 straight and forward vanes and normal pulleys, the conditions in different parameters were measured. Since a fixed point on the upper surface of the v-belt and the inner surface of the v groove in the pulley will increase the margin of error, it was measured from several different regions giving the high temperature. Temperature measurements were obtained with an infrared laser thermometer. The experiments were repeated three times. Test average temperatures were taken. The experimental results were compared. It was analyzed in the SPSS program. The most efficient vane type and number were determined in the results.

3. Results and Discussion

Song et al. (2005) performed the thermal–mechanical finite element analysis of a two pulley V ribbed belt drive system. The analysis took into account the thermal degradations and thermal expansions of belt rubber compounds. The temperature effects on stresses, strains, and belt-pulley contact slip rates were studied in detail. The temperature effects on stresses, strains, and belt-pulley contact slip rates were studied in detail. Legorju-jago and Bathias (2002) studied fatigue crack growth and damage mechanisms in natural and synthetic rubbers under varying thermal and environmental conditions.

Sundaraman et al. (2009) investigated the effect of temperature on fatigue life of V-ribbed serpentine belts. The fatigue life estimates obtained from the analysis show that the life of the belt is significantly affected while operating at elevated temperatures. Figure 1 shows the graphs of variation of stresses with respect to temperature.



Temperature dependent stress-strain data - uniaxial extension.

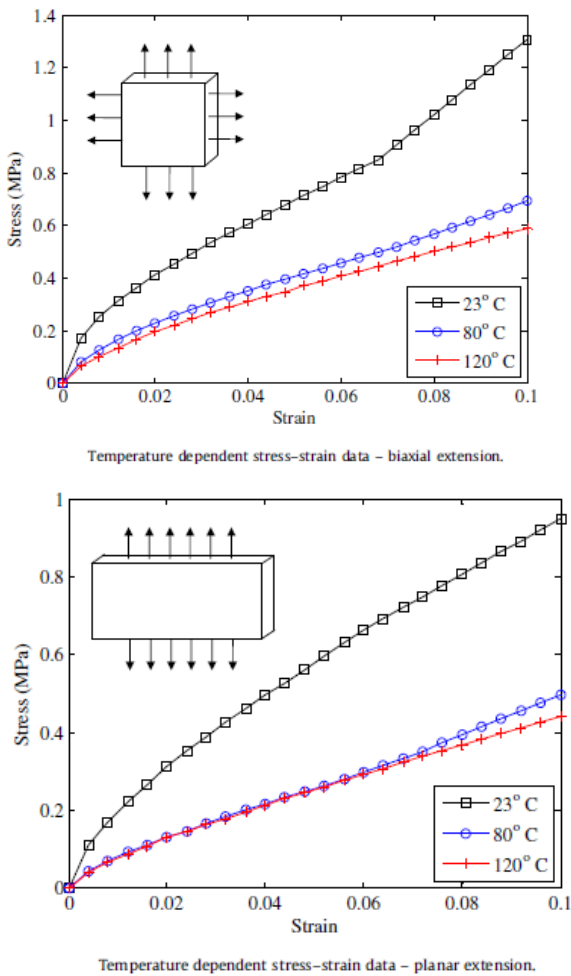


Figure 1. Effect of temperature on stress-strain (Sundaraman et al. 2009)

It has been shown by Uçar and Cengiz (2004) that temperature and relative humidity have an effect on slipping. However, it turned out that temperature is more effective than relative humidity. Uçar and Cengiz (2004) showed that shear stress increases with increasing temperature.

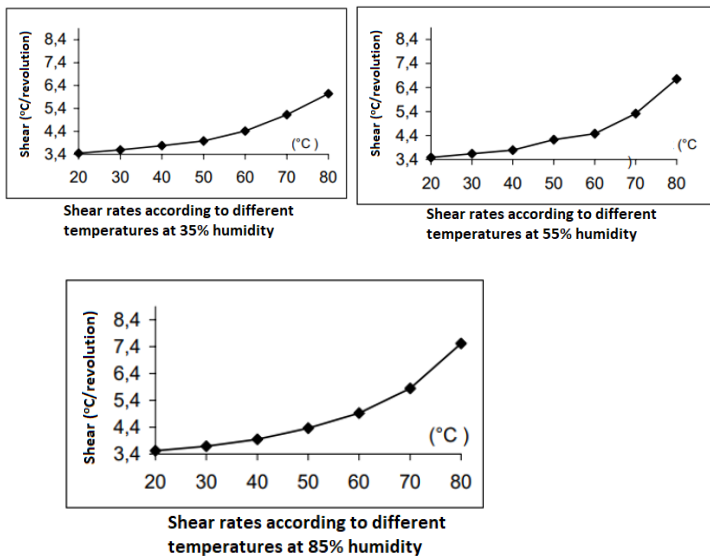


Figure 2. Effect of humidity and temperature parameters on shear (Uçar and Cengiz 2004)

As can be seen in Table 2, temperature and moisture have a greater effect on shear after 40 °C. Stress, on the other hand, is more effective up to 80 °C and less effective between 80 °C and 120 °C.

Cengiz and Uçar (2007) studied the effects of temperature and humidity parameters on the efficiency of V-belt pulley mechanisms. It was observed that the increase in temperature and humidity caused the friction coefficient to decrease and thus the slip to increase. The amount of slip increases considerably in high humidity conditions and environmental conditions between 60°C and 80°C.

Results of experiments;

Looking at the test results (Figure 8), the temperature difference of 32 straight vane pulleys at the end of 4000 revolutions is 0.86 °C, after 8000 revolutions 1.44 °C, after 16000 revolutions 2.23°C and after 32000 revolutions 2.5 °C, after 64000 revolutions a decrease of 2.97 °C was obtained. According to these results, it was seen that the V-belt decreased the temperature by 10.39% in 32 straight vane pulleys.

Looking at the test results (Figure 9), the temperature difference of 32 forward vane pulleys at the end of 4000 revolutions is 0.96 °C, after 8000 revolutions 1.54 °C, after 16000 revolutions 2 °C and after 32000 revolutions 2.8 °C, after 64000 revolutions a decrease of 3.34 °C was obtained. According to these results, it was seen that the V-belt temperature was reduced by 11.67% in 32 forward vane pulleys. It has been observed that V-belt temperature gives 1.28% better result than straight vane pulley.

When the test results are examined (Figure 8), in straight vanes type pulley temperatures, at the end of 4000 revolutions is 0.84 °C, after 8000 revolutions 1.17 °C, after 16000 revolutions 2.24 °C and after 32000 revolutions 3.27 °C, after 64000 revolutions a decrease of 2.93 °C was obtained. According to these results, it was seen that after 64000 revolutions, it reduced the temperature by 10.93% in 32 straight vane pulley.

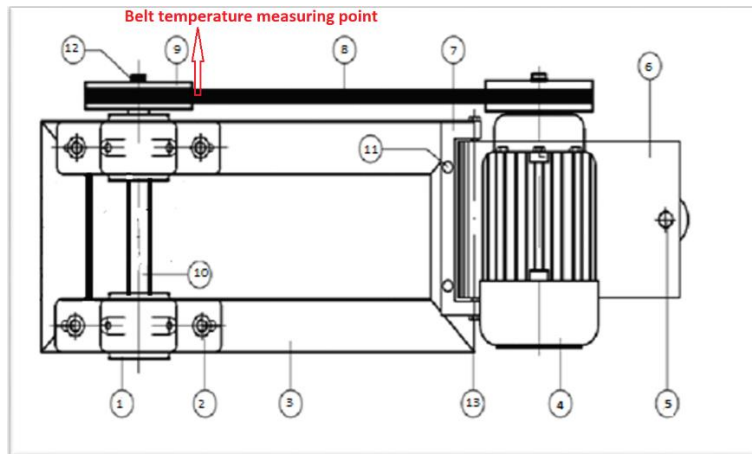
When the test results are examined (Figure 9.), in forward vanes type pulley temperatures, at the end of 4000 revolutions is 0.77 °C, after 8000 revolutions 1.47 °C, after 16000 revolutions 2.87 °C and after 32000 revolutions 3.6 oC, after 64000 revolutions a decrease of 4.43 oC was obtained. According to these results, it was seen that after 64000 revolutions, it reduced the temperature by 16.52 % in 32 forward vane pulley.

When the results of the experiments were examined (Table 1), it was seen that straight vane (32 vane pulley) pulleys cooled the V-belts 10.39% better than the normal pulley, and the forward vane (32 vane) pulleys cooled the V-belts 11.67% better than the normal pulley. Considering the measured pulley temperatures, it was seen that straight vane (32 vanes) pulleys cooled the pulley 10.93% better than the normal pulley, forward vane (32 vanes) pulley cooled the pulley 16.52% better than the normal pulley.

SPSS Analysis of correlation coefficient;

The temperature changes in the belt according to the number of revolutions in the SPSS program are shown in the Table 2 with the correlation coefficient analysis. Looking at the result table, it is seen that there are 32 bent-winged pulleys with the least associated pulley type with the bladeless pulley. With a correlation coefficient of 0.801, it was determined that the wing type that reduced the temperature the most was 32 curved wing pulleys. 32 flat bladed pulleys followed with 0.853. It is seen that the wing type that is the most related, that is, there is not much

difference between their temperatures and reduces the temperature the least, is 8 straight and curved winged pulleys with a correlation coefficient of 0.942.



- | | | |
|-------------------|---------------|-------------------|
| 1) Ball bearing | 5) Weight kit | 9) V-Pulley |
| 2) Bolt and nut | 6) Motor pad | 10) Shaft |
| 3) Pad | 7) Bearing | 11) Bolt M8x 1,25 |
| 4) Elektric motor | 8) V-Belt | 12) Piston ring |

Figure 3. Experiment setup

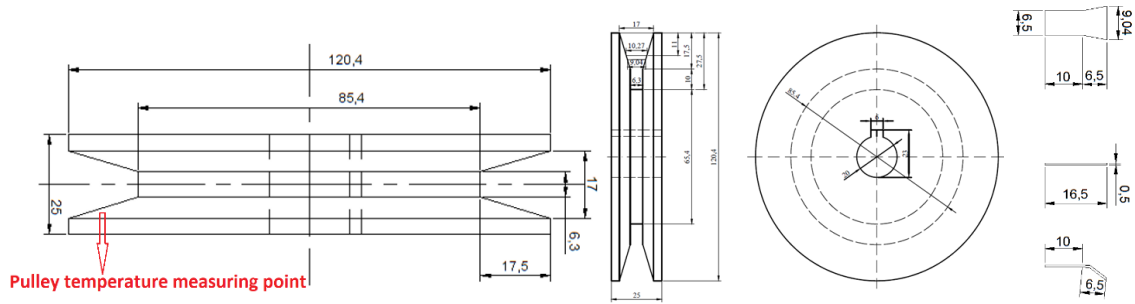


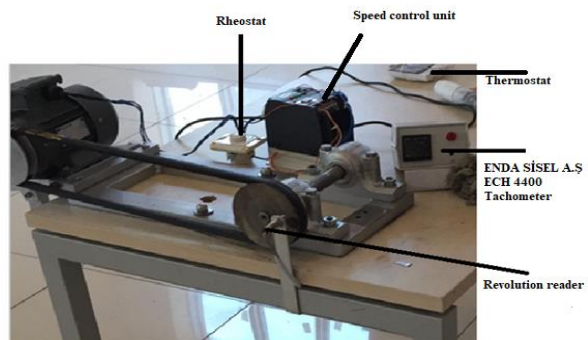
Figure 4. Pulley and vanes dimensions



a)

b)

c)



d) e)
Figure 5. a) Forward vane pulley, b) Normal pulley, c) Straight vane pulley, d) Experiment setup, e) Stretch weight system



Figure 6. V-Belt temperature at straight vanes pulley

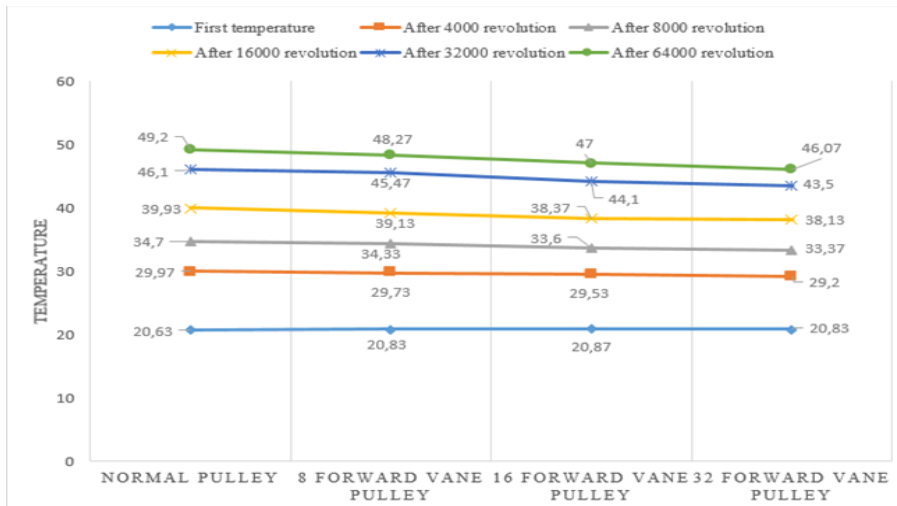


Figure 7. V-Belt temperature at forward vanes pulley

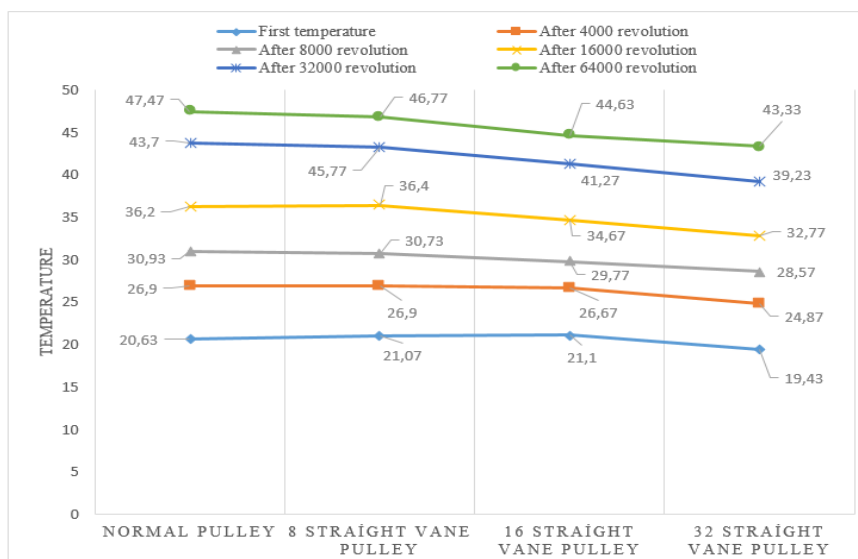


Figure 8. Pulleys temperature at straight vanes

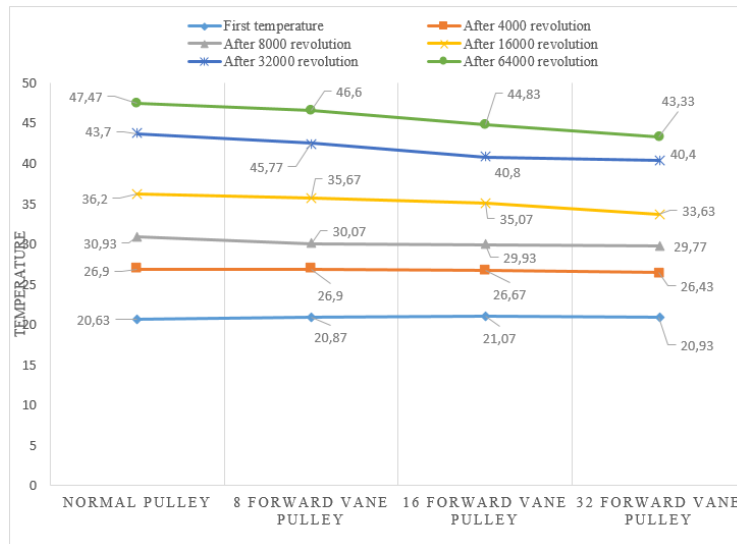


Figure 9. Pulleys temperature at forward vanes

Table 1. Cooling percentages of straight and forward vane pulleys

Total Number of Revolutions	Straight vane numbers			Forward vane numbers			
		8	16	32	8	16	32
After 4000 Revolutions	Belt	% 3.57	% 7.86	% 9.29	% 4.64	% 7.14	% 10.36
	Pulley	% 6.92	% 11.17	% 13.30	% 3.72	% 10.64	% 12.23
After 8000 Revolutions	Belt	% 2.13	% 8.29	% 10.19	% 4.02	% 9.48	% 10.9
	Pulley	% 6.15	% 15.86	% 11.33	% 10.68	% 13.92	% 14.24
After 16000 Revolutions	Belt	% 3.45	% 7.77	% 11.57	% 5.18	% 9.33	% 10.36
	Pulley	% 1.5	% 12.85	% 14.35	% 4.93	% 10.06	% 18.42
After 32000 Revolutions	Belt	% 2.75	% 6.15	% 9.82	% 3.27	% 8.77	% 10.99
	Pulley	% 3.61	% 12.57	% 14.16	% 6.21	% 14.45	% 15.61
After 64000 Revolutions	Belt	% 3.97	% 7.35	% 10.39	% 3.97	% 8.52	% 11.67
	Pulley	% 4.22	% 12.30	% 10.93	% 4.10	% 11.43	% 16.52

Table 2. The correlation test of belt temperatures

Correlations

Control Variables			8 Straight vane pulley	8 Forward vane pulley	16 Straight vane pulley	16 Forward vane pulley	32 Straight vane pulley	32 Forward vane pulley	Normal Pulley
Number of Revolutions	8 Straight vane pulley	Correlation	1.000	1.000	0.947	0.971	0.955	0.804	0.942
		Significance (2-tailed)	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		df	0	15	15	15	15	15	15
	8 Forward vane pulley	Correlation	1.000	1.000	0.947	0.971	0.955	0.804	0.942
		Significance (2-tailed)	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		df	15	0	15	15	15	15	15
	Correlation		0.947	0.947	1.000	0.985	0.906	0.840	0.856

16 Straight vane pulley	Significance (2-tailed)	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000
	df	15	15	0	15	15	15	15
16 Forward vane pulley	Correlation	0.971	0.971	0.985	1.000	0.922	0.856	0.896
	Significance (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.000
32 Straight vane pulley	Correlation	0.955	0.955	0.906	0.922	1.000	0.650	0.853
	Significance (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	-	0.005	0.000
32 Forward vane pulley	Correlation	0.804	0.804	0.840	0.856	0.650	1.000	0.801
	Significance (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	-	0.000
Normal pulley	Correlation	0.942	0.942	0.856	0.896	0.853	0.801	1.000
	Significance (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-
	df	15	15	15	15	15	15	0

SPSS T-Test analysis;

V-belt temperatures were compared with SPSS T-Test analysis (95% confidence). It was seen that the standard deviation values were in acceptable values. Sig 2-tailed values were used to decide whether the obtained results were meaningful results. The values taken as equal variances gave the following result;

When the results of 4000-8000 revolutions are compared, a significant temperature drop started to occur. The highest value was seen with 0.003 at 32 straight vane pulleys. Values are close to each other and meaningful since it is not higher than the confidence interval. Cooling amounts are not of high value.

When the results of 8000-16000 revolutions were compared, a significant temperature drop occurred. The highest value was seen with 0.014 at 32 forward vane pulley. It has moved slightly from the confidence interval.

When the 16000-32000 revolutions results were compared, a significant temperature drop occurred. Sig 2-tailed values were checked. The highest value was seen with 0.006 at 32 forward vane pulleys. It is a meaningful result, as a value close to the confidence interval is seen.

When the 32000 and 64000 revolutions results were compared, it was seen that the highest value was 0.007. Considering the results completely, it is seen that the temperature difference values gradually decrease as the number of vanes increases. In addition, we can say that forward vanes types cool better with a little difference compared to straight vane types.

4. Conclusions and Recommendations

In this research, the V-belts; It has been observed that the temperature of the cast material can be automatically reduced in flat and inclined blade pulleys. The highest efficiency occurred at forward wings. As the vanes used dissipate the heat especially in the pulleys, the belt temperature also decreased. Shear stress also decreases due to the decrease in temperature. Belt life is also extended as temperature affects belt life. Also, Sundararaman et al. (2009) and Uçar and Cengiz (2004) claim the effect of temperature on stress and shear. In our experiment, the belt

temperature of 50 degrees was reduced by about 4 degrees. Efficiency will increase if higher revs are reached and blades are attached to the drive pulley. Even if the efficiency is given a similar percentage value, it will reduce the belt temperature by approximately 8.5 degrees. this degree will provide a significant increase in tensile strength and a decrease in shear. This will make a significant contribution to belt life.

Suggestions;

1. Experiments should be made by attaching fins to the drive pulley. It will greatly increase the yield.
2. It is recommended to repeat the experiments at higher rpm (128000-256000-512000 etc.) by changing and improving the wing profiles.
3. The temperature change should be observed by placing a load on the experimental set.

5. Acknowledge

The Author report no conflict of interest relevant to this article. The author declares that this study complies with research and publication ethics.

References

- Firbank, T.C. (1970). Mechanics of the belt drive. Int. J. Mech. Sci. Pergaman Press. 12, Printed in Great Britain, 1053-63.
- Reynolds, O. (1874). On the efficiency of belts or straps as communicators of work, Engineering 38 396.
- Gerbert, G. (1981). Some Notes on V-Belt Drives. Transactions of the ASME, Journal of Mechanical Design, Cilt 103, Sayı 1, 8-18.
- Oliver, L., Johnson, C., Breig, W. (1976). V-Belt Life Prediction and Power Rating. Journal of Engineering for Industry, Trans Asme, 340-347.
- Dolan, J.P., Worley, W.S. (1976). Closed Form Approximations to the Solution of V-Belt Force and Slip Equations. Journal Mechanism, Transmissions and Automation in Design.

- Alciator, D.G., Traver A.E. (1989). Multipulley Belt Drive Mechanics Creep Theory and Shear. Proceedings of the International Power Transmission and Gearing Conference, Institute of Technology, Chicago. 65-70.
- Peeken, H., Fischer, F. (1989). Experimental Investigation of Power Loss and Operating Conditions of Statically Loaded Belt Drives. Proceedings of 1989 Int. PTG Conf.: New Technology Power Transmission, 90's, ASME, 15-24.
- Uçar, M., Cengiz, A. (2004). Experimental analysis of the effects of environmental conditions on the v-belt slip. Journal of Engineering Sciences. 10 (1) 137-144.
- Maamuri, (2003). Babylon University, Faculty of Engineering, Vol 8, No 3.
- Sundararaman, S., Hu, J., Chen, J., Chandrashekhara, K. (2009). Temperature dependent fatigue-failure analysis of V-ribbed serpentine belts. International Journal of Fatigue 31, 1262–1270.
- Song, G., Chandrashekhara, K., Breig, W.F., Klein, D.L., Oliver, L.R. (2005). Analysis of cordreinforced poly-rib serpentine drive with thermal effect. ASME J Mech Des;127:1198–206.
- Legorju-jago, K., Bathias, C. (2002). Fatigue initiation and propagation in natural and synthetic rubbers. Int J Fatigue 24:85–92.
- Uçar, M., Cengiz, A. (2004). Experimental Analysis Of The Effects Of Environmental Conditions On The V-Belt Slip Journal of Engineering Sciences. 10 (1) 137-144.
- Cengiz, A., Uçar, M. (2007). V-kayıslı mekanizmalarında sıcaklık ve nemin kaymaya etkisinin deneysel incelenmesi, J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. vol. 22, no. 2, pp.269-275.
- Krawiec, P. Różański, L., Czarnecka-Komorowska, D., and Warguła, Ł. “Evaluation of the thermal stability and surface characteristics of 13 ELEKTRONIKA IR ELEKTROTECHNIKA, ISSN 1392-1215, VOL. 27, NO. 3, 2021 thermoplastic polyurethane V-belt”, Materials, vol. 13, no. 7, p. 1502, 2020. DOI: 10.3390/ma13071502.
- Wurm, J., Fitl, M., Gumpesberger, M., Väisänen, E. and Hochenauer, C. “Advanced heat transfer analysis of continuously variable transmissions (CVT)”, Applied Thermal Engineering, vol. 114, pp. 545–553, 2017. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2016.12.007.



Space Explorations and Asteroid Mining

Levent Özmen^{1*}

^{1*} MEF Üni GSSS. International Security and Strategic Studies İstanbul, Türkiye, (ORCID:7180 3861), ozmenl@mef.edu.tr

(First received 23 September 2021 and in final form 31 January 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.999536)

ATIF/REFERENCE: Özmen, L. (2022). Space Explorations and Asteroid Mining, *European Journal of Science and Technology*, (33), 331-337.

Abstract

Space mining is the definition of complex activity work that involves searching for and extracting minerals, elements and water from asteroids and minor planets cruising very close to planet Earth.

In particular, the tendency of commercializing and financing some products used in space technology, which began in the 1980s, led to the start of extensive development projects in America, Japan and Europe. For this reason, space technology has turned into a way in which we work together, directly or indirectly, with its structure that also influenced our lives, its financial structure financed by the whole world, and the scientific cycle of technologies obtained from the working area.

Every work done for life in space, settlement, movement, mining, every development will create a serious change in our life on earth.

Keywords: Asteroid Mining, Space, Unclos, NEA, Psyche, ISS, Moon, Rare Earth Elements.

Uzay Keşifleri ve Asteroid Madenciliği

Öz

Uzay madenciliği, yerküreye yakın konumda seyreden asteroid ve küçük gezegenlerden maden, element ve su arama faaliyetini içeren komplike faaliyet ve çalışmaları tanımlamaktadır.

Özellikle, 1980'lerde başlayan, uzay teknolojisinde kullanılan bazı ürünlerin ticarileştirilerek finanse edilmesi politikası, Amerika, Japonya ve Avrupa'da geniş kapsamlı geliştirme projelerinin başlamasını sağlamıştır. Bu sebeple uzay teknolojisi günlük yaşamımıza etki eden yapısıyla, tüm dünyanın finanse ettiği mali yapısı ve çalışma alanından elde edilen teknolojilerin hayatımıza yer alan bilimsel döngüsüyle direk veya dolaylı olarak hep birlikte çaba sarf ettiğimiz bir yola dönüşmüştür.

Uzayda yaşam, yerleşim, hareket, madencilik için yapılan her çalışma, elde edilen her gelişme dünyadaki yaşamımızda ciddi değişiklik oluşturacaktır.

Anahtar Kelimeler: Asteroid Madenciliği, Uzay, NEA, Psyche, Ay, Nadir Toprak Elementleri.

1. Introduction

The asteroids which approach and glance off Earth, then reach its surface as small pieces have become regarded as great value for the future of the world.

Discovery of the asteroids and the Titius-Bode law which foresees that the planets are aligned according to a mathematical sequence, were generated by J. D. Titius as a formula in 1766 and by J. D. Bode in 1778 as they generated a logic which expresses the idea that the planets are not located in a coincidental manner in space. "Ceres" which was first thought to be a planet was discovered by Giuseppe Piazzi in 1801 at the distance foreseen by this formula. Today, it's still used for the discovery of other celestial bodies on similar orbits.

Even though the formula was not in use during the discovery of Uranus, it was utilized for the discovery of many small celestial bodies between the orbits of Jupiter and Mars; later on, discoveries continued as the formula included the celestial bodies that are located inner in Mars and outer in Jupiter's orbit. [1]

Some of the reserves of metals and minerals that are necessary for developing technological products are not enough for widely usage, or the metals and minerals require rather difficult processes for obtaining even small amounts. Some of the important resources of the earth are about to diminish soon due to known terrestrial resources and increased consumption. New and inspiring discoveries and high amounts of some of the elements in periodic table are needed for increased popularity and utility of already used technology; and making future discoveries with more complicated system technologies for industrial and technological development of humanity.

Asteroid mining that science fiction authors, space scientists and engineers hypothesize about possible advantages remained as a distant dream due to technical, financial and political difficulties. As the series of missions conducted on asteroids came together with the earth based observations and works, all of these gave rise to realization of that the asteroids contained high amounts of valuable resources. [2]

Appropriate experimental works and multidisciplinary approaches have turned this to one of the widely researched area ones. The term "Space Mining" started to develop as a matter of fact that could be carried out in medium term in the beginning of 90's. After the 'SPACE' Act that was approved by US congress in 2015 and the Act for establishing a space force was approved in 20th of December 2019, space mining officially became a subject of near future. [3].

2. Material and Method

2.1. Planning on Conducting the Asteroid Mining

Space mining includes the investigation of the data collected from the researches on Mars and Moon for the opportunities of permanent presence, habitat, travel and asteroid mining. Asteroid mining defines the research of those high-tech products that are meant to be applied on moon and asteroids which are in close proximity of the Earth, as well as the management of activities on or outside the asteroids pursuant to reaching targeted celestial bodies with spacecrafts carrying drilling machines. The purpose is to make use of the rare metals and the

water that has tremendous amount of importance for deep space explorations, with those materials drilled for on the earth or in space. Currently there is no company that is capable of conducting all these actions. However, leading US companies "Deep Space Industries", "Planetary Resources", "Moon Express" and "SpaceX", alongside a Japanese company "Ispace" are conducting tests and R&D activities for different stages of such operations in order to achieve competence. [4]

The primary goal of these companies is to conduct mining to the extent possible and carry out research on more than six thousand asteroids passing near by the Earth's orbit in the timeframe of 2030-2065, with maximum 6 years period spent per mission. [5]

Greatest difficulty of this type of mining entrepreneurship lies on the estimation of economic feasibility such as predicted costs related to such major scale operation and prediction of the market value of any obtained material, after the effect they generate on the market. The main costs and their effects are being calculated in order to shape technological developments. Predictions of this kind aim to estimate by relating the costs with physical, technical and expected performance parameters through mathematical correlations. Result of these predictions shapes the tendency of the R&D projects as well as resource and time spent on the targeted projects. [6]

Currently the cost of lifting off a mass of 1 kilogram to the level of low earth orbit is 60000 USD. Operations involving tons of masses are dangerous and contain high risks. The cost of fuel, which is 1 dollar in the world, is about 2-3 thousand dollars according to current estimates. [5], [7]

It would be more appropriate to understand the goals of space mining by examining the occurrence of the historical process that carried everything to this point and to this purpose.

2.2. Historical Background

It is known that Chinese made the first missiles and the works that required black powder to provide thrust force have a history of 2000 years. [8]

It is also known that Chinese used "flying burning arrows" made out of saltpeter, sulphur and wood coal powder against Mongols during Kai-Keng war in 1232; and Mongols took over Budapest by using the same technique against Magyar forces during Sejo war in 1241 after learning the technique in a short time.

In 1633 Lagari Hasan Çelebi has achieved to take off with the first human carrying rocket in İstanbul, Sarayburnu.

English artillery specialist colonel William Congreve would transform the rockets that Indians used in wars against them in years between 1792 and 1799 to the ones that British and Americans used in year 1812.

One of the most important progresses in this area started when a Russian teacher Konstantin Tsiolkovsky (1857-1935) proposed the idea of space exploration with rockets using liquid fuels together with basic calculations. With the works done for this purpose, American Robert H. Goddard succeeded to make a rocket that used liquid fuel, which could escalate 12 meters and travel for 55 meters in 3 minutes in the year 1926. [9], [10]

Effective narrative of the novel "Die Rakete zu den Planetenräumen", written by physicist Hermann Oberth in 1923,

would give rise to the beginning of many historical events. Adventure started by the members of 'Verein für Raumschiffahrt' society who were touched by the ideas in Oberth's novel and their collaboration gave rise to the gathering of the crew that started the modern-day technology. In 1937, German engineers and scientists including Oberth gathered in Peenemünde in Baltic seashore. Since therefore, production of the first V2 rockets that could go up to space and become the most effective weapon of WWII, got started. This crew was going to be the basic actors in exploration of space. US and Russian forces that broke into Berlin in WWII looked for production site and plans of these effective weapons as well as Werhner von Braun and his team who developed all of this. A US team was the first to reach the production line of V2s near a concentration camp. The project team who created V2 rockets would later divide and go to US and Russia after end of the WWII. [11], [12]

Russian space program, being conducted under the leadership of Sergey Korolyov a scientist who was exiled in 1938. The satellites launched by Soviet Union Sputnik I and Sputnik II that carried living animals to the space were the first successful launches that started the space race between two superpower countries.

From the moment the Sputnik satellite was successfully launched and orbited the Earth, the United States was considered by the whole world that it was vulnerable to a Russian attack. By sending Yuri Gagarin into space in 1961, the Russians broke new ground in human history.

The US launched the Explorer I satellite into space in January 1958, a few months after the first Sputnik. In 1969, the first manned space flight to the Moon with the Saturn V Rocket designed by Werhner von Braun, with the Apollo 11 mission, crossed a huge limit in the space race.

The Mir Space Station, which the Soviet Union sent into space in 1986, is referred as the first space station in real terms. It remained in orbit for 15 years and contained cosmonauts for 10 years. The International Space Station (ISS), made of multiple habitable space modules, has been orbited at approximately 400 km from Earth since November 2000, is a joint project of NASA (USA), Roscosmos (Russia), JAXA (Japan), ESA (Europe) and CSA (Canada). Ownership and use of the space station are determined by intergovernmental agreements and contracts.

China, which did not participate in the program while the ISS was in orbit, continued its own space station program. China launched the Lunar Exploration Program in 2004, named after CHANG, the 'Moon Goddess' in Chinese mythology. A new era has started when the Chang 5 spacecraft, conducted by geologist Quyang Ziyuan and designed by Hu Hao, landed on the dark surface of the Moon in 2020 and took a sample. When the spacecraft's capsule full of rocks and earth returned to Earth from the Moon, it set the stage for a new space race over the use of space resources in the coming decades. With these developments, it seems clear that there will be competition over the evaluation of resources on the moon that could advance deeper space exploration. [13] - [21].

2.3. Technical Background

The countries that are leaders in steel production and energy consumption have shown that they are the primary power in the world. [22]

Prior to the First Industrial Revolution, the Ottoman Empire was in the first place in steel production, and with its historical superiority, she was also in the first place in human labor force and energy production. With the industrial revolution, the British started to produce large amounts of steel with their mass steel production process and turned coal energy into labor force with steam locomotives, which far surpassed all countries based on the human labor force. With the industrial revolution, England became the leader in the world as a result of obtaining the labor and energy obtained by using slaves with machines and coal. Before the Second World War, Germany stepped in and took the leadership, yet the USA and Russia who won the victory against Germany in the WWII, became the top two countries of the World, in steel and energy production. In an effort to be in the race, the European Coal and Steel Community was established, which would ultimately become the European Union. As a result of the fact that China produces as much as the total steel production in the world, it has taken the leadership by far today. [23], [24], [25]

While economic and military struggles continue to have energy and iron ore mines in various parts of the world, research continues in many R&D centers for new materials and in many centers including CERN for energy production methods. The space domain also offers a totally new endless fields of research for minerals and energy research.

In addition to obtaining steel and energy production raw materials in order to seize power, asteroid mining will provide a scientific and technical way to have the power to gain a vital dimension that will push all current limits with the technology to be developed.

So what is this mining and what does it aim at?

2.4. Asteroid Types

We live on earth in the solar system located in the Milky Way galaxy, which is a small part of the universe. In this sense, possible resources from space are expected to be similar to the elements already present in our world. Possible resources from space have been a subject of research with the idea that they could be building blocks for interplanetary exploration and a solution to the limited supply of important natural resources that are accessible on Earth.

Objects orbiting the Sun in general are;

- 1-) Planets and moons.
- 2-) Comets, which are meteorites composed of pieces of water, ice and frozen gases and dust.
- 3-) Dwarf planets. (Large diameter asteroids, usually in the region between Mars and Jupiter)
- 4-) Asteroids with celestial bodies between Mars and Jupiter.
- 5-) They are grouped as trans-Neptune objects(TNO). [26]

The term asteroid is used for objects larger than meteorites, smaller than planets, and following slightly elliptical, stable

orbits in the Solar System, which consist of rock formations rather than ice.

Asteroids have been identified as the most interesting structures in terms of research among structures orbiting the Sun, due to their small masses compared to planets, their origin from outside the solar system, their structural diversity and their intense metallic minerals.

It is thought that there are around 60 million asteroids in our solar system, and about 600 thousand of them have been identified by human beings. We divide these studies into two groups. The first is the asteroid belt that orbits our earth, occasionally passing in close orbits. These asteroids, whose short names are called "NEA: Near Earth Objects" and their number is around twenty thousand, are prime candidates for mining operations. The second and largest is the main asteroid belt, which is located between Mars and Jupiter and is growing each year. The most known of this group, which is likely to contain richer metals and minerals, is the asteroid named "Psyche".

NEAs are studied in three groups: Asteroids that pass through the orbit of Mars, asteroids that orbit the Earth for more than a year, and asteroids that orbit the Earth for less than a year. [27] , [28]

Getting information about asteroids is done predominantly in three ways. The first is the studies on small meteorites which are often called "shooting stars" that fall on our world. The second is the analysis made by sending various signals using the remote sensing method with geophysical procedures, and the third is in the form of receiving information through spacecraft landing studies that closely examine the asteroid. Today, the work of sampling from asteroids has been proven by the successful flight missions of Hayabusa and Stardust projects.

In the light of research conducted in this field, , asteroids are grouped into 3 types. [29] , [30] , [31]

2.4.1 Types C (namely carbonaceous asteroids):

Type C, mostly at the extreme outer edge of the asteroid belt and asteroids are estimated to be more than 75 percent of the total. Platinum group metals are only found in this asteroid group. They contain clay silicate and H₂O, as well as high levels of phosphorus and organic carbon needed to produce fertilizers which may be needed for growing crops. The composition is thought to be similar to the Sun, hydrogen, helium and other volatiles. Type C asteroids inhabit the outer regions of the main belt. Albedo values It ranges from 0.03 to 0.09. The surface of such asteroids is almost as black as coal. (The capacity to reflect electromagnetic energy falling on a surface, that is, the reflective power of the surface, is called 'albedo'. Albedo refers to the measure of an object's reflectivity or intrinsic brightness. A white, perfectly reflective surface has an albedo of 1.0; The black, excellent absorbent surface has an albedo value of 0.0.) [32].

Type C asteroids are full of volatiles, which, though not especially valuable on earth, would be incredibly valuable to space ventures by providing them with water, hydrogen, and oxygen. [33]

2.4.2 Types S (Siliceous asteroids):

These are estimated to be 17 percent. Metallic iron mixed with iron, magnesium, nickel silicates are found on their mass and Platinum, Gold, Cobalt, Radium, Titanium, Molybden are also found in these types of asteroids. This group will help offset the rising cost of asteroid mining. Their composition possess metallic iron and magnesium silicates mixed with iron. S-type asteroids dominate the interior asteroid belt. Albedo values range from 0.1 to 0.22. [32]

2.4.3 Types M (Metallic asteroids):

The rest belongs to this group. M-type asteroids are situated in the middle zone of the main belt. They are moderately bright. Albedo values range from 0.1 to 0.18. Types M is represented in meteorite collections on Earth.

Originally discovered in 1852, 16 Psyche is the largest M-type asteroid. They contain metallic nickel and iron. They can contain up to 10 times the amount of precious metal ore found in an S-type asteroid. Sufficient analysis results have not been obtained yet for more information, yet it seems that the composition is dominated by metallic iron. The missions Hayabusa and Stardust have returned material samples to Earth on type m asteroids. [32]

2.5. What are Space Mining Goals?

What do we aim for Studies in Space?

We do our research on asteroids for three main purposes.

The first is to establish a colony in the world and space in the future with what will be obtained from water and valuable mining activities. The second is to place a spacecraft on the asteroid that has an orbit outside our solar system, so that research can be made into the depths of space and black holes, while moving with an asteroid orbit. Used to prevent possible hazards. Asteroids that pass close to our world pose a risk of impact, which pose a great risk to humankind. Studies are carried out to calculate the risks and take precautions. [34]

Availability of raw materials in space eliminate the cost of bringing materials into orbit, thus greatly reduce the overall cost of construction. Such facilities would provide the ability to build and move in space, much larger spacecrafts than those can be built on Earth.

While the technological advances in our world demand some elements more than those found in the world, it is estimated that ores such as iron, nickel and manganese, which we use in large quantities in industry, will soon become insufficient to meet our needs.

From such point of view of changing our direction to space, it seems extremely costly and difficult to transport fuel, water and building materials from Earth to space. There is a need to build a center to conduct research in space, to move from ,and to establish a colony in the future for logistics and production. For this, there is a space station that has been studied for a long time. While examining the morphology and chemistry of the regolith on the lunar and Martian surface from many aspects, how it can be evaluated as a building block is also examined. 3D printers are being developed to enable the production of these materials.

In the field of space exploration, although solar wind and geothermal sources are studied primarily as possible sources of energy, research on the helium 3 source also continues.

As an alternate source of energy, solar radiation is also an important driver of space weathering on airless bodies.

Over time, exposure to solar radiation changes the physical, chemical, and optical properties of exposed materials and can also deliver significant amounts of helium to the surfaces of these objects. This is one of the important research topics of space mining as a powerful energy resource.

The 'sine qua non' of the strategy of space mining and exploration is for water resources. Hydrogen and oxygen are critically important as the two most essential materials in space.

Water is the most critical component in the human life cycle, agricultural production, and fuel for spacecraft and equipment. It is possible to separate water into hydrogen and oxygen by taking solar energy for 24 hours in space, without the effect of the atmosphere, and to recombine them through fuel cells to obtain electricity. Technologies that support the water economy will play an important role in leading space development.

It is extremely costly to bring water from Earth to space. When defying gravity with machines, every gram of rocket fuel on board can count in the overall cost.

Rare Earth Elements and Platinum Group Metals, which are depleted in earth resources, are much needed in our world for the development of our technologies. Along with gold, iron, nickel, cobalt, silica, ruthenium, neodymium and similar elements, lanthanide group elements are also indispensable for developing new technologies. Nickel and iron content, which is almost in pure form in asteroids, is also an ideal raw material source for the ongoing steel industry and steel production in our world. [35], [36], [37]

We also aim to learn new information that will exceed the limits of obscurity, such as a new unknown element in the periodic table or new biodiversity that will show the properties of life in space, or more detailed information from black holes.

The use of the Moon and the space as a defense base for any natural or extra-terrestrial attack on the Earth is also included in these activities. [36]-[41]

3. Results and Discussion

We are at the very beginning of such a big operation. Our technical and operational capabilities put on one side, everything else from economical and social perspective is only in an unpredictable state of uncertainty.

3.1. Administrative Problems

Debates continue as to whether companies, countries, or the entire world doing research in the space domain have any value. Discussions in this field are carried out to bring resolution through the concepts of outer space, orbital space and deep space, from the perspective of international maritime law, through the "United Nations Convention on the Law of the Sea".

While companies want to be rewarded for their hard work in this area, the states that support and lead this demand regard their rights in this area. On the other hand, of any disease, attack
e-ISSN: 2148-2683

or asteroid presence coming from outer space will affect all people on earth and that they should be accepted as the common heritage of humanity, gains weight. This view maintains that all human beings have the right to contribute to the attainment of this level of knowledge and work done to bring humanity into space.

Air law began with the ratification of the full and exclusive sovereignty of a state over the upper airspace in the 1919 Paris Convention. Space law began to be discussed with the launch of Sputnik I in 1957 and Explorer in 1958.

'Agreement for the Rescue of Astronauts, Return of Astronauts and Return of Objects Launched into Space' in December 1968, (Registration Convention) was adopted by the United Nations General Assembly in 1976 and entered into force. Although the Governing Principles describing the Activities of States for the Use and Exploration of Outer Space, including the 'Moon and Other Celestial Bodies', which have been negotiated since 1967 and called the 'Outer Space Treaty', have been previously declared, the governing principles that determine the activities of states on the Moon and their rights in other celestial bodies (Moon The Agreement entered into force in 1984 at the United Nations General Assembly. According to this agreement, the exploration and use of outer space should be done for the benefit of all countries and will be under the common authority of all humanity.

In addition to these agreements, which are called 'Five Treaties', which have an important place in the field of space law, various declarations were also accepted in the United Nations General Assembly. [42] [43]

Although the principle of 'the peaceful use of outer space' in space law is widely accepted as 'jus cogens', it is clear that the states and the private companies they support, are on the scene of a 'domination war' in space. [42], [45]

While all humanity will be affected by diseases or attacks coming from space, it is argued that what kind of way to counter these attacks and that all humanity should share the benefits from space due to these risks. There is also uncertainty about how and to whom the precious metals and minerals to be obtained from space will be taxed when processed on earth or in space. Since the winner of the space race will be the center of gravity in the balance of power in the world, it is clear that the winner of this race will impose her own law. Questions of how the rights of humanity will be protected and how the countries carrying out research activities will finance these researches, will also affect the decisions yet to be made in future.

While all this is happening, there is no consensus on how and in what way the power center will be structured to ensure the protection of rights in space law.

3.2. Operational Problems

The operation of capturing, transporting, and processing raw materials from asteroids situated in space is only a paper-based mission architecture. The operation of making it ready for production by bringing it to the desired shape and level in the World, is also just a thought on paper.

Unfortunately, no mining techniques have been developed specifically for the zero/microgravity environment, yet.

The problem of mineral dust on the lunar surface, similar to a kind of silica dust, with production devices such as spacecrafts and 3D printers, is obvious problems in terms of human health.

Scientific studies are continuing on making robots with renewable organic or inorganic structure for production in space and the first settlement in space.

Studies on eliminating the biological and radiation risks of these structures have not yet been defined. The effects of such a high and precious metal production in terms of the world economy and the new market conditions are also uncertain predictions.

In addition, according to the data of the European Space Agency, waste, consisting of more than one hundred million pieces and approaching ten thousand tons, is circulating out of control in orbit at speeds approaching 30 thousand km per hour. [46]

4. Conclusions and Recommendations

Space mining has its historical origins in ancient blacksmiths who forged swords from meteorites.

We witness that the structures designed as dreams turn into steps in order to realize our dreams as our technical power progresses.

Robust technical and economic approaches to project planning and feasibility assessment are needed to evaluate space mining initiatives.

The development of asteroid mining will require the development of many technologies. On the other hand,

asteroid mining technologies improvements, could lead to more research and applications for know elements in the future.

From mineral extraction to processing to zero-gravity production, these technologies will fuel the leapfrog expansion of humanity across the Solar System, just as direct mining and agricultural opportunities have spurred human expansion worldwide.

The great technological advances provided to those countries by the technical progress their leadership in steel and energy ensured world domination and the efforts to went into space, are in the memory of our recent history. It is clear that the advances to be made in the field of space mining will technically and socially open a new era for our world and humanity.

From today's world, where the leading country in technology exerts its power over the world by controlling the production of knowledge, we will step into a world where the countries that will be successful in space technologies will also process the cultural codes and laws. New discoveries created for power will bring new legal systems and laws to be re-written and a whole new world where the truth of those who will write them will be added.

As human beings approach the limit of their dreams, they will also test the power they want to achieve in order to realize their wishes, with human values.

Our contact with space, travel and lifestyles will bring a new measure of time and lifestyle, with an inevitable transformation.

References

- [1] Aksoy Y. Bilim-Felsefe-Tıp ve Teknoloji Tarihinden Seçilmiş Konular. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul Türkiye 2013
- [2] Vergaaij M, McInnes CR, Ceriotti M. Economic Assessment of High-Thrust and Solar-Sail Propulsion for Near-Earth Asteroid Mining. *Advances in Space Research*, S0273-1177(20)30414-2 , 2020
- [3] U.S. Dept Of Defense. Trump Signs Law Establishing U.S. Space Force. <https://www.defense.gov/Explore/News/Article/Article/2046035/trump-signs-law-establishing-us-space-force/> (Accessed: 23.01.2021)
- [4] Asteroid Mining May Be a Reality by 2025. Mike Wall. <https://www.space.com/30213-asteroid-mining-planetary-resources-2025.html> (Accessed:08.03.2021)
- [5] Colvin TJ., Crane K., Lal B. Assessing the economics of asteroid-derived water for propellant, *Acta Astronautica*, S0094-5765(20)30312-X. 2020
- [6] Probst A., Nitzl C., Kraus F., Förstner R. Cost Estimation of an Asteroid Mining Mission using Partial Least Squares Structural Equation Modelling (PLS-SEM). *Journal Pre-proof*, AA7623, p.440-454, 2019
- [7] M. J. Sonter, "The Technical and Economic Feasibility of Mining the Near-Earth Asteroids," *Acta Astronaut.*, [SEP]vol. 41, pp. 637-647, USA 1997. [11]
- [8] Pellandini J. Les Fusees, B00B5A7L6A Presses Universitaires de France, s. 5.,Paris 1958
- [9] The Time. He launched the space age with a 10-ft. rocket in a New England cabbage field. <https://web.archive.org/web/20090524195212/http://www.time.com/time/time100/scientist/profile/goddard.html> (Accessed: 20.03.2021)
- [10] Uni.of Michigan, The past and Future of Rocket Engine Propulsion, <https://web.archive.org/web/20120730011727/http://fathom.com/course/21701743/session1.html> (Accessed: 08.09.2021)
- [11] History Information. The Initial Interrogations of the Nazi Rocket Team and the First Publication Outside of Nazi Germany of Rocketry Research at Peenemunde East. <https://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=3989> (Accessed: 12.03.2021)
- [12] Goinor C. The Rocket Pioneers., Universty of Nebraska Press, p.11-48., USA 2013
- [13] NASA. Apollo 11 Mission Overwiev., https://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/missions/apollo11.html (Accessed: 15.09.2020)
- [14] NASA. Brief History Of Rocket. https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/TRC/Rockets/history_of_rockets.html (Accessed: 29.10.2021)
- [15] Uni.of Michigan. The Creation of the Modern Rocket. <https://web.archive.org/web/20120730011700/http://fathom.com/course/21701743/session2.html> (Accessed: 23.04.2020)
- [16] STM.Yeni Uzay Çağı. https://thinktech.stm.com.tr/uploads/raporlar/pdf/31122020103922510_stm_yeni_uzay_cagi_4.pdf (Accessed: 20.20.2020)
- [17] The New York Times. China Brings Moon Rocks to Earth, and a New Era of Competition to Space. <https://www.nytimes.com/2020/12/16/science/china-moon-mission-rocks.html> (Accessed: 12.03.2021)

- [18] The State Council of China. The State Council Information Office held a press conference on the mission of the lunar exploration project Chang'e 5. http://www.gov.cn/xinwen/2020-12/17/content_5570431.htm (Accessed: 01.05.2021)
- [19] NASA. Sergei P.Korolev. <https://history.nasa.gov/sputnik/korolev.html> (Accessed: 19.06.2021)
- [20] NASA.Werhern Von Braun. <https://www.nasa.gov/centers/marshall/history/vonbraun/bio.html> (Accessed: 19.12.2020)
- [21] NASA.History Series Publication. <https://history.nasa.gov/series95.html> (Accessed: 22.01.2021)
- [22] Visual Capitalist. Visualizing 50 Years of Global Steel Production. <https://www.visualcapitalist.com/visualizing-50-years-of-global-steel-production/> (Accessed: 04.04.2021)
- [23] World Steel Assoc. Global crude steel output decreases by 0.9% in 2020. <https://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2021/Global-crude-steel-output-decreases-by-0.9--in-2020.html> (Accessed: 04.04.2021)
- [24] UK Parliament. Steel Industry. <https://api.parliament.uk/historic-hansard/commons/1930/nov/05/steel-industry> (Accessed: 19.05.2021)
- [25] European Union. The History of the European Union. https://europa.eu/european-union/about-eu/history_en (Accessed: 03.04.2021)
- [26] NASA. Asteroid Watch. <https://www.jpl.nasa.gov/asteroid-watch> (Accessed: 08.03.2021)
- [27] NASA. What is Planetary Defense? <https://www.nasa.gov/planetarydefense/faq> (Accessed: 30.08.2021)
- [28] Clas G. Wihlborg CG., Magnus Wijkman P., Outer Space Resources in Efficient and Equitable Use: New Frontiers for Old Principles. The Journal of Law & Economics, 24(1):23–43, The Uni. Of Chicago Press 1981
- [29] Calla P., Fries D., Welch C. Asteroid mining with small spacecraft and its economic feasibility. Cornell Uni, 2019
- [30] NASA. Hayabusa. <https://www.jpl.nasa.gov/missions/hayabusa> (Accessed:18.09.2021)
- [31] NASA. Stardust. <https://www.jpl.nasa.gov/missions/stardust> (Accessed 21.12.2020)
- [32] NASA. Asteroids. <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/text/asteroids.txt> (Accessed:21.03.2021)
- [33] Crerend A., Asteroid Mining, Stanford Uni.,USA 2014 <http://large.stanford.edu/courses/2014/ph240/crerend1/> (Accessed : 09.01.2022)
- [34] NASA. NEO Earth Close Approaches <https://cneos.jpl.nasa.gov/ca/> (Accessed:09.09.2021)
- [35] Metzger PT. Space development and space science together, an historic opportunity. Space Policy, Volume 37, part 2, p.77-91, August 2016,
- [36] Tao Zhang vd..Review on Space Energy.Applied Energy Volume 29, 15 June 2021, 116896
- [37] K.D.Burgess & R.M.Stroud. Phase-dependent space weathering effects and spectroscopic identification of retained helium in a lunar soil grain. Geochimica et Cosmochimica Acta, Volume 22, Pages 64-79, March 2018
- [38] Sanchez J., McInnes C., Asteroid Resource Map for Near-Earth Space. Journal of Spacecraft and Rockets 48 (1), p.153–165, 2011
- [39] Alotaibi G., Boileau J., Bradshaw H., Criger B., Chalex R., Chun J., Desjardins D., Dhar J., Artiles A., Ellis K., ASTRA: Asteroid mining technologies roadmap and applications, p.1-100, International Space University 2010.
- [40] J. P. Sanchez, C. R. McInnes, Assessment on the feasibility of future shepherding of asteroid resources, Acta Astronautica 73, p.49-66, 2012
- [41] Interesting Engineering. Mining in Space. <https://interestingengineering.com/mining-in-space-what-it-means-for-the-economy> (Accessed: 12.03.2021)
- [42] United Nations Office for Outer Space Affairs. Documents and Resolutions Database. <https://www.unoosa.org/oosa/documents-and-resolutions/search.jsp?&view=resolutions> (Accessed: 10.06.2021)
- [43] Sarıkaya S., Uzay Hukuku ve Türkiye, Nobel Bilim Yayınları, İstanbul 2020, p.20-29
- [44] Yevgeniya O., Jus Cogens Norms in International Space Law. Mediterranean Journal of Social Sciences, Vol 6 No 6 ISSN 2039-9340, MCSER Publishing, Rome-Italy November 2015
- [45] European Parliament. Space Mining. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-8-2016-005146_EN.html (Accessed: 21.03.2021)
- [46] The European Space Agency. Space Debris By the Numbers. https://www.esa.int/%20Safety_Security/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers (Accessed: 17.05.2021)



Design and Implementation of PLC Based Special Purpose Machine for Surface Coating

Kenan Can¹, Figan Dalmis², Ibrahim Savas Dalmis^{3*}

¹ Tekirdag Namik Kemal University, Faculty of Corlu Engineering, Department of Mechanical Engineering, Tekirdag, Turkey, (ORCID: 0000-0003-1770-1180), kcan@nku.edu.tr

² Tekirdag Namik Kemal University, The Vocational School of Technical Sciences, Department of Electronics and Automation, Tekirdag, Turkey, (ORCID: 0000-0001-6841-3467), fdalmis@nku.edu.tr

^{3*} Tekirdag Namik Kemal University, Faculty of Corlu Engineering, Department of Mechanical Engineering, Tekirdag, Turkey, (ORCID: 0000-0002-4401-9155), idalmis@nku.edu.tr

(First received 6 November 2021 and in final form 8 January 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1019912)

ATIF/REFERENCE: Can, K., Dalmis, I. S. & Dalmis, F. (2022). Design and Implementation of PLC Based Special Purpose Machine for Surface Coating. *European Journal of Science and Technology*, (33), 338-343.

Abstract

To improve the quality and efficiency of surface coating with the GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) method a semi-automatic welding machine was designed based on PLC (Programmable Logic Controller) control. The control program using ladder logic can accomplish system management and control functions. This system could control welding travel speed up to 560 mm/min, measure and saves the current status of the surface temperature at the welding zone via infrared thermometer up to 1600 °C in real-time, has complete automatic fault diagnosis, modify the welding travel speed and save the inputted welding parameters. To evaluate the performance of the designed welding machine, several experiments have been conducted. Optical microscope (OM) and scanning electron microscope (SEM) methods were used for microstructure examinations. In addition, mechanical tests were carried out with the microhardness method. An average of 377.5 HV0.2 microhardness was obtained from the surface of SAE (AISI) 1040 materials used in the experiments to a depth of 1 mm via the coating powders containing 64 wt% FeCrC + 16 wt% FeTi and 20 wt% Ni. The results from the experiments have shown that the designed PLC-based semi-automatic welding machine could be effective in determining the optimum conditions for surface coating and different welding processes.

Keywords: Surface Coating, Welding, GTAW, PLC Control.

Yüzey Kaplama için PLC Tabanlı Özel Amaçlı Makina Tasarımı ve Uygulaması

Öz

GTAW (Gaz Tungsten Ark Kaynağı) yöntemi ile yüzey kaplamanın kalitesini ve verimliliğini artırmak için PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici) kontrollü yarı otomatik bir kaynak makinesi tasarlanmıştır. Ladder mantığını kullanan kontrol programı, sistem yönetimi ve kontrol fonksiyonlarını gerçekleştirebilir. Bu sistem, 560 mm/dk'ya kadar kaynak hareket hızını kontrol edebilir, gerçek zamanlı olarak 1600 °C'ye kadar kızılötesi termometre ile kaynak bölgesindeki yüzey sıcaklığının mevcut durumunu ölçer ve kaydeder, tam otomatik arıza teşhisine sahiptir, kaynak ilerleme hızını düzenler ve girilen kaynak parametrelerini kaydedebilir. Tasarlanan kaynak makinesinin performansını değerlendirmek için çeşitli deneyler yapılmıştır. Mikroyapı incelemelerinde optik mikroskop (OM) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca mikrosertlik ölçümleri ile mekanik testler gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılan SAE (AISI) 1040 malzemelerinin yüzeyinden ağırlıkça %64 FeCrC + ağırlıkça %16 FeTi ve ağırlıkça %20 Ni içeren kaplama tozları ile ortalama 377.5 HV0.2 mikrosertlik elde edilmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar, tasarlanan PLC tabanlı yarı otomatik kaynak makinesinin, yüzey kaplama ve farklı kaynak işlemleri için optimum koşulların belirlenmesinde etkili olabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yüzey Kaplama, Kaynak, GTAW, PLC Kontrol.

* Corresponding Author: idalmis@nku.edu.tr

1. Introduction

Wear is one of the most common problems occurring in engineering parts. Various surface coating techniques are used to reduce wear on machine elements. Many researchers have used methods such as gas tungsten arc welding (GTAW) (Mithun, Sellamuthu & Saravanan, 2018; Chang, Chen, & Wu, 2010; Kumar, Saravanan, Sellamuthu & Narayanan, 2018; Nair, Sellamuthu & Saravanan, 2018; Shanmugasundaram, Arul & Sellamuthu, 2018; Amirsadeghi & Sohi, 2008; Ya-long et al., 2018; Dalmis, Teker & Yilmaz, 2018), manual metal arc welding (MMAW) (Jankauskas et al., 2015; Selvi, Sankaran & Srivatsavan, 2008; Kang, Singh & Cheema, 2017), laser cladding method (Bartkowski & Bartkowska, 2017; Kwok, Cheng & Man, 2000; Yang et al., 2020), thermal spray coating (Kang, Grewal, Jain & Kang, 2012) to reduce wear on machine elements. Among these methods, the GTAW method stands out because of its easy application and cheapness (Shanmugasundaram, Arul & Sellamuthu, 2018).

Programmable logic controllers (PLCs) are widely used in many industries to control and monitor the production processes of industrial automation systems. PLCs are microprocessor-based control systems designed for automation processes. PLC-based automation systems deliver reliable, cost-effective, efficient, sustainable and flexible manufacturing systems. In the Industrial Automation System included two CNC (Computer Numerical Control) machines and a 6-axis industrial robot, PLC and artificial intelligence techniques are used together to compute the time to return to profitability (Efe, Ozcan & Haklı, 2021). Welding is manually inappropriate and time-consuming in some situations. An automatic welding machine can be needed to improve welding quality and efficiency (Li et al., 2011). Controlling these welding machines is generally provided with PLC systems. PLCs are typically computer-based, solid-state, single-processor instruments that emulate the behavior of an electric ladder diagram (Patil et al., 2014). Li et al. (2011) have conducted studies on an automatic welding machine having a PLCs control system used for the carbon dioxide gas welding. They have concluded that PLC controlled automatic welding machine is effective to enhance welding quality and efficiency. It also provides economic benefits. Rullán (1997) have studied a new MIG (Metal Inert Gas) welding approach applied in SPM based control system to weld a knuckle bracket on the circular shaft of the shock absorber. A Messung PLC has controlled the system and by this means welding process can be controlled as automatic. They have drawn attention to the importance of using PLC in their results. Alphonsus & Abdullah (2016) have reviewed applications of PLC in a variety of areas. In their results, they emphasized that PLCs have many benefits and can be used for all kinds of applications. They also stated that it might be used widely by researchers in the near future. Yufeng et al. (2018) have found the best welding parameter combination of heterogeneous high strength steel (HC550/DP780). They have chosen a ULCR-50 type CO₂ laser for this process. To control the laser welding process, PLC has been used. They have concluded that the results found can be useful for the optimization of welding technology and the improvement of welding efficiency of high-strength heterogeneous steel plates. The purpose of this paper is to describe the application of a semi-automatic welding machine and to compare and discuss its results with those of previous measurements. During the surface coating, some parameters such as welding rate, shielding gas flow rate, welding current are very

e-ISSN: 2148-2683

important. Especially control welding rate is very difficult for welders. This study aims to avoid the time-consuming task of manual welding, reduce human efforts and increase the accuracy of welding. Therefore a new PLC-controlled welding machine has been proposed. This system has an infrared thermometer to measure temperatures between 385°C and 1600°C. The proposed system can save experimental parameters to a USB flash drive, which are important during welding operation such as welding rate, temperature, welding current and shielding gas flow rate through a human-machine interface (HMI). A surface coating process has been carried out to see the effectiveness of the welding machine. Since AISI 1040 steel is widely used in today's machinery manufacturing industry, it was used as the substrate material, and FeCrC, FeTi and Ni powders were used as coating powders.

2. Material and Method

2.1. Design of Semi-Automatic Welding Machine

The designed system has two linear movements. One of them is provided manually and the other is provided automatically. The vertical movement required to adjust the torch height is given by hand. The geared motor is operated with an inverter via the control signal coming from the PLC. Torque from the motor is transmitted to the nut through the ball screw. It turns into linear motion with the linear guides connected to the nut and torch movement is provided as linear. The screw step is 5 mm. The maximum rotational speed of the gear motor is 112 rpm and the maximum feed rate of the system for welding is 560 mm / min. A Fume extractor has been located on the machine for extracting welding fumes from the environment. All controls for adjusting the fume extractor during operation are located outside and no other additional part is required. A general view of the semi-automatic welding machine is shown in Figure 1.



Figure 1. General view of the semi-automatic welding machine

2.2. Control System

The semi-automatic welding machine will be equipped with a PLC-based control system. Figure 2 represents a block diagram of the designed control system.

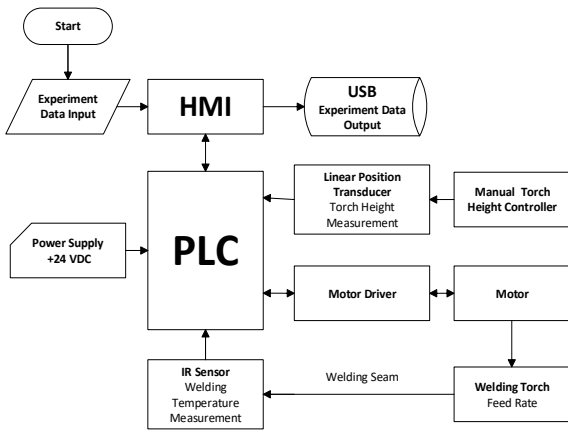


Figure 2. Block diagram of the designed control system

The system consists of hardware and software units. A PC runs programs called GMTSoft and ENDA.EOP, which are used to write a control program for the PLC and a graphical screen design for the HMI. The control program is downloaded to the PLC through the ethernet communication cable. The HMI program is downloaded to the HMI via USB cable.

Enda GLC 386RT PLC CPU module was used as a control device. The PLC control unit supports 4 relay outputs, 2 pulse outputs (12,5kHz), 1 analogue input (0-10VDC, 10 bit resolution) and 1 analogue output(0-10VDC, 14 bit resolution), 1 port RS232, 1 port RS485, 1 port Ethernet, RTC (real-time clock). tconsumption is 3W max. Its control program was written in Ladder Diagram (Figure 3).

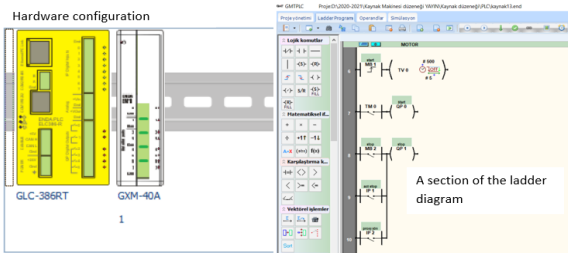


Figure 3. Control system of PLC based special-purpose machine and ladder diagram

GMT CNT GXM-40A analog module was used as a data acquisition device. The analog input module takes analog values produced by the temperature sensor and converts them to digital signals for the PLC CPU module. The data (temperature) are also sent to a USB flash drive plugged into the HMI USB port. An analog module is snapped onto the rail next to the CPU on the right and is electrically and mechanically connected to the CPU by plugging its male connector into the receptacle on the side of the CPU. This device offers software-selectable analog input ranges for 0-10V, 0-20mA and 4-20mA. It has a resolution of 16-bits with a measurement accuracy of 0.5%. Its read speed is up to 1 kHz for every single channel.

An inverter was used as a motor driver. The inverter is connected to the PLC via the programming terminal of the drive communication cable. The inverter functions as an interface between the PLC and the motor. PLC sends out a control signal to the inverter for the driving motor. The inverter converts the corresponding analog input voltage (0-10VDC) to the required output frequency. The control signal to the inverter is an analog signal representing the desired inverter output frequency.

Human Machine Interface (HMI) provides a user interface to humans for interacting with machines. In this study, Enda GOP41-070ETE HMI is used to monitor and control various welding variables such as temperature, torch height, shielding gas flow rate, welding current and experiment number. It is connected to PLC by an RS232 cable. In this system, HMI provides information with welding speed, operating temperature, torch height, shielding gas flow rate, welding current and experiment number (Figure 4).

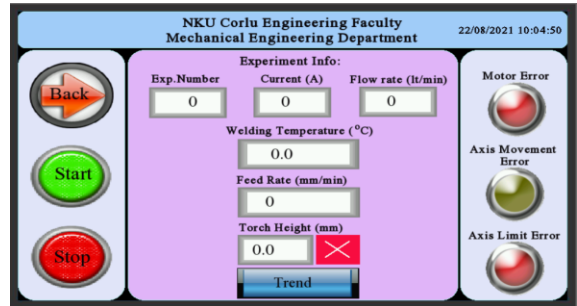


Figure 4. HMI Screen of the developed control system

2.3. Temperature Measures

An infrared thermometer (IR) has been used to measure operating temperature (Figure 5). High peak temperatures and cooling rates are some of the most important parameters for the welding process (Yufeng, Sili & Changwei, 2018). Knowing the cooling rates in the heat-affected zone during the surface coating process is an important criterion in determining the internal structure of the material. The formation of brittle structures such as martensite in most steels is related to the high cooling rates. By controlling the temperature and cooling rate, martensite formation can be prevented (Taysom, & Sorensen, 2020). Infrared (IR) temperature measurement has been widely used in the fields of welding. A non-contact IR thermometer (Micro-Epsilon thermometer CTLM-2HSF300-C3) was used to measure surface (operating) temperature during the welding process, which is applicable in the temperature range of 385–1600 °C. It was mechanically placed at a distance of 200 mm height from the welding zone and focused 10 mm forward to the welding region. After the first installation of the infrared thermometer, the desired temperatures can be measured easily from each point.



Figure 5. Infrared thermometer (IR) to measure temperature profiles

In order to draw the surface temperature curve, the temperature was measured by the infrared thermometer in the designed semi-automatic welding machine. The temperature cycle can be measured in any different points of the weld and so we can obtain peak temperatures, cooling rates and find the best welding parameter combination for GTAW surface coating.

2.4. Surface Coating

A surface coating application has been made to illustrate the effectiveness of the designed semi-automatic welding machine (Figure 6). Hot rolled plate AISI 1040 steel (100 x 30 x 10 mm in size) was used as substrate and alloyed by GTAW processes (Dalmis, Teker & Yilmaz, 2018).

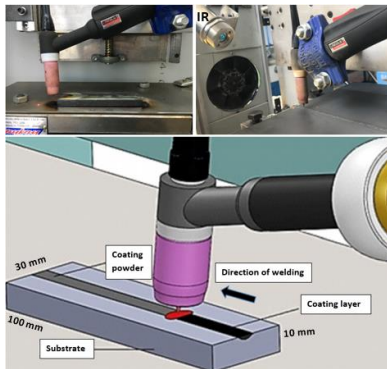


Figure 6. Surface coating application by GTAW and temperature measuring by infrared thermometer

Prior to coating processes, the surface of samples was ground with emery paper followed by cleaning with acetone to remove

dirt and rust from their surfaces. The coating powders containing 64 wt% FeCrC + 16 wt% FeTi and 20 wt% Ni were mixed with the binder (sodium silicate) and pre-placed to the channels with a width of 10 mm and depth of 0.3 mm. The chemical composition of the coating powders and substrate material SAE (AISI) 1040 steel is shown in Table 1. Finally, they were dried in a heat treatment oven at 100 °C for 30 minutes to remove the moisture which is harmful to the welding process. A thoriated tungsten electrode with a diameter of 3.2 mm was used and the arc distance from the surface of the substrate was 2 mm during the process. An argon gas at a flow rate of 12 l/min was supplied as shielding to protect the processes zone from the harmful effects of the atmosphere. The current used for the GTAW (Lincoln Invertec V205-T AC/DC) melting is 150A and process speed is 60 mm/min. GTAW process parameters are shown in Table 2. The surface and cross-sectional morphologies of samples were observed by optical microscope (Optika B-500 MET) and SEM (Quanta FEG 250). To determine the depth of the clad layers, microhardness test analysis was performed with an HV hardness scale under 200 g loads at 0.5 mm intervals by MICROBUL 1000-DN test device.

Table 1. Chemical composition of SAE (AISI) 1040 steel and coating powders

	C	Fe	Mn	P	S	Si	Cr	Ti	Al	Ni
AISI 1040	0.4	Balance	0.6	0.04	0.05					
FeCrC	6.2	Balance		0.03	0.02	1.5	64			
FeTi	0.11	Balance			0.008	0.05		70.35	3.86	
Ni										99.99

Table 2. GTAW parameters used for surface alloying

Current (A)	Electrode Tip Angle (°)	Travel Speed (mm/s)	Stand-off Distance (mm)	Electrode Diameter (mm)
150	180	1	2	2.4

3. Results and Discussion

Tests were performed with the welding machine designed to examine thermal events during welding. During these tests, welding heats which are important for the welding process are examined. Thermal events important for surface coating are taken from the infrared thermometer and information is recorded by means of a USB flash drive. Figure 7 shows macrographs of FeCrC based composite clad layers and thermal events occurring at a distance of 10 mm from the heat-affected zone (HAZ) at a rate of 60 mm / min and a current of 150 A by GTAW. Visual inspection is the most common non-destructive testing (NDT) method of evaluating surface weld quality without using any testing method. The experimental results show that the tracking welding of the flat steel weld was realized by the automatic welding system based on PLC control. The weld is well-formed when the welding speed is 1 mm/s, which ensures the welding quality. The feasibility and reliability of the automatic welding system based on PLC control was illustrated by the experimental results (Liu, Ye & Niu, 2019).

After GTAW surface coating, the re-solidified layer was studied to observe the microstructure. Figure 8 represents optical images of the cladding layer. When the figure is examined, it is seen that dendritic solidification was observed and carbides in the structure are homogeneously distributed. The achievement of homogeneity shows the efficiency of the coating process and welding machine.

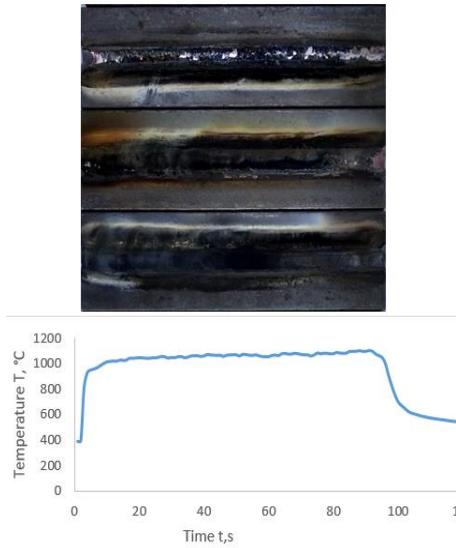


Figure 7. Macrographs of FeCrC based composite coatings and welding thermal cycle

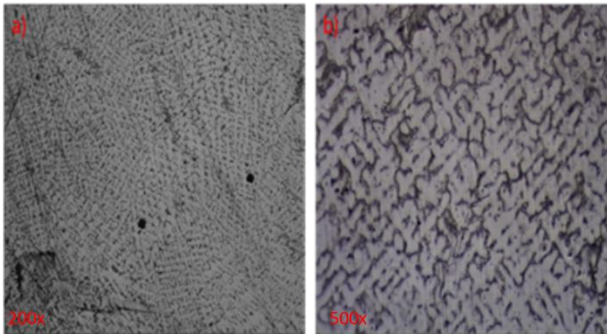


Figure 8. Optical microscope images of cladding layer a) 200x b) 500x

Figure 9 shows the SEM image of the transition zone between the covered layer and substrate material. It was seen that the martensite phase was formed with the effect of rapid cooling in the structure.

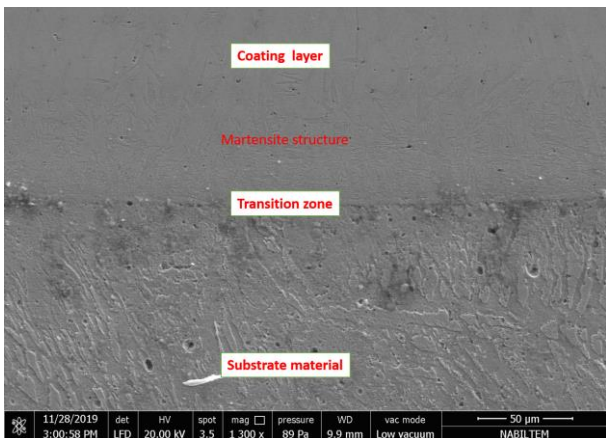


Figure 9. SEM image of transition zone (2500x)

Figure 10 illustrates the hardness profile of the cladding layer. The increase in hardness compared to the substrate material is related to the carbide formation in the structure (Dalmis, Teker & Yilmaz, 2018).

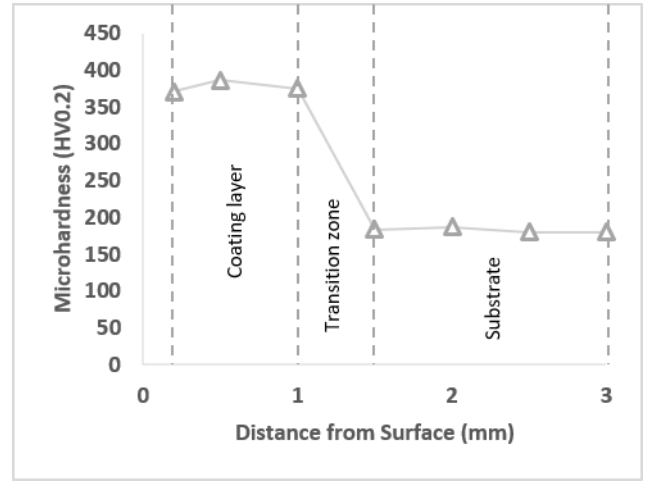


Figure 10. Hardness profile of cladding layer and substrate

It is thought that nickel has pushed chromium to the grain boundaries in the structure and hard complex carbides are formed due to the increasing chromium concentration in the grain boundaries.

In addition, titanium from ferrotitanium powders is predicted to form a TiC compound with carbon, which is thought to be among the factors that increase hardness (Xiao, Zhang, Wu, Qiu, Zhou, ... & Zeng, 2021).

4. Conclusions and Recommendations

Experimental results show that the semi-automatic welding machine is simple and effective at improving welding quality and efficiency for surface coating. PLC based control system provided a significant advantage over manual welding. The developed prototype machine was able to perform the coating processes at the specified input speeds. The linear movements of the machine took place smoothly on the linear beds. Limit switches worked flawlessly.

As a result, welding seams were obtained with the expected linearity in visual inspections. As we can measure temperatures from any point, the designed system is more outstanding than systems having thermocouples. It is thought to be effective in determining the optimum conditions in the coating processes as it is faster and more reliable. The developed semi-automatic welding machine can be used in both welding and surface modification (coating) applications. With the developed system, welding parameters and application temperatures can be recorded. The success of the application can be evaluated by converting the obtained data into graphics.

The regularity of the welding heat input directly affects the coating quality. The temperature graphs of the welding process measured by the developed setup give us an idea about the welding and coating qualities.

The success of the machine was also seen in hardness measurements. In the micro-hardness measurements, a coating zone with a hardness of over 370 HV0.2 was obtained from the coating surface of the main material to a depth of 1 mm. As can be seen from previous literature studies, the increase in hardness is due to alloying elements and formed carbides. In addition, from the microstructure images, it has seen that the phases in the

structure have been homogeneously distributed and there has been no fluctuation in the hardness results.

Due to the high carbon content in the substrate material, martensite formation has been observed due to the heat effect and rapid cooling.

It is important to determine the suitability of the machine developed in the research by making trials in different welding applications. The next stage of the research is aimed to make the torch height automatically controlled. Thus, automatic welding applications would be made in different geometries.

References

- Alphonsus, E. R., & Abdullah, M. O. (2016). A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1185-1205.
- Amirsadeghi, A., & Sohi, M. H. (2008). Comparison of the influence of molybdenum and chromium TIG surface alloying on the microstructure, hardness and wear resistance of ADI. *Journal of materials processing technology*, 201(1-3), 673-677.
- Bartkowski, D., & Bartkowska, A. (2017). Wear resistance in the soil of Stellite-6/WC coatings produced using laser cladding method. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 64, 20-26.
- Chang, C. M., Chen, Y. C., & Wu, W. (2010). Microstructural and abrasive characteristics of high carbon Fe-Cr-C hardfacing alloy. *Tribology international*, 43(5-6), 929-934.
- Dalmis, S., Teker, T., & Yilmaz, S. O. (2018). Wear behavior of GTA coated FeCrC based bond alloy on an AISI 1040 steel substrate. *Kovove Mater*, 56, 339-348.
- Efe, E., Ozcan, M. & Hakli, H. (2021). Building and Cost Analysis of an Industrial Automation System using Industrial Robots and Programmable Logic Controller Integration. *European Journal of Science and Technology*, (28), 1-10.
- Jankauskas, V., Antonov, M., Varnauskas, V., Skirkus, R., & Goljandin, D. (2015). Effect of WC grain size and content on low stress abrasive wear of manual arc welded hardfacings with low-carbon or stainless steel matrix. *Wear*, 328, 378-390.
- Kang, A. S., Grewal, J. S., Jain, D., & Kang, S. (2012). Wear behavior of thermal spray coatings on rotavator blades. *Journal of thermal Spray technology*, 21(2), 355-359.
- Kang, A. S., Singh, G., & Cheema, G. S. (2017). Improving wear resistance via hardfacing of cultivator shovel. *Materials Today: Proceedings*, 4(8), 7991-7999.
- Kumar, M. K., Saravanan, R., Sellamuthu, R., & Narayanan, V. (2018). Microstructure, hardness and wear rate of heat treated Titanium surface alloyed AISI 304 stainless steel. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 7571-7576.
- Kwok, C. T., Cheng, F. T., & Man, H. C. (2000). Laser surface modification of UNS S31603 stainless steel. Part I: microstructures and corrosion characteristics. *Materials Science and Engineering: A*, 290(1-2), 55-73.
- Li, A. M., Zhang, C. H., Li, H. L., Xu, Z. Y., Chen, X. H., & Ye, S. W. (2011, March). *Design of automatic welding machine based on PLC*. Paper presented at Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (Vol. 1, pp. 627-630). IEEE 2011.
- Liu, C. L., Ye, J. X., & Niu, S. B. (2019). Automatic welding system design for transformer station grounding steel based on PLC. In IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering* (Vol. 504, No. 1, p. 012099). IOP Publishing.
- Mithun, C. M., Sellamuthu, R., & Saravanan, R. (2018). Effect of surface modification on microstructure, hardness and wear rate of steels with 0.2%, 0.4% and 1.1 Wt% C by the addition of Titanium using Gas Tungsten Arc. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 7586-7594.
- Nair, S., Sellamuthu, R., & Saravanan, R. (2018). Effect of Nickel content on hardness and wear rate of surface modified cast aluminum bronze alloy. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 6617-6625.
- Patil, K. V., Gadade, B. K., Raut, P. G., Gaikwad, S. K., & Toke, G. A Novel approach of MIG Welding using PLC. *IJAREEIE-2014*.
- Rullán, A. (1997). Programmable logic controllers versus personal computers for process control. *Computers & industrial engineering*, 33(1-2), 421-424.
- Selvi, S., Sankaran, S. P., & Srivatsavan, R. (2008). Comparative study of hardfacing of valve seat ring using MMAW process. *Journal of materials Processing technology*, 207(1-3), 356-362.
- Shanmugasundaram, A., Arul, S., & Sellamuthu, R. (2018). Study on the Effect of GTA Surface Melting and SiC Reinforcement on the Hardness, Wear and Corrosion Properties of AA 5086. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 6597-6606.
- Taysom, B. S., & Sorensen, C. D. (2020). Controlling martensite and pearlite formation with cooling rate and temperature control in rotary friction welding. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 150, 103512.
- Xiao, M., Zhang, Y., Wu, Y., Qiu, Z., Zhou, C., Zhuo, S., ... & Zeng, D. (2021). Preparation, mechanical properties and enhanced wear resistance of TiC-Fe composite cermet coating. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 101, 105672.
- Ya-long, L., Tian-shun, D., Guo-lu, L., Hai-dou, W., Bin-Guo, F., Xiao-dong, Z., & Xiu-kai, Z. (2018). Microstructure and mechanical property of Ni-based thick coating remelted by gas tungsten arc. *Vacuum*, 155, 260-269.
- Yang, Z. Z., Hao, H., Gao, Q., Cao, Y. B., Han, R. H., & Qi, H. B. (2020). Strengthening mechanism and high-temperature properties of H13+ WC/Y2O3 laser-cladding coatings. *Surface and Coatings Technology*, 126544.
- Yufeng, S., Sili, F., & Changwei, X. (2018). Optimization of welding process of heterogeneous high strength steel based on PLC control. *Results in Physics*, 11, 817-820.



Türkiye'nin Sağlık Turizminde Tercih Edilme Nedenleri Üzerine Bir Çalışma: Medikal Turizm Endeksi

Uygar Üstün^{1*}, Yeter Demir Uslu²

1* İstanbul Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Yönetimi Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-7574-5918), uygar@uygarustun.com

2 İstanbul Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Yönetimi Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8529-6466), yuslu@medipol.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 8 Kasım 2021 ve Kabul Tarihi 26 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1020647)

ATIF/REFERENCE: Üstün, U. ve Demir Uslu, Y. X. (2022). Türkiye'nin Sağlık Turizminde Tercih Edilme Nedenleri Üzerine Bir Çalışma: Medikal Turizm Endeksi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 344-353.

Öz

Sağlık turizmi, küresel düzeyde gelişen ve ülke ekonomileri açısından stratejik bir sektör haline gelmekte olan bir alandır ve bu yönüyle sağlık turizmi ekonominin itici motoru olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada Türkiye'nin ülke bazında ve sağlık turizmi destinasyonu olarak tercih edilmesinde etkili olan faktörler belirlenerek, Türkiye'deki mevcut durumun ortaya konulması amaçlanmaktadır. Bu amaçla tercih edilen Medikal Turizm Endeksi, 4 boyuttan oluşmaktadır ve bu dört boyutla sağlık turizm destinasyon tercihleri açıklanmaktadır. Farklı ülkelerden Türkiye'yi sağlık turizmi için tercih eden 42 katılımcıyla mülakatlar yapılmıştır. Yapılan içerik analizi sonucunda temalar (itici ve çekici faktörler) ortaya çıkarılmıştır. Yapılan uygulama sonucunda, Türkiye'yi sağlık turizmi amacıyla tercih eden hastaların sırasıyla; sağlık tesis ve hizmetleriyle ilgili faktörler, Türkiye'nin turizm destinasyonu olması, Türkiye'deki sağlık maliyetlerinin uygun olması ve çevresel faktörlerden etkilendiği görülmektedir. Bu bulgular ışığında öncelikle sağlık tesislerimizin ve uzman doktorlarımızın kalitesinin ön plana çıkarılması ve tanıtılması; Türkiye'nin turizm potansiyelinin sağlık turizmine imkân vereceğinin vurgulanması, daha sonra uygun fiyat ve çevresel faktörler üzerinde durulması önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Sağlık Turizmi, Medikal Turizm Endeksi, İtici ve Çekici Faktörler.

A Study on the Reasons Why Turkey is Preferred in Health Tourism: Medical Tourism Index

Abstract

Health tourism is an area that is developing at a global level and is becoming a strategic sector in terms of national economies, and in this aspect, health tourism is considered the driving engine of the economy. In this study, the factors that affect the destination preferences of international health tourists who prefer Turkey were focused on. For this purpose, the preferred Medical Tourism Index consists of 4 dimensions and health tourism destination preferences are explained with these four dimensions. Interviews were conducted with 42 participants from different countries who preferred our country for health tourism. As a result of the content analysis, themes (pushing and pulling factors) were revealed. The analysis show that patients who prefer our country for health tourism purposes are affected by factors related to health facilities and services, as Turkey being a tourist destination, as well as health costs in Turkey are affordable and environmental factors, respectively. In the light of the findings of this study, it may be suggested that the quality of our health facilities and specialist doctors should be highlighted and promoted first; that the tourism potential of our country will enable health tourism, and then focus on cost factors and environmental factors should be emphasized.

Keywords: Medical tourism, Medical Tourism Index, Pushing and Pulling Factors.

* Sorumlu Yazar: uygar@uygarustun.com

1. Giriş

Önemli gelir kaynaklarından olan sağlık turizmi, insanların sağlık hizmeti alma amacıyla farklı ülkelere seyahat etmesidir (Kördeve, 2016: 53). Sağlık turizminde mevsimlik dalgalanmalar olmadığı için daha avantajlı bir turizm alanıdır (Ağaoğlu vd., 2019: 432). Sağlık turizmi Türk ekonomisi açısından giderek payını artırmakta ve giderek daha popüler bir hale gelmektedir (Aydın ve Karamehmet, 2017: 20). Gelişmiş ülkelerin bütçelerinde ciddi bir yük oluşturan sağlık harcamalarının beklemeden ve daha tasarruflu bir şekilde yürütülmesi için kaliteden ödün verilmeden uygun maliyetle yerine getirilmesi önem kazanmaktadır (Özsarı ve Karatana, 2013, s.140). Sağlık turizminin bu derece popüler hale gelmesinde gelişmiş ülkelerdeki bekleme sürelerinin uzun olması ve tedavi maliyetlerinin yüksek olması gibi faktörler etkili olmaktadır (Bookman ve Bookman, 2007; Lunt ve Carrera, 2010; Aktepe, 2013: 172). Sağlık turizminde dinlenme ve eğlenme yanında isteğe bağlı sağlık hizmetlerinin alınması söz konusudur (Özdemir vd., 2017: 59).

Bu ve benzeri gerekçelerle özellikle gelişmiş ülkelerdeki sağlık turistleri, gelişmekte olan ama sağlık hizmet standartları yeterli olan farklı ülkelere seyahat ederek sağlık turizmini geliştirmektedirler (Turner, 2007; Gündüz vd., 2018: 720). Destinasyon sağlık tesisi yöneticilerinin, farklı sağlık turistlerinin ihtiyaç ve beklentilerini dikkate alarak, gerekli sağlık hizmetlerini geliştirmesi gerekmektedir (Wongkit ve McKercher, 2016: 14). Sağlık turistlerinin destinasyon tercihi yapılırken öncelikle ülke tercihi ve o ülkede yer alan sağlık tesis tercihlerini yapmaları beklenir (Sevim ve Sevim, 2019: 633).

Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye'nin ülke bazında ve sağlık turizmi destinasyonu olarak tercih edilmesinde etkili olan faktörlerin belirlenmesi ve böylece ülkemizdeki mevcut durumun ortaya konulmasıdır. Yapılacak mülakatlar sonucu elde edilecek nitel veriler analiz edilerek uluslararası sağlık turistleri tarafından sağlık tesislerinin tercih edilmesinde etkili olan faktörler, literatürden yararlanılarak belirlenen modele göre analiz edilecektir. Bu şekilde sağlık turistlerinin sağlık turizm tesisi (destinasyon) tercih ve seçim süreci, Medikal Turizm Endeksi (Fetscherin ve Stephano, 2016) yardımıyla nitel olarak test edilmiştir. Medikal Turizm Endeksi modeli, sistematik ve çok boyutlu bir model olduğu için tercih edilmiştir. Bu model yardımıyla, uluslararası sağlık turizmi ülke ve tesislerinin (destinasyonunun) tercih edilmesinde etkili olan faktörler ortaya konulmaktadır. Yapılan analizler sonucunda, elde edilecek bulgularla hem akademik olarak hem de uygulama düzeyinde ülkemizin sağlık turizmi potansiyeli değerlendirilmiş olacaktır.

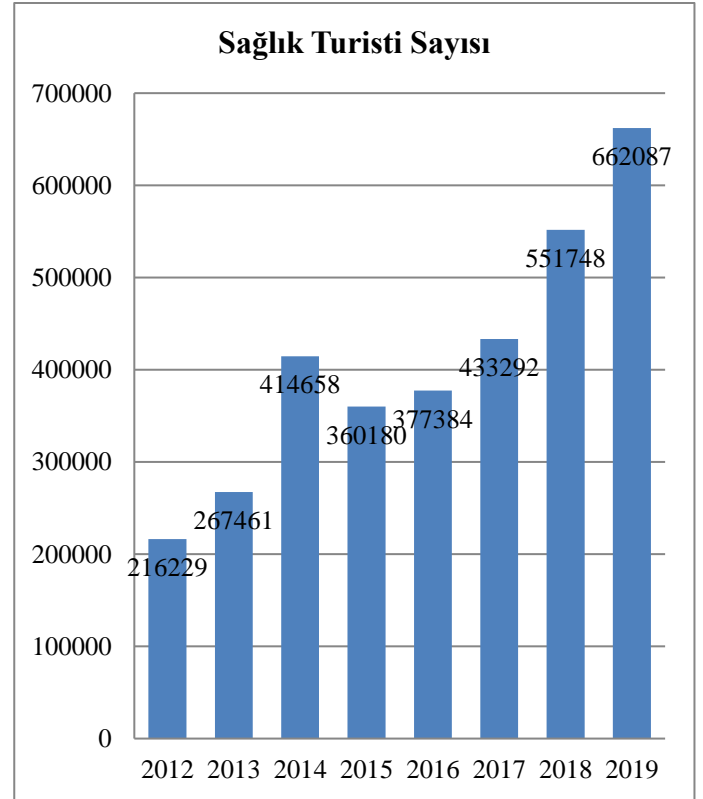
2. Sağlık Turizmi

2.1. Türkiye'de Sağlık Turizmi

Sağlık turizmi, küresel düzeyde gelişen ve ülke ekonomileri açısından stratejik bir sektör haline gelmekte olan bir alandır ve bu yönüyle sağlık turizmi ekonominin itici motoru olarak kabul edilmektedir (Fuchs ve Reichel, 2010; Drinkert ve Singh, 2017; Ögüt vd., 2018). Sağlık turizminin ulusal ekonomiler açısından çarpan etkisine sahip olduğu ifade edilmektedir (Ağaoğlu vd., 2019: 432). Sağlık turizminin gelişmesini hızlandıran faktörler gelişmeler arasında ekonomik gelirlerin artması, ulaşım olanaklarının gelişmesi, daha yaşlı nüfus yapısı ve elektronik

ticaretin yaygınlaşması gibi faktörler başta gelmektedir (Smith ve Forgione, 2007; Drinkert ve Singh, 2017).

Dünya ekonomisinde turizm sektörü ve sağlık turizmi sektörünün payı giderek artmaktadır. Pandemi döneminde duraklama olmakla birlikte gelecekte de bu gelişmelerin ve büyümenin süreceği söylenebilir. Türkiye'de 2018 yılı verilerine göre, 551.748 hastanın sağlık turizmi hizmetlerinden faydalandığı görülmektedir. 2018 yılında Türkiye'yi sağlık turizmi destinasyonu olarak tercih eden ülkeler arasında Azerbaycan, Almanya ve Irak başta gelmektedir (Almanya'dan gelenlerin büyük kısmının gurbetçi Türkler olduğu da unutulmamalıdır). 2018 yılında sağlık turistleri öncelikle İstanbul, Ankara, Antalya, İzmir, Yalova ve Erzurum gibi destinasyonları tercih etmektedir. 2018 yılı içinde 1 milyar 110 milyon 843 bin dolar sağlık turizmi geliri elde edilmiştir (<https://www.ushas.com.tr/saglik-turizmi-verileri/>). Türkiye'de sağlık turizmi sektörü 2019 yılında da gelişmeye devam etmiş ve 662.087 sağlık turisti Türkiye'ye gelerek hasta sağlık hizmeti almıştır. 2019 yılında Türkiye'ye gelen sağlık turistleri daha çok Irak, Azerbaycan ve Türkmenistan vatandaşlarından oluşmaktadır. 2019 yılı sağlık turizmi gelirleri ise pandeminin etkisiyle 1 milyar 65 milyon 105 bin dolar olarak gerçekleşmiştir. 2020 yılında da bu gelişmeler devam ederek yılın 3 aylık döneminde 143.266 hasta sağlık hizmeti almış ve sağlık turizmi gelirleri 187 milyon 955 bin dolar seviyesine ulaşmıştır (<https://www.ushas.com.tr/saglik-turizmi-verileri/>). Türkiye'ye sağlık turizmi amacıyla gelen turistlerin sayısındaki yıllar itibarıyla artış Şekil 1'de görülmektedir:



Şekil 1: Türkiye'ye Gelen Sağlık Turisti Sayısı (Figure 1: Number of Health Tourists Coming to Turkey), Kaynak: TÜİK, 2019.

Şüphesiz ki Türkiye'nin sağlık kalite standartlarını sürekli artırmasının etkisiyle sağlık turizmi sektörü gelişmektedir. Bunun yanında Türkiye'ye sağlık hizmetlerinin ulaşılabilir olması ve bekleme sürelerinin kısa olması ve vize almanın görece kolay olması gibi faktörler de bu gelişimi desteklemektedir (Gür Omay

ve Cengiz, 2013; Yılmaz vd., 2020). Türkiye'nin sağlık turizminde avantajlı konumunu güçlendiren coğrafi olarak ulaşılabilir ve merkezi bir yerde olması, devletin teşvik edici politikaları ve sağlıkta dönüşüm programı gibi faktörler de etkili olmaktadır. Sağlık turizmi Türkiye açısından en önemli ve gelecek vadeden bir sektöre dönüşmüştür (Öğüt vd., 2018: 57). Türkiye'de sağlık turizmi sektörünün geliştirilmesi için özel sağlık kuruluşları ve turizm kuruluşlarının devletin koordinatörlüğünde yapacakları stratejik planlamaya, geliştirecekleri politika ve yatırımlarına ihtiyaç duyulmaktadır (Özkan, 2019: 50).

2.2. Sağlık Turizmini Yönlendiren Faktörler

Sağlık turizminin gelişmesini sağlayan faktörler arasında özellikle gelişmiş ülkelerdeki sağlık harcamalarının artmasının ve bütçede büyük yük oluşturmasının önemi üzerinde durulmuştur. Özellikle gelişmiş ülkelerde, sağlık harcamalarının yüksek maliyet anlamına gelmesi sonucu hem birey bazında hem de ekonomi bazında sağlık hizmetleri giderek daha pahalı hale gelmektedir (Connell, 2006; Deloitte, 2009; Eissler ve Casken, 2013: 181). Sağlık turizmüne iktisadi anlamda arz ve talep dengesi olarak bakıldığında daha anlamlı sonuçlara ulaşılabilir. Bu çerçevede Heung vd. (2010: 244) tarafından önerilen modelden bahsedilebilir. Heung vd. (2010) tarafından önerilen modelde sağlık turizmi sektörünün arz ve talebe ilişkin aktör ve değişkenleri yer almaktadır. Bu modele göre sağlık turizminin merkezinde sağlık hizmeti ihtiyacının ortaya çıkması başta olmak üzere taleple ve buna karşılık üretilen arzla ilgili içsel ve dışsal faktörlerin dengesi yer almaktadır.

Küresel düzeyde ulaşım imkânlarının artması ve ulaşılabilir hale gelmesi de sağlık turizmini geliştiren önemli faktörler arasındadır. Sağlık turizminde sadece zorunlu sağlık hizmetleri değil isteğe bağlı ve kozmetik sağlık hizmetleri de önemli yer tutmaktadır (Aydın ve Karamehmet, 2017: 7). Türkiye uzun bekleme sürelerinin olmaması avantajını da kullanarak bu alanda önemli bir sağlık turizmi destinasyonu haline gelmiştir. Gelişmekte olan sağlık turizmi sektöründe, sosyal güvenlik ve sigortacılık ve özellikle özel hayat sigortası gibi alanlardaki gelişmeler de etkili olmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerin başı çektiği sağlık turizmi ana oyuncularını olan ülkeler, son teknolojiyle donattıkları sağlık hizmetlerini kullanmayı fayda ve maliyet analizi anlamında da çekici hale getirmektedirler (Kurutkan ve Köse, 2021). İtici ve çekici faktörlerin etkisiyle sağlık turizmüne olan genel talep sürekli artmaktadır. Sağlık turizmi alanında çalışan profesyonel turizm acentelerinin sayısının da artmasıyla birlikte; uçak bileti, konaklama, transferler ve tedavi sonrası tatili de içeren sağlık turizmi paketleri oluşturulmaktadır (Bookman ve Bookman, 2007: 2).

Sağlık turizmi sektörünün gelişmesinde birçok faktör etkilidir ve faktörler kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir (Örneğin Connell, 2006; Laing ve Weiler, 2008; OECD, 2012; Eissler ve Casken, 2013). Sağlık hizmetlerinin yüksek maliyette ve uzun bekleme süreleriyle ulaşılabilirdiği gelişmiş ülkelerin vatandaşları makul ve ulaşılabilir seyahat giderlerini kullanarak yüksek kalite standartlarına sahip gelişmekte olan ülkelerin sağlık hizmetlerinden yararlanmaktadırlar. Bunun yanında estetik ve kozmetik amaçlı ikincil sağlık hizmetlerinin talep görmesiyle birlikte gelişmiş sağlık turizm operasyonları ve bilgi teknolojilerinin gelişmesinin yanında devletlerin bu alandaki destekleri de artmaktadır (Yalçınkaya ve Dilber, 2015: 191; Bostan ve Yalçın, 2016: 1730; Aydın ve Karamehmet, 2017: 5; Kılıçarslan, 2019).

2.3. Uluslararası Sağlık Tesisi Seçimini Etkileyen Faktörler

Dünyadaki ekonomik gelişmelere paralel olarak tüketiciler daha fazla seyahat etme imkânına kavuşmaktadır. Tatil yapmak bir ihtiyaç olarak algılanırken sağlık hizmetleriyle birlikte değerlendirilmektedir. Seyahat etme ihtiyacı hisseden ve seyahat etmek isteyen destinasyon, lokasyon, kalite ve mahremiyet gibi pazarlama karması elemanlarına daha fazla önem vermektedirler (Garcia-Altes, 2005; Horowitz & Rosensweig, 2007). Sağlık turizminde destinasyonda sunulan sağlık hizmetleri ile turizm operasyonu arasındaki bağlantının sağlanması rekabetçiliği artıracaktır (Lagiewski & Myers, 2008: 5).

Sağlık turistlerinin destinasyon seçimi üzerine çok sayıda model önerilmiştir. Önceleri önerilen rasyonel karar verme, zaman/seri analizleri gibi ekonometrik modeller, sağlık turizmi destinasyon özellikleri ile sağlık turistlerinin algı ve düşüncelerini ihmal ettiği için eleştirilmektedir (Aydın ve Karamehmet, 2017: 3). BU konuda yapılan çalışmalar yetersiz ve genelde teorik düzeydedir (Johnston vd., 2010; Hopkins vd., 2010). Sağlık turistlerinin farklı özelliklere sahip olduğu göz ardı edilmektedir (Johnston vd., 2010; Wongkit ve McKercher, 2013; Johnson vd., 2015; Eşiyok vd., 2017).

Turizm sektöründe genel olarak turistlerin destinasyon tercihleri ve karar verme süreçleri eskiden beri araştırılmaktadır (Woodside ve Lysonski, 1989). Örneğin Heung vd., (2011) kantitatif bir model önermişlerdir. Buna göre sağlık turizminde var olan engellerin ortadan kaldırılması amacıyla tanıtım ve tutundurma politikaları önerilerek, hükümetin sağlık turizmi yatırımlarını teşvik etmesi ve turizm sektöründeki paydaşların dayanışma içerisinde olması sağlanmalıdır (Heung vd., 2010: 995). Bir başka modelde, Bookman ve Bookman (2007) sağlık turizminde etkili olan faktörler arasında coğrafi mesafe, kültürel yakınlık, medikal uzmanlaşma ve tanınırlık faktörlerini saymaktadır. Kültür yakınlık fiziksel yakınlıktan farklı ve daha etkili bir faktördür (Liu vd., 2018: 300). Daha sonra ortaya atılan çok sayıda model benzer faktörleri kullanmaktadır (Smith ve Fergione, 2007; Kalshetti ve Pillai, 2008; Glinos vd., 2010; Menvielle vd., 2011; Kumar vd., 2012; Wong vd., 2014; Hanefeld vd., 2015; Temizkan ve Konak, 2018; Rahman, 2019).

Sağlık turizmi alanındaki hızlı gelişmelere karşılık sağlık turizmi destinasyon seçimi konusunda yeterince ampirik araştırma olmadığı düşünülebilir. Bu eksikliğin sebebi destinasyona özgü olan istatistiksel olarak geçerli ve güvenilir ölçüm yöntemlerinin olmaması olabilir (Riefler vd., 2012). Bu amaçla ortaya atılan davranışsal gizli modeller ve tutumsal modeller mevcuttur. Davranışsal gizli seçim modellerinde, tüketicilerin seçim davranışları, farklı destinasyon alternatifleri seti olarak ele alınmaktadır (Aydın ve Karamehmet, 2017: 3; Atadil vd., 2017). Destinasyon seçim modellerinin birçoğu turistleri rasyonel davranan bireyler olarak kabul etme eğilimindedir ve böylece fayda maksimizasyonu sağlanmaya çalışılır (Aydın ve Karamehmet, 2017: 4). Bu konuda yapılan çalışmalarda algılanan özellikler şeklindeki destinasyon imajı üzerinde durulur ve bilişsel ve duygusal davranış modellerine dayanır.

2.4 Türkiye'nin Sağlık Turizminde Tercih Edilme Nedenleri

Sağlık turizmi alanında yapılan araştırmalara bakıldığında, bu konuda ön planda olan bir çok ülkedeki sağlık turizmi

faaliyetleri dikkate alınırken, bu alanda rekabetçi ülkelerden birisi olan Türkiye üzerinde yeterince araştırma yapılmamış görünmektedir (Aydın ve Karamehmet, 2017: 3). Türkiye üzerine yapılmış olan nadir çalışmalardan birisi olan Zengingönül vd. (2012), uluslararası sağlık turizminde destinasyon tercihini etkileyen faktörler arasında sağlık hizmeti kalite düzeyi, maliyet avantajları, turizm imkanları, tanıdık ve arkadaş tavsiyesi ve kültürel özelliklerin önemli olduğunu sonucuna ulaşmışlardır (Zengingönül vd., 2012). Bir başka çalışmada ise, Türkiye'ye Orta Doğu bölgesinden sağlık turizmi için gelenlerin destinasyon tercihlerini etkileyen faktörler araştırılmıştır (Yıldız ve Khan, 2019).

Gündüz vd. (2019: 717) ise Türkiye'yi sağlık turizmi destinasyonu olarak seçen sağlık turistlerinin karar almasını etkileyen faktörleri çekim modeli ile açıklamaktadır. Bu sonuç, literatürdeki seçim modellerinde yer alan fiziki yakınlık, vize kolaylıkları düşük maliyet ve ulaşılabilirlik faktörlerinin uygulamada etkili olduğunu göstermektedir. Çekici faktörlerin sağlık turistlerinin destinasyon tercihinde etkili olduğu ve bu yönüyle Türkiye'deki sağlık turizmi sektörü en başta coğrafi konumu avantajını kullanarak Ortadoğu, Avrupa ve Afrika'ya ulaşabilme potansiyeline sahip olduğu görülmektedir (Altın vd., 2012; Edinsel ve Adıgüzel, 2014; Burtan Doğan ve Aslan, 2019).

Türkiye'deki sağlık turizmi tesis ve imkânlarının sağlık turistleri tarafından tercih edilmesinde etkili olan faktörler ayrıntılı bir şekilde tartışılarak uluslararası sağlık tesisi seçimini açıklamayı amaçlayan faktörleri ve tüketici davranışları boyutunu içerek kapsamlı bir model önerilmiştir. Bu çalışma, uluslararası sağlık turizminde destinasyon tercihi ve tüketici davranışlarını açıklayabilen tek bir modelden bahsedilemeyeceğini ifade etmektedir (Aydın ve Karamehmet, 2017: 11).

Bu konuda yapılan önemli çalışmalardan birisine göre, sağlık turistlerinin teknolojik altyapı, müşteri deneyimi, yasal ve etik sınırlamalar, uçuş süresi, inanç benzerliği, turizm çekiciliği, maliyet ve bekleme süresi gibi faktörlerin önemli olduğu sonucuna varılmıştır (Sağ ve Zengül, 2018). Bir diğer çalışmada Türkiye'yi gelişmiş ülkelerden gelen sağlık turistleri açısından cazip kılan faktörlerin arasında kısa bekleme süreleri, tedavi yanında tatil yapabileme imkânının olması ve maliyet avantajı ön plana çıkmaktadır (Çılgınoğlu, 2018). Demir vd. (2020: 18) göre ise sağlık turistlerinin destinasyon tercihinde özellikle maliyet uygunluğu, doktorların uluslararası tanınırlığının olması ve teknolojik ekipmanların gelişmiş olması gibi faktörler etkili olmaktadır. Burada özellikle kültürel faktörler ve inanç benzerliği gibi faktörlerin sağlık turistlerinin destinasyon tercihinde belirleyici olduğu söylenebilir (Tengilimoğlu, 2017). Sağlık turizmi destinasyon tercihlerinde genel olarak fiyat, kalite, turizm aktiviteleri, bekleme süresi, ilgili ülkedeki mevzuat, aracı kuruluşlar, teknoloji iletişim ve ülkenin sosyo ekonomik koşulları etkili olmaktadır (Yağar ve Dökme, 2017: 62; Özata vd., 2018: 4615; Yazıcı 2021).

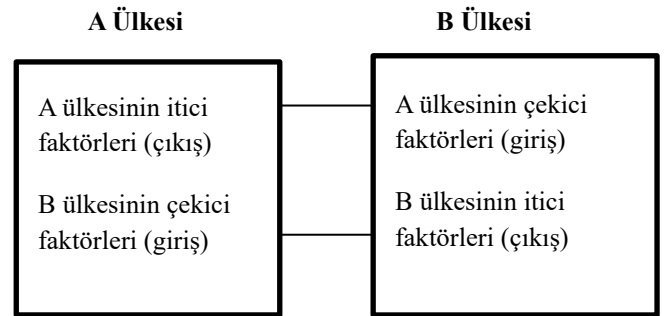
2.5. Medikal Turizm Endeksi

Sağlık turizmindeki tüketici tercihlerini daha iyi analiz edebilmek amacıyla iktisat, girişimcilik ve turizm alanında kullanılmakta olan itici ve çekici faktörler ayrımı kullanılabilir (Veerasoontorn ve Beise-Zee, 2010; Drinkert ve Singh, 2017). Çekici faktörler arasında ülkenin genel özellikleri (ülke imajı), sağlık hizmetleri ve sağlık turizm endüstrisinin özellikleri ve sağlık tesis ve hizmetlerin kalitesi, akreditasyon ve doktorların eğitimi ve tanınırlığı gibi faktörler sayılabilir (Singh, 2019). Bu alanda yapılan önemli çalışmalardan birisinde Medikal Turizm

Endeksi (Medical Tourism Index) yaklaşımı ortaya atılmıştır (Fetscherin ve Stephano, 2016). Fetscherin ve Stephano (2016) ekonomi ve turizm alanından ödünç aldıkları itici ve çekici faktörler ayrımını sağlık turizmine uyarlamışlardır. İtici ve çekici faktörler, denildiğinde kısaca bir ülkenin sağlık turizmi destinasyonu olarak tercih edilmesini sağlayan sağlık turistlerinin ülkesine ilişkin dezavantajlar (itici faktörler) yanında çekici ülke faktörleri, sağlık bakım maliyetlerinin çekiciliği ve turizm çekiciliği, medikal tesis ve hizmetlerin kalitesi anlaşılmaktadır (Fetscherin ve Stephano, 2016: 540).

Medikal turizm endeksi kullanılarak sağlık turistlerinin ülke düzeyindeki destinasyon tercihlerinde rol oynayan faktörler ve bu faktörlerin ağırlıkları analiz edilmektedir (Olya ve Nia, 2020: 6). Medikal Turizm Endeksi, bir ülkenin medikal turizm destinasyonu olarak tercih edilebilirliğini ortaya koyan bir performans ölçüm aracıdır. Endekste 4 ana boyut altında 34 değişken yer almaktadır. Ana boyutlar, ülke faktörleri boyutu, turizm boyutu, sağlık maliyetleri boyutu ve sağlık tesis ve hizmetleri boyutudur.

Modeldeki ülke boyutunda ekonomik, kültürel ve politik faktörler yer alırken turizm boyutunda ise ülkenin turizm potansiyeli ve dikkat çekici özellikleri yer almaktadır (Connell 2006; Smith vd., 2011; Yu ve Ko, 2012). Turizm destinasyonu boyutunda ülkenin kültürel ve doğal turistik çekicilikleri yer almaktadır (Connell 2006; Heung vd., 2011; Fetscherin ve Stephano, 2016). Maliyet boyutunda sağlık turistinin katlanması gereken her türlü zorunlu, görünen ya da görünmeyen maliyetler yer almaktadır ve burada tüketicinin rasyonel davrandığı varsayılır (Fetscherin ve Stephano 2016). Sağlık tesis ve hizmetleri boyutunda ise başta hizmet kalitesi olmak üzere, akreditasyon, sağlık personelinin tanınırlığı ve eğitim durumu, tesisin arkadaş ya da tanıdıklar tarafından tavsiye edilmesi ve diğer faktörler yer almaktadır (Gan ve Frederick 2011). Medikal turizm endeksi, yapılan istatistiksel analizler sonucunda geçerlik ve güvenilirliği test edilmiş oldukça kullanışlı bir ölçüm aracıdır. Sağlık Turizminde itici ve çekici faktörlerin mantığı aşağıdaki şekilden daha iyi anlaşılabilir:



Şekil 2: Medikal Turizmde İtici ve Çekici Faktörler (Figure 2: Pushing and Pulling Factors in Medical Tourism), Kaynak: Fetscherin & Stephano, 2016, s.540.

3. Yöntem

Bu çalışmada, kavramsal çerçevesi yukarıda açıklanan Medikal Turizm Endeksi (MTI) ölçeği kullanılacak ve bu şekilde derinliğine ve detaylı analizler yapılarak model test edilmiş olacaktır. Araştırmanın soruları, Medikal Turizm Endeksi metodolojisine uygun şekilde 4 boyut altındaki ifadelerden oluşmaktadır. Araştırma soruları şunlardır;

Soru 1: Hastaların destinasyon tercihleri, Türkiye'nin çevresel faktörlerinden etkilenmekte midir?

Soru 2: Hastaların destinasyon tercihleri, Türkiye'nin turizm destinasyonu olmasıyla ilgili faktörlerden etkilenmekte midir?

Soru 3: Hastaların destinasyon tercihleri, Türkiye'deki sağlık maliyetlerinin uygun olmasından etkilenmekte midir?

Soru 4: Hastaların destinasyon tercihleri, Türkiye'deki sağlık tesis ve hizmetleriyle ilgili faktörlerden etkilenmekte midir?

Bu dört araştırma sorusu, Fetscherin ve Stephano (2016) tarafından oluşturulan Medikal Turizm Endeksine göre hazırlanmıştır ve bu dört boyutun sağlık turizm destinasyon tercihlerini açıklama gücüne sahip olduğu varsayılmaktadır. Dört boyutun toplamı 100'dür. Burada yapılacak uygulama ve analizler sonrasında 4 boyutun araştırma sorunsalını açıklama gücü karşılaştırılmalı olarak ortaya çıkacaktır.

Bu çalışmada frekans tabloları yanında modeldeki her bir değişkeni birbiriyle ilişkilendirerek Türkiye'yi sağlık turizmi destinasyonu olarak seçenlerin algılamaları karşılaştırılmalı olarak ortaya konulacaktır. Farklı ülkelerden gelen hastaların farklı perspektifleri ortaya konularak araştırma modeli çerçevesinde çok değerli bilgilere ulaşılması hedeflenmektedir.

Mülakat formunda, araştırma modeline uygun şekilde sorular 4 kısımda yer almaktadır. Her kısımda yer alan sorular alt değişkenler şeklinde ana faktörü açıklamaktadır. Mülakat soruları, Aydın ve Karamahmet (2017, s.31) ve Sağ ve Zengül (2018, s.7) tarafından yapılan çalışmaların da dikkate alınması ve özellikle Fetscherin ve Stephano (2016) tarafından oluşturulan Medikal Turizm Endeksinden yararlanılarak geliştirilmiştir. Mülakat soru setinin hazırlanmasında araştırmanın bu aşaması öncesinde yapılan bilirkişi görüşmeleri de büyük rol oynamıştır. Bu görüşmeler sağlık turizmi alanında uzman, aracı rolünde, yönetici, akademisyen gibi yetkin kişiler ile yapılmıştır.

Mülakat aşamasında katılımcıları belirlemek için Medipol Mega Üniversite Hastanesi hastane bilgi yönetim sisteminden ve verilerinden yararlanılmıştır. Tek bir hastane ya da sağlık tesisinin örneklem olarak seçilmesi bir sınırlılık gibi görülebilir. Ancak, seçilen sağlık tesisine çok sayıda farklı ülke ve bölgeden hasta gelmesi, adı geçen hastanenin önemli bir sağlık tesisi olması ve dolayısıyla örnekleme dengeli bir dağılım olması ile sonuçlanmıştır. 2020 kayıtlarına göre, adı geçen hastaneye yaklaşık 30 ülkeden sağlık turisti (hasta) gelmektedir. Hastane bilgi yönetim sisteminden çekilen verilere göre, en fazla ciro sağlayan 10 ülke büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Libya, Ukrayna, Irak, Kosova, Azerbaycan, Özbekistan, Rusya Federasyonu, Gürcistan, Kazakistan ve Cezayir'dir. Bu ülkelerden gelen hastalara uygulanacak mülakatların sayısı, mülakat yapıldığında yeni bilgi gelmemesi anlamında kullanılan doyma noktasında (saturation point) yeterli görülmüştür (Saunders vd., 2018). Mülakatlar adı geçen sağlık tesisinde 2021 yılı Nisan ayından başlayarak 6 aylık süreçte tamamlanarak mülakat dökümleri yapılmıştır ve daha sonra profesyonel tercümanlar tarafından Türkçeye çevrilmiştir.

Mülakata, Türkiye'yi sağlık turizmi destinasyonu olarak tercih eden toplamda 42 sağlık turisti dâhil edilmiştir. 13 sağlık turisti, gelişmiş ülkelerden gelirken; 29 sağlık turisti gelişmekte olan ülkelerden gelmiştir. Katılımcıların 13 tanesi 20-30, 10 tanesi 31-40, 10 tanesi 41-50 ve 9 tanesi 50 yaş üzeri yaş aralıklarındadır. Katılımcıların 10 tanesi bekâr ve 32 tanesi evlidir. 21 tanesi kadın ve 21 tanesi erkektir. Eğitim durumlarına bakıldığında 4 katılımcı ilkökul, 4 katılımcı ortaokul, 11 katılımcı lise ve 23 katılımcı üniversite bitirmiştir. 34 katılımcı ilk defa sağlık turizmi amacıyla Türkiye'ye gelirken, 8 tanesi bu amaçla

daha önce birden fazla sayıda Türkiye'de bulunmuşlardır. Katılımcıların Türkiye'yi sağlık turizmi amacıyla ilk defa ziyaret etmeye karar vermelerinde; 11 katılımcı internetten bilgi aldıklarını ifade ederken, 31 katılımcı tanıdık tavsiyesine güvenerek Türkiye'yi seçmişlerdir. Demografik bulgular aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 1. Katılımcıların Demografik Özelliklerine Göre Dağılımı (Table 1. Distribution of Participants by Demographic Characteristics)

	N	%	
Ülke	Gelişmiş ülkeden gelen	13	31
	Gelişmekte olan ülkeden	29	69
Yaş	20-30 yaş	13	31
	31-40 yaş	10	24
	41-50 yaş	10	24
	51 yaş ve üzeri	9	21
Medeni Durum	Bekar	10	24
	Evli	32	76
Cinsiyet	Kadın	21	50
	Erkek	21	50
Eğitim Durumu	İlkokul	4	9
	Ortaokul	4	9
	Lise	11	26
	Üniversite	23	56
Ziyaret Sayısı	Bir defa gelen	34	81
	Birden çok defa gelen	8	19
Türkiye'yi Seçme Nedeni	İnternet araştırması	11	26
	Tanıdık tavsiyesi	31	74

4. Araştırma Bulguları ve Tartışma

4.1. Bulgular

Yapılan içerik analizi sonucunda, sağlık turistlerinin Türkiye'yi tercih etme sebepleri medikal turizm endeksi çerçevesinde ortaya konulmuştur. Sağlık turizmi destinasyon tercihini etkileyen faktörler bu bağlamda itici ve çekici faktörler olarak sınıflandırılmıştır. Bu faktörlerin frekanslarıyla birlikte katılımcıların bu konudaki ifadeleri örnek olarak alınmıştır:

Katılımcılardan %73.8'i tanıdıklarının tavsiyesi üzerine adı geçen sağlık tesisini tercih etmiştir. Bu durum, itici faktörlerden tanıdık tavsiyesi faktörünün önemini göstermektedir. Tanıdık tavsiyesi faktörünü ifade eden örnek mülakat alıntıları aşağıdadır:

“Daha önce arkadaşı burada tedavi görmüş onun vasıtasıyla geldik. Hatta bakanlık hastası olduğum için ve bunu zaten bakanlık önerdiği zaman Medipol'ü kendim seçtim” (Kosova1).

“Özellikle ben araştırmadım, annem araştırdı, daha önceden bizim hastanede tedavi gören tanıdıkları vardı, onların isteğiyle bizim hastaneyi seçtik sonuç olarak” (Gürcistan1).

Türkiye'nin bir sağlık destinasyonu olarak seçilmesinde etkili olan itici faktörlerden birisi olan “kendi ülkesinin sağlık standartları” faktörü katılımcıların %59.5'in tarafından ifade edilmiştir. Avrupa'dan gelenler uzun bekleme süreleri, uzman hekime ulaşmanın zorluğu ve tedavinin zamanında yapılamamasından dolayı hızlı bir çözüm olarak Türkiye'yi tercih ettiklerini belirtirken gelişmekte olan ülkelerden gelenler daha çok kendi ülkelerindeki sağlık hizmetlerin yetersizliğinden şikâyetçidirler.

Sağlık tesisi tercihinde etkili olan çekici faktörlerin en önemlisi, “Türkiye'nin sağlık standartları” faktörüdür (%59.5). Bu faktörün içerisinde, Türkiye'de sağlık hizmetlerin hızlı olması, sağlık hizmetlerine ve uzman hekimlere kolayca ulaşılabilme gibi

avantajlar yer almaktadır. Bu faktörü ifade eden bazı katılımcı görüşleri aşağıda sunulmuştur:

“Yani şöyle evet yani evet diyebilirim genel olarak Türkiye de iyi hizmet olduğunu düşünüyorum aynı şekilde medikal cihazları da kapsıyor tabii ki” (İrlanda1).

“... Türkiye hastaneleri çok seçenekli bir hastane yani birden fazla doktor seçeneğimiz olduğu için buraya geldik” (ABD1).

Çekici faktörler arasında web-internet referansları da etkili olmuştur (%42.8). Bazı katılımcılar sağlık tesisi tercihlerini yapma sürecinde, online forumlara katılarak ve hastane internet sitelerini inceleyerek, sağlık hizmetlerini, uzman hekimleri ve özgeçmişlerini kontrol edebilmektedirler. Elektronik ağızdan ağızdan pazarlama ve dijital pazarlama araçları giderek daha faizle etkili olurken özellikle gençlerin daha aktif olduğu dikkat çekmektedir. Bu faktöre ilişkin örnek katılımcı ifadeleri aşağıda sunulmuştur:

“Türkiye’de en iyi 10 hastanenizin arasında en iyi hastane, Medipol diye okumuştum sonra giriş yaptıktan sonra insanların yorumları çok pozitif ve daha çok buraya gelmek için teşvik oldum ve sonra internet üzerinden hastaneyle doktor biriyle iletişime geçtik ve buraya geldik (Irak2).

“Ben doktoru internette araştırdım, kim yapıyor bu operasyonu, daha çok yorumları okudum (Rusya 2).

Çekici faktörlerden birisi de ülke imajı ve misafirperverlik temasıdır (%31). Bu temada Türkiye’nin ülke imajı ve özellikle önceki ziyaretlerdeki misafirperverliğin pozitif etkisi vurgulanmaktadır. Bu faktöre ilişkin bazı katılımcı ifadeleri aşağıda yer almaktadır:

“... hava, su insan nasıl diyeyim sıcakkanlılığı sonra sohbetiniz bile yani çok sıcakkanlı bir şey ya da böyle bir yardım sever insanlar bana yardım etmeye çalışan insanlar yani bu Almanya’da yok” (Almanya1).

“Türkler çok iyi insanlar, nereye gitsem tedavi ile ilgili olmasa da yardımcı oluyorlar (Cezayir1).

Sağlık tesisi tercihinde etkili olan çekici faktörlerden birisi de din ve kültür temasıdır. Türkiye’yi sağlık turizminde tercih eden katılımcıların %38’i dini ve kültürel faktörlerin önemli olduğu ifade etmektedir. Buna ilişkin bazı örnek katılımcı ifadeleri aşağıda sunulmuştur:

“Buraya geldik çünkü hizmetleri kaliteli yani işlerine sadıklar ve kültür de benzer geldi. Diller aynı değil ama kültür benzer (Kazakistan1).

“Müslüman bir ülke olmasının da benim için büyük bir katkısı var (Irak3).

Türkiye’nin sağlık turizmi destinasyonu olarak seçilmesinde etkili olan çekici faktörlerden birisi de “resmiyet/vize” temasıdır (%28.6). Bu temada Türkiye’ye sağlık amaçlı olarak gelmenin, resmi işlem ve vize alma açısından kolay olduğu ifade edilmektedir. Bu temaya değinen örnek katılımcı ifadeleri aşağıda verilmiştir:

“Buraya gelmesi daha kolay, vize sıkıntımız yok... (Kazakistan1).

“Açıkçası ilk başta Almanya’ya gidecektik maddi gücümüz de vardı ama bu vize işi bizi durdurdu çünkü anneme kanser tanısı konduktan sonra hemen tedavi gerekliydi ve burada vizeyi 5 günde çıkarırken Almanya’da vizeyi almaya çalışırken 5 ay geçecekti” (Irak2).

Çekici faktörler ve çıktılar arasında “turizm” temasıyla ifade edilen, kritik ve acil sağlık hizmeti alması gereken hastalar hariç aynı zamanda tatil yapma düşüncesidir (%54.7). Literatürde sıkça vurgulanan bu faktör, katılımcılar arasında oldukça ağırlıklı olarak ifade edilmiştir:

“Turizm amacıyla gelmeyi de isterim” (Mali2).

“Sadece sağlık hizmetinden dolayı değil yani daha doğrusu ülkeye ziyaret anlamında geldiğimde sağlık turizmini de entegre ediyorum (Almanya2).

Çekici faktörler ve çıktılar başlığı altında yer alan diğer tema “güvenlik” temasıdır. Türkiye genel olarak güvenli bir ülke olarak görülmekle birlikte, yabancılara karşı fırsatçılık örnekleri de ifade edilmektedir (%66.6):

“Güvenlik açısından bir sorun yok o zaman düşünmedik, geldiğimizde söz konusu değildi. Çünkü ben sadece çocuğumun iyileşmesine odaklandım ama şu anda gayet rahat bir şekilde geziyoruz, güvenilir. (Ukrayna1).

Türkiye’yi zaten güvenli ülke olarak görüyorum bugünde kadar bire bir kimse dolandırmadı ve rüşvet falan istenmedi bizden sadece 2012’de turizm için geldiğimde cebimden para çalmıştı onu da polise söylemiştik, onun dışında yoktu. (Irak2).

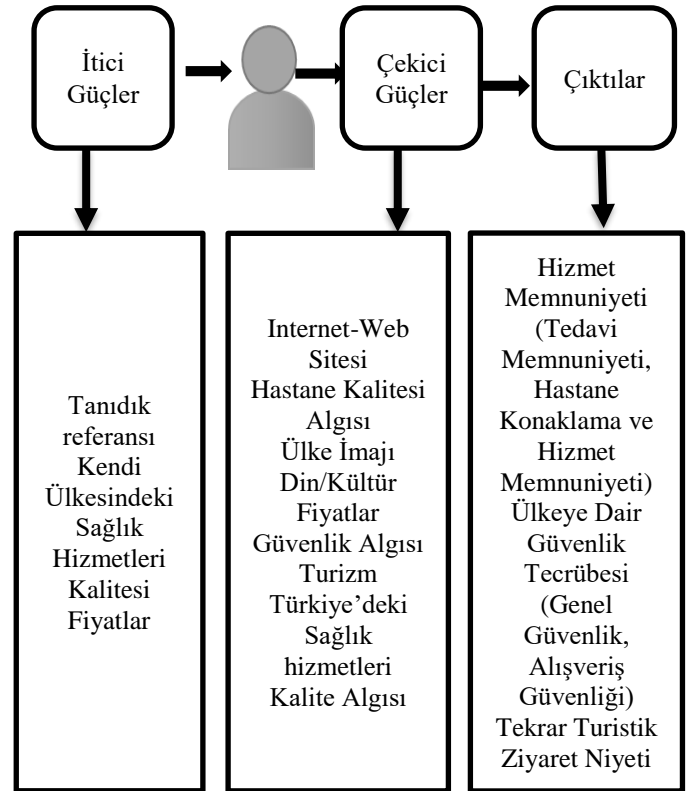
Fiyat, literatüre uygun şekilde, sağlık turizminde destinasyon tercihinde hem itici hem de çekici faktör olarak görülmektedir (%47.6). Burada özellikle döviz kurunun gelişmiş ülkeler açısından avantajlı olması etkilidir:

“Diğer ülkelerle karşılaştığımızda hem tıp hizmeti hem otel vs fiyatları daha uygundur (Gürcistan1).

“Türkiye’yi Avrupa ya da İsrail’le kıyasladığımızda daha ucuz tedavisi var. Mesela ama Hindistan’da da ama orada kalite bu kadar değil Türkiye’de kalite çok iyi; hem parası ona göre daha düşük (Rusya2).

Sağlık turizmindeki temel göstergelerden birisi olan hizmet kalitesi ve memnuniyeti konusunda, katılımcılar, çok yüksek oranda memnun görünmektedirler (%95.2).

Medikal turizm endeksinde yer alan itici ve çekici faktörler ve çıktılar çerçevesinde ortaya konulan bulgular, aşağıdaki şekil ile özetlenebilir:



Şekil 3: Türkiye’deki sağlık turizmindeki itici, çekici güçler ve çıktılar (Figure 3: Pulling, pushing forces and outputs in Turkey health tourism)

4.2. Tartışma

Medikal Turizm Endeksi, Fetscherin ve Stephano (2016) tarafından ortaya atılmış olan 4 boyuttan oluşmaktadır ve bu dört boyutla sağlık turizm destinasyon tercihleri açıklanmaktadır. Dört boyutun toplamı 100'dür. Medikal Turizm Endeksi mantığına göre, bu bulguları yorumlamak gerekirse; 4 ana faktörün, araştırma sorularını açıklama kapasitesi ve ağırlığı 100 üzerinden hesaplanmıştır. Bu faktörler, ağırlıklarına göre önemliden daha az önemliye doğru, yukarıda sıralanmıştır.

Medikal Turizm Endeksinin uygulandığı bu çalışmada, yapılan mülakatlar sonucunda katılımcılar toplamda 329 faktörden bahsetmişlerdir ve her faktör ile alt faktörlerin (ifade ya da temaların) katılımcılar tarafından kaç defa tekrarlandığı hesaplanmıştır. Unutulmamalıdır ki aynı mülakat içerisinde çok sayıda faktör ifade edilmiş olabilir ve dolayısıyla ifadelerin toplam oranının yüzde 100'den fazla olması normal karşılanmalıdır. Örneğin yaptığımız çalışmada ifade edilen toplam faktörler %217 olarak bulunmuştur. Bu oranı yüzde üzerinden (toplam %100 olacak şekilde) ağırlıklama yöntemiyle hesapladığımızda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır (Bir başka deyişle 4 faktörün toplamı 100 olduğu gibi, her bir faktörü göreceli ağırlığına göre 100 üzerinden hesaplamak gerekmektedir). 4 faktörün dengeli dağıldığı zaman, %25'lik dilimler halinde olacağı varsayımına karşılık, daha çok frekansla ifade edilen faktörler, %25'ten fazla ağırlığa sahip olacağı gibi daha az tekrarlanan faktörlerin ağırlığı %25'ten az olacaktır. Bu sebeple çalışmamızda kullanılan hesaplama yöntemi, Medikal Turizm Endeksi çalışmasında önerilen ağırlıklama ya da analiz yöntemlerinden birisi olan ağırlıklama yaklaşımı (participatory approach) olarak seçilmiştir. Bunun temel sebebi, bu yaklaşımın sağlık turizminin talep yönüne odaklanması sebebiyle tavsiye edilmesidir (Fetscherin ve Stephano, 2016, s.547).

Buna göre katılımcılar destinasyon tercihlerini yaparken, en fazla Türkiye'deki sağlık tesis ve hizmetleriyle ilgili faktörlerden etkilenmiştir. Bu faktörlerin ortalama yüzdesi %72,2'dir ve MTI puanı 33,79'dur.

İkinci olarak hastaların destinasyon tercihlerinde, Türkiye'nin turizm destinasyonu olması etkili olmuştur. Turizm faktörü yüzdesi %54,7'dir ve MTI sistemine göre 25,25 puan ortaya çıkmaktadır.

Üçüncü araştırma sorusu olan "hastaların destinasyon tercihleri, Türkiye'deki sağlık maliyetlerinin uygun olmasından etkilenmekte midir?" sorusunun ortalama yüzdesi %47,6'dır ve MTI puanı 22,01'dir.

Son olarak, araştırmamıza katılan hastaların destinasyon tercihlerinde Türkiye'nin çevresel faktörleri önemli rol oynamıştır. Burada özellikle güvenlik, kültür, resmiyet, vize kolaylığı, ülke imajı ve misafirperverlik faktörleri dikkat çekmektedir. Bu faktörlerin ortalaması %41'dir ve MTI sistemine göre 18.95 puan ortaya çıkmaktadır.

Yapılan analizler sonucu elde edilen bulgular, Medikal Turizm Endeksiyle uyumlu haldedir. Medikal Turizm Endeksi uygulanarak yapılan analiz sonucunda 4 araştırma sorusunun hepsinde belli oranda açıklama gücünü ifade eden sonuçlar çıkmıştır. Yapılan nitel çalışma sonucunda söz konusu modeldeki tüm faktörlerin sağlık turistleri tarafından farklı oranlarda destinasyon seçim sürecinde dikkate alındığı görülmektedir. Dolayısıyla araştırmamızın, medikal turizm endeksinde yer alan itici ve çekici faktörleri kullanarak ülkemize özgü bir sağlık turizmi çerçevesi oluşturduğu görülmektedir. Bu yönüyle değerlendirildiğinde yaptığımız araştırmanın mevcut olan

literatüre en azından mütevazı bir katkı anlamına geldiği söylenebilir.

5. Sonuç

Türkiye'de sağlık turizmi destinasyon seçim ve tercih süreçleri konusunda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Destinasyon seçim faktörleri arasında öncelikle maliyet, turizm olanakları, kalite düzeyi, kültürel özellikler ile tanıdık ve arkadaş tavsiyeleri yer almaktadır (Crozier & Baylis, 2010; Zengingönül vd., 2012; Aydın ve Karamehmet, 2017). Bu faktörlerin tanıdık ve arkadaş tavsiyesi dışında kalan tüm faktörler bulgularımızda yer almaktadır. Bookman ve Bookman (2007) tarafından yapılan çalışmada bulunan destinasyon tercihinde etkili olan faktörlerden olan kültürel yakınlık, coğrafi mesafe faktörleri bulgularımızda yer almaktadır. Fiziksel yakınlıktan daha etkili olan kültürel yakınlık faktörü Liu vd. (2018) tarafından önemli görülen bir faktördür ve bu yönüyle çalışmamızla paralellik arz etmektedir. Örneğin Yıldız ve Khan (2019) tarafından yapılan araştırma, çalışmamız için oldukça yol gösterici olmuştur. Adı geçen çalışma sonucunda destinasyon tercih faktörleri, 17 parametre ve 2 kategori şeklinde bulunmuştur. Yaptığımız araştırmada, benzer şekilde sağlık tesisi ve sağlık personeli ve doktorların kalitesi, fiziksel ve kültürel yakınlık, uygun maliyet, ülkemizin turizm özellikleri ve benzeri faktörler (örneğin 54, 222), bizim araştırmamızda da ön plana çıkmıştır. Araştırmamız, Gündüz ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan çalışmaya da benzemektedir. Yaptığımız çalışmada sağlık turistlerinin ülkemizi bir sağlık turizmi destinasyonu olarak etkileyen faktörler itici ve çekici faktörler olarak sınıflandırılmış ve ülkemize fiziki ve kültürel yakınlık, uygun maliyet, vize kolaylıkları ve ulaşılabilirlik faktörlerinin uygulamada da önemli olduğu görülmüştür.

Yapılan analizler sonucunda "destinasyon" kavramı karşımıza önemli bir faktör olarak çıkmaktadır. Destinasyona ilişkin faktörler bulgularımız içinde yer almaktadır ve bu yönüyle Yıldız ve Khan (2019) tarafından yapılan çalışmanın bulguları ile de uyumludur. Sağlık tesisinin kaliteli ve donanımlı olması ile sağlık personeli ve özellikle doktorların yetkin ve iyi eğitim almış olması gibi faktörler önemli bulgular arasındadır. Özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde bu faktörlere ciddi önem verilmektedir. Bu sebeple, gelişmiş ve modern tıp teknolojileri ve iyi eğitim almış doktorlar en önemli çekici faktörler arasındadır. Bu bulgu Aydın ve Karamehmet'in (2017) çalışmasıyla uyumludur. Her ne kadar maliyet boyutu tüm ülkelerden gelen hastaların önem verdiği bir değişken olsa da özellikle Avrupa ve Amerika gibi gelişmiş ülkelerden gelen hastaların ekonomik olarak daha yüksek standartlarda olması, kendi ülkelerindeki yüksek tedavi maliyetleri olması ve özellikle Türkiye'de kısa bekleme süreleri sebebiyle ülkemiz önemli bir sağlık turizmi destinasyonudur. Kültürel benzerlikler ve ülke imajı faktörleri de tercih sebepleri arasındadır. Bu faktör özellikle komşu ve yakın ülkelere ve özellikle Orta Asya ve Balkan ülkelerinden gelenler için oldukça önemlidir.

Yapılan uygulama sonucunda, Türkiye'yi sağlık turizmi amacıyla tercih eden hastaların sırasıyla; sağlık tesis ve hizmetleriyle ilgili faktörler, Türkiye'nin turizm destinasyonu olması, Türkiye'deki sağlık maliyetlerinin uygun olması ve çevresel faktörlerden etkilendiği görülmektedir. Türkiye'deki sağlık tesisleri, doktorlar ve sağlık hizmetlerinin kaliteli olduğu algısı, yabancı hastaları Türkiye'ye çekmektedir.

Türkiye'nin sağlık turizmi potansiyeli ve pazar segmentlerinin ortaya çıkarılması ile ülke turizminin hedefleri hem devlet, hem de sektörün ana oyuncularını ve tur operatörleri açısından önemli bilgiler sağlayacaktır. Elde edilen bilgilerle sağlık turizm sektörü, farklı pazarlama karmalarına göre heterojen gruplara ayrılabilir. Homojen gruplara karşı pazarlama stratejileri oluşturmak, tüketicilerin özellikleri ve talepleri birbirine benzer olduğu için daha kolaydır. Sağlık gibi hassas ve önemli bir hizmetin karşılanmasında müşteriler risk almazlar. Diğer turizm ve pazarlama alanlarında kaybedilecek olan şey, bir ürün ya da hizmetin faydasının az olması iken sağlık turizmindeki beklentiler hayati olabilmektedir. Dolayısıyla sağlık turizmi kuruluşları, tur operatörlerinin ve diğer paydaş kuruluşların potansiyel müşterilerin beklentilerini önceden öğrenerek ona göre pazarlama stratejileri geliştirmeleri faydalı olacaktır.

Son yıllarda Türkiye'de sağlık turizmi ile ilgili kaydedilen gelişmeler ve atılımlar sonucunda Türkiye küresel sağlık turizmi sektöründe önde gelen ülkeler arasına girmiştir. Türkiye'ye gelen sağlık turistlerinin sayısı, her ne kadar pandemi döneminde kesintiye uğrasa da, istikrarlı bir şekilde artmaktadır. Dünya standartlarında akredite edilmiş sağlık merkezlerine, son derece nitelikli sağlık personeline, tıbbi teknolojilere sahip olan ve sağlık hizmetlerinin maliyetlerinin oldukça uygun olduğu Türkiye'nin sağlık turizmi konusunda ciddi bir potansiyeli bulunmaktadır. Bununla birlikte Türkiye'nin küresel sağlık turizmi pazarından hak ettiği payı alamadığı değerlendirilmektedir (Şahbaz vd., 2012: 288).

Sağlık turizmi alanında kaydedilen ilerlemeler gerek yasal altyapı gerekse uygulama alanında oldukça dikkat çekicidir. Türkiye'nin sağlık turizmi alanında rekabetçiliğini sürdürebilmesi ve sektörde lider konumuna gelebilmesi amacıyla yapılması gerekenlerin bir kısmı ilgili mevzuatla ve uygulamayla ilişkilidir. Türkiye'nin jeo-stratejik coğrafi konumu, yetkin sağlık personeline sahip olması, kaliteli ve rekabetçi fiyat seviyesinde sunduğu sağlık hizmeti yanında kısa bekleme sürelerine sahip olması, en son tıbbi teknoloji ve yöntemlerin mevcut olması sağlık turizmi alanında önemli avantajlardır. Bu avantajlarla birlikte Türkiye'nin atılım yapması için altyapı hazır görünmektedir.

Sağlık turizmi sektörünün stratejik niteliği ve ekonomi için itici güç olan turizmi sektörünü geliştirebilme potansiyeli dikkat çekmektedir. Türkiye'nin sahip olduğu kapasite ve potansiyelin en etkin ve verimli şekilde kullanılabilmesi için yapılması gereken işlerin başında, sektörün uluslararası boyuttaki gelişimini yavaşlatan bürokratik engellerin ortadan kaldırılması gelmektedir. Bu bağlamda yönetimin ve politika yapıcıların Türkiye'deki sağlık turizmi gelişimini koordine ederek özel sektörle işbirliği içerisinde olması gerekmektedir. Birçok sektörde ve turizm sektöründe de olduğu gibi daha fazla pazar payı kazanmak ve rekabetçi olabilmek için işletmelerin tanıtım ve tutundurma faaliyetlerine önem vermesi gerekmektedir. Tanıtım faaliyetleri potansiyel müşterileri harekete geçirerek satın alma davranışına yönlendirebilir. Dolayısıyla, sağlık turizmi hizmetlerine yönelik tanıtım ve bilgilendirme faaliyetlerinin etkili bir şekilde yapılması gerekmektedir (Tontuş, 2018: 67).

Tanıtım faaliyetlerinde Türkiye'nin sağlık turizmi konusundaki güçlü yönlerine yeterince vurgu yapılmalıdır. Bu çalışmada ortaya çıkan bulgular ışığında öncelikle sağlık tesislerimizin ve uzman doktorlarımızın kalitesinin ön plana çıkarılması ve tanıtılması; Türkiye'nin turizm potansiyelinin sağlık turizmine imkân vereceğinin vurgulanması, daha sonra uygun fiyat ve çevresel faktörler üzerinde durulması önerilebilir.

Sağlık turizminin geliştirilmesinde oldukça başarılı olunan ve rekabetçi olduğumuz turizm sektörünün özellikle deniz ve termal turizmi alanlarıyla birlikte düşünülmesi faydalı olacaktır. Gelişmiş ülkelerden gelen sağlık turistlerinin sağlık hizmet kalitesi ve özellikle standartlar ve akreditasyona önem verdiği bilinmektedir. Sağlık turizminde ilk defa sağlık hizmeti alanlarına yoğunlaşılmasıyla birlikte sağlık turistlerinin sadık müşteri haline gelmesi, hem sağlık hizmeti talep etmesinde süreklilik sağlanması hem de çevresine Türkiye'deki sağlık kuruluşlarını tavsiye etmesi sağlanmalıdır. Bu çerçevede özellikle sağlık personelinin (sadece doktorların değil) kalifiye ve yetkin olması, iletişim becerilerine sahip olması ve en önemlisi yabancı dil engelinin aşılmış olması önem arz etmektedir.

Türkiye'de sağlık turizminin gelişmesi için Kültür ve Turizm Bakanlığı, Ekonomi Bakanlığı ve Sağlık Bakanlığı'nın ve sağlık turizmiyle ilgili olan özel sektör ve devlet ile STK'ların, özellikle üniversitelerin ve tüm hastanelerin koordinasyon içerisinde ve ortak strateji çerçevesinde çalışması gerekmektedir. Sağlık turizmi alanında Türkiye'nin turizm potansiyelinin en iyi şekilde değerlendirilmesi için stratejik plan ve eylem planının uygulanması faydalı olacaktır. Türkiye'nin sağlık turizmi alanında markalaşması yanında belli tedavi alanlarında da uzmanlaşması gerekir. Günümüzün rekabetçi ve küresel sağlık endüstrisinde başarılı olmak için uluslararası akreditasyon yanında sağlık profesyonellerinin çok iyi eğitim almış olması önemlidir. Kamu sağlık kuruluşları da akreditasyon sürecine başvurmalıdır. Türkiye, proaktif sağlık turizmi politikaları uygulayarak orta ve uzun vadede sektörde lider olabilmek için gerekli alt yapıya sahip görünmektedir.

Sağlık turizmindeki destinasyon tercih süreçleri konusu akademik düzeyde farklı şekillerde ele alınabilir. Hem nitel hem de nicel çalışmalar yapılabileceği gibi, hastaların ve sağlık personelinin görüşleri de alınarak karşılaştırmalı analizler yapılabilir. Bölgelere göre yapılacak analizler sonucunda, hangi ülke ve bölgelerin hangi boyutta yoğunlaştığı karşılaştırmalı şekilde ele alınabilir. Ülkemiz açısından yapılan analizler, farklı ülkelerde yapılacak benzer araştırmalarla karşılaştırılabilir. Yurt içi ve yurt dışı sağlık turistlerinin bakış açıları karşılaştırılabilir. Sağlık turisti memnuniyeti ile sağlık turizm gelirlerinin arasındaki ilişkiye bakılabilir. Algılanan hizmet kalitesinin sağlık turisti memnuniyetiyle ilişkisine bakılabilir; bu ilişkide ön plana çıkan faktörler incelenebilir.

Kaynakça

- Ağaoğlu, F. O., Karagöz, N., and Zabun, S. (2019). Sağlık Turizmi Uygulamaları ve Türkiye'ye Getirilmesine İlişkin Bir Değerlendirme. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(2): 428-450.
- Aktepe, C. (2013). Sağlık Turizminde Yeni Fırsatlar ve Türkiye'de Yerleşik Sağlık İşletmelerinin Pazarlama Çabaları. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 5(1): 170-188.
- Altın, U., Bektaş, G., Antep, Z., ve İrban, A. (2012). Sağlık turizmi ve uluslararası hastalar için Türkiye pazarı. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* 3(3): 157-163.
- Atadil, H. A., Sırakaya-Türk, E., and Altıntaş, V. (2017). An analysis of destination image for emerging markets of Turkey. *Journal of Vocation Marketing*, 23(1): 37-54.
- Aydın, G., and Karamehmet, B. (2017). Factors affecting health tourism and international health-care facility choice. *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*. 11(1).
- Bookman, M.Z. ve Bookman, K. R. (2007). *Medical Tourism in Developing Countries*. Springer.

- Bostan, S., ve Yalçın, B. (2016). Sağlık Turistlerinin Medikal Destinasyon Seçimini Etkileyen Faktörler. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(43): 1729-1735
- Burtan Doğan, B., ve Aslan, A. (2019). Türkiye'de Sağlık Turizminin Mevcut Durumu ve Ülke Ekonomisine Katkıları. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(18): 390-418.
- Connell, J. (2006). Medical tourism: Sea, sun, sand and... surgery. *Tourism management*, 27(6): 1093-1100.
- Crozier, G. K. D., & Baylis, F. (2010). The ethical physician encounters international medical travel. *Journal of Medical Ethics*, 36(5), 297-301, 2010.
- Çılğinoğlu, H. (2018). Çalışanlar, yöneticiler ve uluslararası hastalar bağlamında Türk sağlık turizminin SWOT analizi ile sorunları ve çözüm önerilerinin tespiti. *Turkish Studies Educational Sciences*, 13(19): 501-512.
- Deloitte. (2009), *Medical Tourism Update and implications*, NY: Deloitte.
- Demir, Y., Pınar, O. R. U. Ç., Baştürk, Y. A., ve Övey, İ. S. S. (2020), Medikal Turistlerin Tercih Nedenleri: Samsun İli Örneği. *Turizm Ekonomi Ve İşletme Araştırmaları Dergisi*, 2(1): 18-30.
- Drinkert, A., and Singh, N. (2017). An investigation of American medical tourists' posttravel experience. *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 26(3): 335-346.
- Edinsel, S., ve Adıgüzel, O. (2014). Türkiye'nin sağlık turizmi açısından son beş yıldaki dünya ülkeleri içindeki konumu ve gelişmeleri. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 4(2): 167-190.
- Eissler, L. A., and Casken, J. (2013). Seeking health care through international medical tourism. *Journal of Nursing Scholarship*, 45(2): 177-184.
- Eşiyok, B., Çakar, M., and Kurtulmuşoğlu, F. B. (2017). The effect of cultural distance on medical tourism. *Journal of Destination Marketing & Management*, 6(1): 66-75.
- Fetscherin, M., and Stephano, R. M. (2016). The medical tourism index: Scale development and validation. *Tourism Management*, 52: 539-556.
- Fuchs, G., and Reichel, A. (2010). Health tourists visiting a highly volatile destination. *Anatolia*, 21(2): 205-225.
- Gan, L. L., and Frederick, J. R. (2011). Medical tourism facilitators: Patterns of service differentiation. *Journal of Vacation Marketing*, 17(3), 165-183.
- Garcia-Altes, A. (2005). The development of health tourism services. *Annals of tourism research*, 32(1): 262-266.
- Glinos, I. A., Baeten, R., Helble, M., and Maarse, H. (2010). A typology of cross-border patient mobility. *Health & Place*, 16(6): 1145-1155.
- Gündüz, F. F., Gündüz, S., ve Yavuz, H. B. (2019). Türkiye'nin Sağlık Turizmi Talebini Etkileyen Faktörlerin Analizi: Çekim Modeli Yaklaşımı. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (17): 717-739.
- Gür Omay, E. G. and Cengiz, E. (2013). Health tourism in Turkey: Opportunities and threats. *Mediterranean journal of social sciences*, 4(10): 424-424.
- Hanefeld, J., Lunt, N., Smith, R., and Horsfall, D. (2015). Why do medical tourists travel to where they do? The role of networks in determining medical travel. *Social Science & Medicine*, 124: 356-363.
- Heung, V. C., Kucukusta, D., and Song, H. (2010). A conceptual model of medical tourism: Implications for future research. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 27(3): 236-251.
- Hopkins, L., Labonté, R., Runnels, V., and Packer, C. (2010). Medical tourism today: what is the state of existing knowledge?. *Journal of public health policy*, 31(2): 185-198.
- Horowitz, M. D., & Rosensweig, J. A. (2008). Medical tourism vs. traditional international medical travel: a tale of two models. *International Medical Travel Journal*, 3(3): 3-30.
- Johnson, T. J., Youngquist, J. S., Garman, A. N., Hohmann, S., and Cieslak, P. R. (2015). Factors influencing medical travel into the United States. *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*. 9(2): 118-135.
- Johnston, R., Crooks, V. A., and Snyder, J. (2012). "I didn't even know what I was looking for": A qualitative study of the decision-making processes of Canadian medical tourists. *Globalization and Health*, 8(1): 1-12.
- Kalshetti, P., and Pillai, D. (2008). Tourism products development and management medical tourism-A Shifting Paradigm. Conference on Tourism in India- Challenges Ahead, 15-17 May 2008, IIMK, 418-423.
- Kılıçarslan, M. (2019). Dünyada ve Türkiye'de Sağlık Hizmetlerinin Dijital Pazarlanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 1145-1149.
- Kördeve, M. K. (2016) Sağlık Turizmine Genel Bir Bakış ve Türkiye'nin Sağlık Turizmindeki Yeri. *Uluslararası Sağlık Yönetimi ve Stratejileri Araştırma Dergisi*, 2(1): 51-61.
- Kumar, S., Breuing, R., and Chahal, R. (2012). Globalization of health care delivery in the United States through medical tourism. *Journal of Health Communication*, 17(2): 177-198.
- Kurutkan, M. N., & Köse, G. (2021). Sağlık Hizmetlerinde Nesnelerin İnterneti Uygulamalarının Bibliyometrik Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 412-432.
- Lagiewski, R., and Myers, W. (2008). Medical tourism: Perspectives and applications for destination development. <https://scholarworks.rit.edu/other/683>, 1-7.
- Laing, J., and Weiler, B. (2008). Mind, body and spirit: Health and wellness tourism in Asia. *Asian Tourism: Growth and Change*: 379-389.
- Liu, H., Li, X. R., Cárdenas, D. A., and Yang, Y. (2018). Perceived cultural distance and international destination choice: The role of destination familiarity, geographic distance, and cultural motivation. *Journal of Destination Marketing & Management*, 9: 300-309.
- Lunt, N., and Carrera, P. (2010). Medical tourism: assessing the evidence on treatment abroad. *Maturitas*, 66(1): 27-32.
- Menvielle, L., Menvielle, W., and Tournois, N. (2011). Medical tourism: A decision model in a service context. *Turizam*, 59(1): 47-61.
- OECD. (2012), *Medical Tourism Treatments Markets and Health System Implications*, OECD, available at: www.oecd.org/els/health-systems/48723982.pdf.
- Olya, H., and Nia, T. H. (2020). The Medical Tourism Index and Behavioral Responses of Medical Travelers: A Mixed-Method Study. *Journal of Travel Research*, 0047287520915278.
- Öğüt, K., Yeşilyurt, S., ve Yurtseven, Ç. (2018). Kazakistan-Türkiye Sağlık Turizmi: Sağlık Sektörlerine Bakış ve Potansiyeller 1, 2. *Business and Economics Research Journal*, 9(1): 57-74.
- Özata, M., Asilkan, Z., Çankaya, M., ve Suzuk, E. (2018). Türkiye ve Dünya'da Sağlık Turizmine Genel Bir Bakış. *Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 5(31): 4611-4619.
- Özdemir, A., Kurtulmuşoğlu, F. B., and Eşiyok, B. (2017) Treatment Type As a Factor in Medical Tourism Destination

- Preferences: The Case of Turkey. *International Journal Of Health Management And Tourism*, 2(2): 58-72.
- Özkan, M. E. (2019). Sağlık Turizmi Kapsamında Türkiye'nin Medikal Turizm Potansiyeline Yönelik Bir Değerlendirme. *Turizm Ekonomi ve İşletme Araştırmaları Dergisi*, 1(1): 50-64.
- Özsarı, S. H., ve Karatana, Ö. (2013). Sağlık Turizmi Açısından Türkiye'nin Durumu. *Journal of Kartal Training & Research Hospital/Kartal Eğitim ve Arastırma Hastanesi Tıp Dergisi*, 24(2).
- Rahman, M. K. (2019). Medical tourism: tourists' perceived services and satisfaction lessons from Malaysian hospitals. *Tourism Review*. 74(3): 739-758.
- Riefler, P., Diamantopoulos, A., and Sigauw, J. (2012). Cosmopolitan consumers as a target group for segmentation. *Journal of International Business Studies*, 43(3): 285-305.
- Sağ, İ. & Zengül, F. D. (2018) Why medical tourists choose Turkey as a medical tourism destination?. *Journal of Hospitality and Tourism Insights*, <https://doi.org/10.1108/JHTI-05-2018-0031>
- Saunders, B., Sim, J., Kingstone, T., Baker, S., Waterfield, J., Bartlam, B., ... and Jinks, C. (2018). Saturation in qualitative research: exploring its conceptualization and operationalization. *Quality & Quantity*, 52(4): 1893-1907.
- Sevim, E., ve Sevim, E. (2019). Medikal turizm tercihini etkileyen faktörlerin incelenmesi: Türkiye örneği. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 22(3): 633-652.
- Singh, L. (2019). Medical Tourism Motivations: The Driving Force. *Journal of multidisciplinary academic tourism*, 4(2): 77-86.
- Smith, P. C., and Forgione, D. A. (2007). Global outsourcing of healthcare: a medical tourism decision model. *Journal of Information Technology Case and Application Research*, 9(3): 19-30.
- Smith, R., Álvarez, M. M., and Chanda, R. (2011). Medical tourism: a review of the literature and analysis of a role for bi-lateral trade. *Health policy*, 103(2-3): 276-282.
- Şahbaz, R. P., Akdu, U. and Akdu, S. (2012). Türkiye'de Medikal Turizm Uygulamaları; İstanbul ve Ankara Örneği. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(27): 267-296.
- Temizkan, S. P., and Konak, S. (2018). An Analysis on the Websites of Medical Travel Planners in Medical Tourism. *Journal of Gastronomy Hospitality and Travel*, 1(2): 26-36.
- Tengilimoğlu, D. (Ed.). (2017). *Sağlık turizmi*. Siyasal Kitabevi.
- Tontuş, H. Ö. (2018). Sağlık turizmi tanıtımı ve sağlık hizmetlerinin pazarlanması ilkeleri üzerine değerlendirme. *Disiplinlerarası Akademik Turizm Dergisi*, 3(1): 67-88.
- Turner, L. (2007). Medical tourism: Family medicine and international health-related travel. *Canadian Family Physician*, 53(10): 1639-1641.
- Veerasoontorn, R., and Beise-Zee, R. (2010). International hospital outshopping: A staged model of push and pull factors. *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*, 4(3): 247-264.
- Wong, K. M., Velasamy, P., and Arshad, T. N. T. (2014). Medical tourism destination SWOT analysis: A case study of Malaysia, Thailand, Singapore and India. In *SHS Web of Conferences* (Vol. 12, p. 01037). EDP Sciences.
- Wongkit, M., and McKercher, B. (2016). Desired attributes of medical treatment and medical service providers: A case study of medical tourism in Thailand. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 33(1): 14-27.
- Wongkit, M., and McKercher, B., (2013). Toward a typology of medical tourists: A case study of Thailand. *Tour. Manage.* 38: 4-12.
- Woodside, A. G., and Lysonski, S. (1989). A general model of traveler destination choice. *Journal of travel Research*, 27(4): 8-14.
- www.ushas.com.tr/saglik-turizmi-verileri (Erişim Tarihi: 20.05.2021)
- Yağar, F., and Dökme, S. (2017). Investigation of the Factors that Shape Medical Tourism: The Case of Turkey. *Uluslararası Sağlık Yönetimi Ve Stratejileri Araştırma Dergisi*, 3(2): 62-72.
- Yalçınkaya, M. H., ve Dilber, İ. (2015) Türkiye'de Sağlık Turizminin Değerlendirilmesi. İçinde Yalçınkaya, M. H., & Dilber, İ. (Ed.) *Sağlık Ekonomisi*. 183-204.
- Yazıcı, S. (2021). Turizm İşletmelerinde Bilgi ve İletişim Teknolojilerinden Blokzincir Teknolojisine Geçiş Süreci ve Uygulama Örnekleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* , (21) , 136-146. DOI: 10.31590/ejosat.807716
- Yıldız, M. S., and Khan, M. M. (2019). Factors Affecting the Choice of Medical Tourism Destination: A Case Study of Medical Tourists from the Arab Region in Turkey. *Journal of Health Management*, 21(4): 465-475.
- Yılmaz, S., Sarıaydın, İ., ve Sönel, T. (2020). İngiltere Özelinde Türkiye'nin Sağlık Turizmi Fırsatları. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(1): 74-85.
- Yu, J. Y., & Ko, T. G. (2012). A cross-cultural study of perceptions of medical tourism among Chinese, Japanese and Korean tourists in Korea. *Tourism management*, 33(1): 80-88.
- Zengingönül, O., Emeç, H., İyilikçi, D.E. ve Bingöl, P. (2012), Sağlık Turizmi: İstanbul'a Yönelik bir Değerlendirme, İstanbul Kalkınma Ajansı, İstanbul.



Assessment of Fluoride Intake in Children According to the World Health Organization and European Union Guidelines

Sabiha Zeynep Aydenk Köseoğlu^{1*}

^{1*} İstanbul Sabahattin Zaim University, Faculty of Health and Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0001-7936-8462), szaydenk@gmail.com.

(First received 31 December 2021 and in final form 31 January 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1051641)

ATIF/REFERENCE: Aydenk Köseoğlu, S. Z. (2022). Assessment of Fluoride Intake in Children According to the World Health Organization and European Union Guidelines. *European Journal of Science and Technology*, (33), 354-362.

Abstract

The purpose of this review is to consider the assessment of integrated fluoride exposure and “tolerable daily intake” in children including bottle-fed infants according to the World Health Organisation (WHO) and European Union (EU) guidelines. All people have the right to access drinking-water that is safe for human consumption, and it is the responsibility of the governments to regulate the supply and distribution of drinking-water that is essential to sustain life with respect to international health regulations and human rights. National drinking-water standards must be based on varying environmental, socio-cultural, socio-economic, dietary, and other factors affecting potential exposure. Total daily fluoride intake may vary depending on the different sources of exposure that are for instance, fluoride concentration in the air, drinking water and the amount consumed, levels in food and beverages and using dental preparations. The impact of fluoride is estimated based on the exposure duration and factors such as age i.e., daily mg dose per kg of body weight. Bottle-fed infants are considered as a high exposure group relative to their body weights. Therefore, the risk should be separately assessed for every life stage, especially children under 3 years old, partially breastfed and formula fed infants, certainly pregnant and breastfeeding mothers. In this article, the “Guideline Value” and “Tolerable Daily Intake” for children which do not result in any significant risk to health over a lifetime of consumption will be explained. Additionally, this review will keep light on public health, especially children's health, in evaluating fluoride intake and it can improve national drinking-water quality based on fluoridation and derogation which is in progress to eliminate high values.

Keywords: Child health, infant formula, fluoride exposure, tolerable daily intake

Çocuklarda Florür alımının Dünya Sağlık Örgütü ve Avrupa Birliği Kılavuzlarına Göre Değerlendirilmesi

Öz

Bu derlemenin amacı, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Avrupa Birliği (AB) kılavuzlarına göre biberonla beslenen bebekler de dahil olmak üzere çocuklarda entegre florür maruziyeti ve “tolere edilebilir günlük alım” değerlendirmesini ele almaktır. Tüm insanlar, insan tüketimi için güvenli içme suyuna erişim hakkına sahiptir ve uluslararası sağlık düzenlemeleri ve insan haklarına uygun olarak, yaşamı sürdürmek için gerekli olan içme suyunun temini ve dağıtımını düzenlemek hükümetlerin sorumluluğundadır. Ulusal içme suyu standartları, değişen çevresel, sosyo-kültürel, sosyo-ekonomik, diyet ve potansiyel maruziyeti etkileyen diğer faktörlere dayanmalıdır. Toplam günlük florür alımı, örneğin havadaki florür konsantrasyonu, içme suyu ve tüketilen miktar, yiyecek ve içeceklerdeki seviyeler ve diş preparatlarının kullanımı gibi farklı maruziyet kaynaklarına bağlı olarak değişebilir. Florürün etkisi, maruz kalma süresine ve yaş, yani vücut ağırlığının kg'ı başına günlük mg doz gibi faktörlere dayalı olarak tahmin edilir. Biberonla beslenen bebekler, vücut ağırlıklarına göre yüksek maruziyet grubu olarak kabul edilir. Bu nedenle risk, özellikle 3 yaş altı çocuklar, kısmen anne sütü ve formül mama ile beslenen bebekler, kesinlikle hamile ve emziren anneler olmak üzere her yaşam evresi için ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Bu makalede, çocuklar için ömür boyu tüketildiğinde sağlık açısından önemli bir risk oluşturmayan “Kılavuz Değer” ve “Tolere Edilebilir Günlük Alım” açıklanacaktır. Ek olarak, bu derleme, florür alımının değerlendirilmesinde başta çocuk sağlığı olmak üzere halk sağlığına ışık tutacak ve yüksek değerleri ortadan kaldırmak için sürmekte olan floridasyon ve derogasyona dayalı ulusal içme suyu kalitesini iyileştirebilir.

Anahtar Kelimeler: Çocuk sağlığı, bebek maması, florür maruziyeti, tolere edilebilir günlük alım

* Sorumlu Yazar: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0001-7936-8462, szaydenk@gmail.com

1. Introduction

Regardless of their country's level of development and socioeconomic situation, people from all over the world bear the right to access drinking water safe for human consumption. For this reason, it is the responsibility of the governments to regulate the supply and distribution of drinking water that is essential to sustain life concerning international health regulations and human rights [WHO, 2004].

Therefore, the first document known as the "International Standards for Drinking-water" dealing specifically with public drinking-water quality was published by the World Health Organization (WHO) in 1958, and WHO continues to develop these recommendations under the name of WHO Guidelines for Drinking-water Quality (GDWQ). Selected chemicals in public drinking water are also addressed [WHO, 2004].

According to the information given in WHO GDWQ (2011) at 4th Edition, few chemicals are responsible for large-scale health effects through drinking-water exposure, including arsenic, fluoride, lead, nitrate, selenium, and uranium, for which the contribution from drinking-water to overall intake is an essential factor in preventing disease [WHO, 2011]. In WHO GDWQ (2009), it is mentioned from a "Guideline Value" (G.V.), which is described as "normally represents the concentration of a constituent that does not result in any significant risk to health over a lifetime of consumption"[WHO, 2009; WHO, 2013]. WHO has established several provisional guideline values is higher than the calculated health-based value based on the practical level of treatment performance or analytical achievability [WHO, 2011]

Health outcome goals based on defined tolerable risk levels are the more common. Therefore, WHO has called for minimum exposure in drinking water to reduce the risk and incidence of diseases in consider health-based targets. It is found out that establishing a health-based target to reduce the overall levels of exposure has been possible [WHO, 2011]. European Union (E.U.) countries are updating their policies based on the Drinking Water Directive of the Council of the European Union, which is to be amended according to the latest Edition of WHO GDWQ. WHO is also changing its regulations provided with health-based targets and risk management strategies [WHO, 2004].

The management strategies of the authorities should rely on the detection and remediation of unsafe conditions since the sensitive nature of the health effects over a lifetime of consumption and the commitment to policies should give priority to chemicals in drinking water such as fluoride that poses a risk and a significant impact on human health [WHO, 2011] The current guideline value for fluoride in drinking-water laid down by WHO is 1.5mg/L [WHO, 2017; WHO, 1984; WHO, 2011, 2013, 2018a].

Many Non-Government Organizations (N.G.O.) and WHO also claim the dangers of high chemical substances in drinking water and express critical reviews and evaluations of the effects of chemical substances found in drinking water on human health [WHO, 2004].

Drinking water is exposed to a few chemical substances from natural soil sources or additives, so which level is beneficial or harmful? What are the risks for human health from exposure to particular chemicals in drinking water?

Although the traced database is extensive, data gaps are observed for fluoride and fluoridation. The literature search shows that the values for surface waters are slightly exceeded, and some excesses have been observed for fluoride in groundwater [WHO, 2013].

2. Discussion

If the level of chemical substances in drinking-water is low, exposure will have a minor impact on human health. On the contrary, when the level of chemical substances in drinking-water is high, exposure will have maximum impact on human health [WHO, 2004].

2.1. Human Exposure to Fluoride

Fluorine (F) is "defined as the first element of the halogen family, which includes chlorine and iodine, and is the most reactive element. "Fluoride" refers to its ionic form (F⁻) and "fluorides" to fluoride-containing compounds. Fluorine is never found by itself in nature, but fluorides are found everywhere: in soil, air, and water, as well as in plant and animal life [European Commission, 2016]. Fluorine is one of the naturally occurring substance chemicals in drinking-water. Fluoride is not essential for human growth, development and for most organisms in the world [WHO, 2011]. Traces of fluorides are derived from (i) naturally occurring; (environmental occurrence) rocks, soil and the effects of geological setting, (ii) industrial sources; mining (extractive industries) and manufacturing and processing industries, (iii) agricultural activity manures; (geochemistry) fertilizers and (iv) additive; principally from chemical used in the production and distribution of drinking-water [WHO, 2017].

The fluoride in final water is always present as fluoride ions, whether from natural sources or from artificial fluoridation. Fluorosilicic acid, sodium hexafluorosilicate and sodium fluorine are used in municipal water fluoridation schemes [WHO, 2002, 2004].

The additive's physiochemical properties are [ECHA], n.d.; WHO, 2004, 2011, 1982]

1) Hydrogen fluoride (HF) is a colorless, pungent liquid fluor with a boiling point of 19.5 °C. It is highly soluble in water, in which it forms hydrofluoric acid. (Chemical Abstracts Service (CAS) No. 7664-39-3)

2) Sodium fluoride (NaF) is a colorless fluor solid that is moderately soluble in water. (CAS No. 7681-49-4)

3) Fluorosilicic acid (H₂SiF₆) which is also known as hexafluorosilicic acid, is a colorless solid that is highly soluble in water. (CAS No. 16961-83-4)

While drinking-water may not contribute to the overall exposure to a specific chemical, in some situations, controlling levels in drinking-water may not have the desired effect on overall exposure. Thus, risk management strategies for drinking-water should be created by taking other potential sources such as food, air and dental preparations, etc. into consideration [WHO, 2017].

It is vital to examine the levels of water consumption by the related population and fluoride intake from other sources such as toothpaste, air, food, etc. when setting national standards for fluoride or assessing the risks of health consequences of fluoride exposure [WHO, 2011]

It is difficult to reach a maximum guideline value for human health considering a lifetime of consumption. National drinking-water standards must be based on varying environmental, socio-cultural, socio-economic, dietary, and other factors affecting potential exposure [WHO, 2011].

For instance, the regions may vary significantly in total daily fluoride exposure depending on fluoride concentration in drinking-water and the amount consumed, levels in foods and using dental preparations. Moreover, the results of some practices such as tea consumption, cooking and warming with high fluoride coal increases fluoride exposure considerably in some regions [WHO, 2017].

2.1.1. Total Fluoride Exposure

1) Air: In areas where fluoride-containing coal is burned or phosphate fertilizers are produced and used and volcanic areas with high fluoride levels, the fluoride concentration in air is elevated leading to increased exposure by the inhalation route [International Labour Organization, 1984].

2) Dental products: A way of exposure is dental products containing fluoride such as toothpaste (1.0-1.5g/kg) fluoride solutions and gels for topical treatment (0.25-24.0g/kg), tablets (0.25-0.5 or 1.0mg per tablet) which are used by children to reduce dental caries (International Labour Organization, 1984).

3) Foods and beverages (except water); While vegetables and fruits contain small amounts of fluoride (0.1-0.4mg/kg), barley, rice (about 2.0mg/kg), taro, yams and cassava contain relatively high fluoride levels. Generally, meat contains about 0.2-1.0mg/kg fluoride. Fish normally includes fluoride around 2-5mg/kg whereas fish protein concentrates contain up to 370mg/kg of fluoride. Milk typically contains low levels of fluoride, e.g., 0.02mg/L in human breast milk 0.02-0.05mg/L in cow's milk. Tea leaves have been found to contain up to 400mg/kg (dry weight) of fluoride [WHO, 1986].

4) Water: Drinking-water is typically the largest single contributor to daily fluoride intake. For a given individual, fluoride exposure (mg/kg of body weight per day) via drinking-water is determined by the fluoride level in the water and the daily water consumption (litres per day). The levels of daily exposure to fluoride by drinking-water is also depending on the climate [W. SLooff & J.P.M. Ros (eds.), 1988].

2.2. Effects of Fluoride on Humans

There are several epidemiological studies associated with fluoride in drinking-water and cancer prevalence rates. The International Agency for Research on Cancer (IARC) considered and evaluated studies and found out that these studies proved to be inadequate sources of evidence regarding carcinogenicity in humans in 1982 and 1987. Moreover, WHO International Programme on Chemical Safety (IPCS) also concluded that data belonging to carcinogenicity studies in laboratory animals is insufficient and this condition does not support the argument that fluoride causes cancer in humans whereas the data on bone cancer is limited [WHO, 2002, 2004].

WHO conducted an extensive review in 1984 and informed that (i) there were insufficient data to conclude that fluoride produces cancer or birth defects, (ii) the mottling of teeth (i.e. dental fluorosis) is sometimes associated with fluoride levels in drinking-water above mg/L and (iii) crippling skeletal fluorosis can ensue when fluoride levels exceed 10mg/L. As a result of

these information, a guideline value of 1.5mg/L was recommended by WHO as a level at which dental fluorosis should be minimal [WHO, 1984, 2018b].

Signs of acute fluoride intoxication can be seen when minimum oral doses of at least 1mg fluoride per kg of body weight is taken [WHO, 2004]

Low concentrations of fluoride protect against dental caries, especially in children whereas high fluoride intakes have serious effects on skeletal tissues. As a result of most epidemiological studies concerning the effects of fluoride on teeth and bone have correlated the effects with the concentration of fluoride in the drinking-water (mg/L) consumed rather than total fluoride exposure [WHO, 2018b, 1982; WHO, 2006].

There is insufficient data concerning determining the minimum nutritional requirement in humans [W. SLooff & J.P.M. Ros (eds.), 1988; WHO, 2004].

According to the conclusions of the European Commission (EC) Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER) in 2011; Dental fluorosis risk in children exists with systemic fluoride exposure and the threshold level cannot be determined. Moreover, fluoride intake in drinking-water at the level that is present in the EU did not seem to affect children's neurodevelopment and IQ levels [European Commission, 2011].

Despite this there have been known reports regarding endemic skeletal fluorosis in the EU's general population, there is also sufficient evidence which links fluoride to the prevalence of osteosarcoma. The studies do not indicate any thyroid effects at exposure to fluoride and new evidence has reported its effects on male and female reproductive capacity [European Commission, 2011].

2.2.1. Dental Effects of Ingested Fluoride

It was established in the 1930's and 1940's that fluoride was naturally present in drinking-water and Trendley Dean at the US Public Health Service (USPHS) worked on its dental effects. It was demonstrated in a study that naturally occurring fluoride in drinking-water caused dental fluorosis and decreased dental caries. Dean's study pointed out that the effect of 1.0mg/L of fluoride causing dental fluorosis was not crucial for public health whereas resistance to dental caries was of high importance leading to the question as to whether raising the level of fluoride in drinking-water artificially would have the same effect [WHO, 2005].

The first intervention study was undertaken under the direction of USPHS in Grand Rapids in 1945. The results after 6 years of fluoridation were published in 1953. Additional studies were started in 1945/6 in New York State, Illinois, and Ontario Canada [National Research Council, 1993]. Further intervention studies were established in the Netherlands (1953), New Zealand (1954), the UK (1955-6), and East Germany (1959) [Lennon et al., 2004]

2.2.2. Studies of Fluoride in Laboratory Animals

There is no storage of fluoride in soft tissue but incorporation into teeth and skeletal tissue can be reversed; cessation of exposure provides mobilization from tissues [WHO, 2002].

An excessive dose of 16mg/L of fluoride given orally to rats produced effects such as inhibition of bone mineralization and formation, delays in fracture healing, reductions of bone volume

and collagen synthesis. An increase in bone fragility was seen at concentrations of 64mg/L [WHO, 2002].

In a study that aimed to evaluate whether fluoride is a carcinogen, mice were given drinking-water containing 70mg/L of fluoride as sodium fluoride for 2 years. As a result of the study, neither an incidence of a tumour nor a significant increase was seen in any exposed group (mice exposed to up to 11.3mg/kg of body weight per day in the diet) [WHO, 2002].

2.3. Intake of Fluoride

2.3.1. Intake of Fluoride Relative to Bodyweight

It is reported in several studies that fluoride intake of 0.46 to 3.6-5.4mg/day takes place daily. This shows that daily fluoride intake may vary depending on different sources of exposure [International Labour Organization, 1984].

The impact of fluoride is estimated best by the dose (i.e., mg fluoride per kg of body weight per day) basis exposure duration and factors such as age. Three factors must be considered in assessing “dietary exposure” to a food additive: (i) the concentration of the food additive in food; (ii) the amount of food consumed; and (iii) the average body weight of the population (kg). As standard terminology, “consumption” is suggested to be used to describe the amount of food intake and “dietary exposure” to describe the amount of food additives consumed with food which includes beverages, drinking water and food supplements. The term “dietary exposure” is used synonymously with the term “dietary intake” in relation to current regulatory frameworks or other relevant issues [WHO & FAO, 2009].

The general equation for dietary exposure is:

Dietary exposure = Σ (concentration of food additive in food x food consumption) / body weight (kg) [FAO & WHO, 2014].

2.3.2. The Level of Fluoride in Food

Some foods contain high amounts of fluoride. These are field-grown vegetables such as (i) curly kale with 40mg/kg, (ii) endive with 0.3-2.8mg/kg fresh weight, (iii) fish with 0.1-30mg/kg, and (iv) dry tea with 3-300mg/kg (average 100mg/kg). Additionally, 2-3 cups of tea contain approximately 0.4-0.8mg of fluoride. In areas where water with a high fluoride content is used to prepare tea, the intake via tea can be several times greater [W. S.Loeff & J.P.M. Ros (eds.), 1988].

2.3.3. Default Assumptions of Drinking-water

There is variation in both the volume of water consumed daily and the body weight of consumers. The default assumption for consumption by (i) an adult is 2 litres of water per day, whereas the default assumption for body weight is 60 kg, and (ii) for children it is 1 litre of water per day, whereas the default assumption for body weight is 10 kg [WHO, 2008].

Global data on the consumption of drinking-water show large variation in intake in different parts of the world. “Data from studies carried out in temperate countries including, Canada, the Netherlands, the United Kingdom and the USA indicate that average daily per capita consumption is usually less than 2 litres, but there was considerable variation between individuals, particularly for those who have a high level of physical activity. A significant proportion of water required for hydration will come from food, but this will also vary in different parts of the world. The range of water intake, in food and fluids, required for

hydration ranges from 2 to greater than 4 litres depending on climate and physical activity. There is also a sharp rise in fluid intake at temperatures above 25°C, largely to meet the demands of an increased sweat rate” [WHO, 2009].

Bottle-fed infants are considered as high exposure group relative to their body weights since an intake of 0.75 litres of drinking-water is assumed for a bodyweight of 5 kg [WHO, 2008].

The health effects arising through drinking-water or different sources of exposure and period of exposure of the consumer to fluoride is important [WHO, 2011]. Daily intake of fluoride vary widely according to the various sources of exposure. Values ranging from 0.46 to 3.6-5.4mg/day have been reported in several studies [International Labour Organization, 1984].

2.4. EU Council Directives and Protocols Concerning Drinking-water

The Drinking Water Directive (80/778/EEC) as amended by Council Directive (98/83/EC) of 3rd November 1998 states that the quality of water intended for human consumption must be free of contamination, wholesome and clean thus, protecting human health from any adverse effects [European Commission, 1998].

The chemical parameter of fluoride in drinking water is mentioned as “1.5 mg/L” at Drinking Water Directive [European Commission, 1998]. At Council Directive 2009/54/EC25 regarding with the exploitation and marketing of natural mineral waters, the indication and criteria of fluoride content laid down as greater than 1 mg/L [European Commission, 2009]. In general, WHO guidelines explain that the opinion of the Scientific Advisory Committee are used as the scientific basis for the quality standards in the drinking water [UNECE, n.d.].

One of the most important concerns in the world is the safety and accessibility of drinking-water. In order to ensure that drinking-water is safe for human consumption, the Drinking Water Directive sets out minimum water quality requirements which identifies chemical parameters that could pose a risk to human health when concentrations exceed certain thresholds [European Commission, 2014].

When translating the Drinking Water Directive into national legislation of Member States of the EU, (i) EU member states may include additional requirements such as regulatory additional substances that are relevant within their territory or setting higher standards, (ii) member states are not allowed to set lower standards since the level of protection of human health should be the same within the EU, and (iii) member states may depart from chemical quality standards specified in the directive (Annex I) for a limited period.

2.5. Guideline Value

A “guideline value” usually indicates significant health risks in a lifetime of consumption. For most kinds of toxicity, it is believed that there is a dose below which no adverse effect will occur. For chemicals that give rise to such toxic effects, WHO derived a “tolerable daily intake” and guideline value in drinking-water.

In addition, acceptable daily intakes (ADIs) are established for food additives and pesticide residues that occur in food for necessary technological purposes or plant protection reasons. The term “tolerable daily intake” is more appropriate than “acceptable

daily intake”, as it signifies permissibility rather than acceptability[FAO & WHO, 2014; WHO, 2011].

According to the data collected up to 2015 from 104 countries and territories whose are members of the WHO International Network of Drinking-water Regulators (RegNet), 102 of 104 have set a regulatory guideline value. Eight of them have set a regulatory guideline value greater than WHO Guideline value, 77 of them have set the WHO Guideline value, and 17 of them have set a regulatory guideline value less than the WHO Guideline value [WHO, 2018a].

Setting national standards for fluoride consumption requires serious consideration concerning climate conditions and the amount of drinking-water intake. The importance of this point cannot be stressed enough; as local conditions differ from one another, application of the data that is taken from one part of the world may not apply to another region [WHO, 2002].

National reviews base their assumptions for guideline values depending on various factors such as body weight, drinking-water consumption and allocation factor. High fluoride concentrations in ground water pose drinking-water as an important source of fluoride [WHO, 2013].

The standards are based on [WHO, 2011]:

- 1) Local circumstances in regions where the intake of contamination in drinking-water is greater than that of other sources such as food, air, etc.
- 2) Intake of drinking-water according to seasonal differences in different parts of the world.
- 3) Local adjustments to the daily water consumption value may be needed in setting local standards.
- 4) Very low rate of ventilation in some houses causing inhalation to become a major means of exposure.

GV is calculated as follows:

$$GV (\text{guideline value}) = TDI \times BW \times P / C$$

TDI = Tolerable daily intake, “The TDI is an estimate of the amount of a substance in food and drinking-water, expressed on a body weight basis (milligram or microgram per kilogram of body weight), that can be ingested over a lifetime without appreciable health risk, and with a margin of safety” [WHO, 2011].

BW = Body weight

P = Fraction of the TDI allocated to drinking-water intake

C = Daily drinking-water consumption

2.6. Integrated Exposure to Fluoride from All Major Sources

In order to achieve an integrated fluoride exposure assessment from all sources previously discussed, water, food and toothpaste are aggregated. On that basis, EC Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER) has been used [European Commission, 2011].

1) The legally defined concentration for the Republic of Ireland (0.8mg/L) and others as appropriate total exposure levels

but for being reference, the dose only applied is 0.8mg/L on the quality of drinking-water intended for human consumption.

2) The European Food Safety Authority (EFSA) database (database is only for adult) compiling the results of water consumption surveys across European countries. The mean consumption of water-based beverages, namely tap water, bottled water, soft drinks and stimulants, i.e., coffee, tea, cocoa, ranges from about 400mL to about 1950mL with a median value of 1321mL/day/person. These figures are consistent with the default value for water consumption (2000mL/day) used by WHO. The value for total consumption of liquids across European countries ranges from about 700mL/day/person at the lowest reported mean to about 3800mL/day/person at the highest reported 97.5th percentile. Total consumption ranged from 3300 to 3800mL/day/person.

Based on reported consumption of water-based beverages, several scenarios have been developed in Table I. Scenario 1 corresponds to the median of mean consumption for all water-based beverages across European countries (1321 mL) with the mean occurrence level of fluoride (0.1mg/L). Scenarios 2 and 3 correspond to the highest consumption for high consumers of one of the relevant categories (3773 mL) with the mandatory water fluoridation in Ireland (0.8mg/L) (scenario 2) and the WHO guideline value for fluoride in drinking-water (1.5mg/L) (scenario 3). Scenario 4 is a worst-case scenario based on the highest 97.5th percentile for consumption of tap water (2950 mL in Austria) with the upper range for fluoride concentration (3.0mg/L in Finland).

Table I. Adult and children (above 15 years of age) systemic exposure to fluoride from water-based beverages*

Scenario	Consumption (mL/day)	Concentration of F (mg/L)	Exposure (mg/day)
1	1,321	0.1	0.13
2	3,773	0.8	3.02
3	3,773	1.5	5.66
4	2,800	3.0	8.40

*Bottled mineral water was not included in these scenarios.

2.6.1. Exposure of Adult and Children above 15 Years of Age

Systemic exposure to fluoride from water-based beverages and aggregated daily systemic exposure to fluoride (mg/day) for adults and children (above 15 years of age) basis mandatory water fluoridation in Ireland (0.8mg/L) is shown in Table II [European Commission, 2011].

Table II. The aggregated daily systemic exposure to fluoride (mg/day) for adults and children older than 15 years of age.

Drinking-water	F intake from water (mg/day)	Aggregated F intake water and food (1) (mg/day)	Aggregated F intake water, food, toothpaste (mg/day): 0.075 mg F/d	Aggregated F intake water, food, toothpaste (mg/day): 0.225 mg F/d
0.8 mg F/L				
Scenario 2*	3.02	3.39	3.47	3.62
Consumption 3,773 mL/day				

*Fluoride levels estimated in water and water-based beverages from the scenario 2 in Table I.

(1) The fluoride intake from food and supplemented food with dietary additives is 0.37mg/day (0.12mg/day food and 0.25mg/day fluoride supplemented food; EFSA 2005 [European Union, 2005] , EFSA 2008 [Aguilar et al., 2008a, 2008b] , and accounts for less than 1-6% of the total fluoride intake.

The upper tolerable intake limit (UL) for fluoride (7mg/day) for adults and children above 15 years of age is only exceeded in areas with high levels of natural fluoride in water, whereas the UL would not be exceeded for adults and children above 15 years of age living in an area with fluoridated drinking-water [European Commission, 2011].

2.6.2. Exposure of Children between 12 to 15 Years of Age

Systemic exposure to fluoride from water-based beverages and aggregated daily systemic exposure to fluoride (mg/day) for children between 12 to 15 years of age basis mandatory water fluoridation in Ireland (0.8mg/L) is shown in Table III [European Commission, 2011].

The consumption data of drinking-water and other water-based products used by EFSA 2005 for children between 12 to 15 years of age is under 600mL/day.

Table III. Aggregated total daily systemic exposure to fluoride (mg/day) for children between 12 to 15 years of age.

Drinking-water 0.8 mg F/L	F intake from water (mg/day)	Aggregated F intake (mg/day): water and food (1)	Aggregated F intake (mg/day): 0.15% Low applicatio n 0.075 mg F/day	F intake water, food, toothpaste High applicatio n 0.225 mg F/day
Consumption 0.5 L	0.40	0.83	0.90	1.00
Consumption 1.0 L	0.80	1.23	1.30	1.45
Consumption 1.5 L	1.20	1.63	1.70	1.85

Aggregated fluoride intake from water and food (0.43mg F/day)

The estimated UL for children between 8 to 14 years of age is 5mg/day extrapolated from the UL for adults for whom the critical endpoint is an increased risk of bone fracture [European Union, 2005; WHO: Fawell J, Bailey K, Chilton J, Dahi E, Fewtrell L, 2006].

2.6.3. Exposure of Children between 6 to 12 Years of Age

Systemic exposure to fluoride from water-based beverages and aggregated daily systemic exposure to fluoride (mg/day) for children between 6 to 12 years of age basis mandatory water fluoridation in Ireland (0.8mg/L) is shown in Table IV [European Commission, 2011].

The consumption data of drinking-water and other water-based products used by EFSA (2005) for children under 12 years of age is under 500mL/day.

Table IV. Total daily systemic exposure to fluoride (mg/day) for children between 6 to 12 years of age.

Drinking-water 0.8 mg F/L	F intake from water (mg/day)	Aggregated F intake (mg/day): water and food (1)	Aggregated F intake (mg/day): water, food, 0.05% toothpaste	F intake water, food, 0.15% toothpaste	Aggregated F intake (mg/day): water, food, 0.15% toothpaste
Consumption 0.5 L	0.40	0.70	0.73	0.78	0.93
Consumption 1.0 L	0.80	1.10	1.13	1.18	1.33
Consumption 1.5 L	1.20	1.50	1.53	1.58	1.73

Aggregated fluoride intake from water and food (0.30mg F/day).

The UL for children between 4 to 8 years of age is 2.5mg/day based on a prevalence of less than 5% of moderate dental fluorosis as the critical endpoint and was used as the reference value for the children between 6 to 12 years of age [European Union, 2005].

2.6.4. Exposure of Children between 1 to 6 Years of Age

Systemic exposure to fluoride from water-based beverages and aggregated daily systemic exposure to fluoride (mg/day) for children between 1 to 6 years of age basis mandatory water fluoridation in Ireland (0.8mg/L) is shown in Table V

Table V: Estimate of total daily systemic exposure to fluoride for children between 1 to 6 years of age

Drinking-water 0.8 mg F/L	F intake from water (mg/day)	Aggregated F intake (mg/day): water and food (1)	Aggregated F intake (mg/day): water, food, 0.05% toothpaste	Aggregated F intake (mg/day): water, food, 0.15% toothpaste
Consumption 0.5 L	0.40	0.70	0.80	1.00
Consumption 1.0 L	0.80	1.10	1.20	1.40
Consumption 1.5 L	1.20	1.50	1.60	1.80

(1) Aggregated fluoride intake from water and food (0.30mg F/day).

The estimated UL for children under 3 years of age is 1.5mg/day based on a prevalence of less than 5% of moderate dental fluorosis as the critical endpoint and was used for children between 1 to 6 years of age [European Union, 2005].

2.6.5. Exposure of Infants up to 12 Months

In the early months of their lives, many infants are fully or partially breastfed. While fully breastfed, infants have a low level of fluoride intake, partially breastfed and formula-fed infants receive different levels of fluoride intake. This is mainly because of the fluoride content of the water that is used to prepare infant formulas.

Up to 6 months of age, there are three choices for infant's main food source which are given breast milk or formula or breast

milk together with formula. Due to the low amount of fluoride in breast milk (~6µg/L), breastfed infants are less exposed to fluoride (less than 0.001mg/kg/day) [European Commission, 2011].

The fluoride concentration in the water used in the preparation of formula-fed infant's food is their main source of exposure. An infant who receives a formula prepared with water containing 0.8mg F/L alone digests 0.137mg F/kg/day compared to 0.001mg F/kg/day for an exclusively breastfed infant. The extent to which fluoride intake should generally be in infants between 6 and 12 months of age has not been addressed, as such calculations are not concrete, given that infants are fed different feeding patterns in EU Member States. Therefore, tolerable upper intake levels of fluoride in infants have not been established [European Union, 2005]. In infants younger than 6 months, UK DoH [UK DoH, 1991] states that 0.22mg F/kg BW/day is safe, while US IOM [IOM, 1997] states 0.1mg/kg BW/day UL for fluoride [European Commission, 2011].

2.7. Determination of a National Standard

When developing a national drinking-water standard, a variety of environmental, social, cultural, economic, dietary and other conditions must be taken into consideration. All of these conditions have a major effect on the potential exposure from fluoride in drinking-water compared to other sources such as food, consumer products and air [WHO, 2011].

The guideline value of 1.5mg/L has been recommended for fluoride in drinking-water based on the fact that the volume of water consumed, and intake of other sources should be considered when setting national standards [WHO, 2009; WHO,1984].

For instance, in a country with a warm climate year-round and where piped water is the preferred source of drinking-water, the authorities may select a health-based target for fluoride that is lower than that of WHO guideline value, because water consumption is expected to be higher [WHO, 2017; Fawell J, Bailey K,Chilton J,Dahi E,Fewtrell L, 2006].

On the contrary, the effects of a decision to remove fluoride from public drinking-water are more complex. In countries where public dental awareness is high, fluoride can be received widely through alternative means and the decision to remove fluoride from drinking-water would have no consequences. However, in countries where public dental awareness is lower adding fluoride to water at concentrations around 0.5-1.0mg/L would be an important public health objective [WHO, 2005].

In conclusion, the authorities have to pay attention to (i) the existing natural concentrations of fluoride, (ii) climate conditions, (iii) volume of water intake, (iv) risk of dental caries, (v) public dental awareness level, (vi) availability of alternative ways to receive fluoride for the whole population, and (vii) the appropriate daily intake of fluoride from water and other sources and the need to ensure an appropriate minimum intake to prevent adverse health effects considered.

3. Conclusions and Recommendations

The variations in exposure of fluoride from different sources (e.g., water, food) in different parts of the countries in different parts of the world have to be considered but public drinking-water is the major source of fluoride exposure. Fluoride exposure levels differ according to different volumes of water consumed by different populations which are urban and vulnerable

subpopulations as an example. Children from lower socio-economic groups are affected mostly by natural or artificial fluoridation of drinking-water [European Commission, 2011].

The authorities have to evaluate the proportion of the tolerable daily intake of fluoride into drinking-water which may vary depending on the national drinking-water standards so calculating the exposure proportion will be necessary to take account of a variety of local circumstances and conditions (including environmental, social, cultural, economic, dietary and other conditions) affecting potential exposure [WHO, 2011]. It may be appropriate to allocate a major proportion of "tolerable daily intake" to drinking-water to derive a guideline value more suited to the local conditions in areas where the intake of a particular contaminant in drinking-water is known to be greater than other sources. (e.g., air and food).

The risk should be separately assessed for every life stage, especially children under 3 years of age, partially breastfed and formula-fed infants (due to a higher intake of drinking-water in this group in relation to body weight compared to adults) and considered integrated fluoride exposure from all sources that are water, food, and toothpaste mainly. Besides, partially breastfed and formula-fed infants can be exposed to a high proportion of fluoride. For this reason, pregnant and breastfeeding mothers have to meet their water requirements from bottled water that does not contain fluoride. Additionally, the use of water in the preparation of baby formula from bottled water that does not include fluoride is important in order not to reach the upper tolerable intake limit.

When examined the guidelines values for fluoride identified by WHO which to be used to assist evaluation of the risks, the estimated upper tolerable intake limit for children under 3 years of age is 1.5mg/day and when this children group consumed 0.5 litres or more, 1.5 litres from public drinking-water which effected naturally or artificially fluoridation of 0.8mg/L and 1.6mg/L together with food and toothpaste, total fluoride intake exceed to upper tolerable intake limit. Meantime, the group of partially breastfed and formula-fed infants might be the prime affected population so authorities must be promoted to use only bottled drinking-water unaffected from fluoride for pregnant, infant and children under 3 years of age and supplied bottled drinking-water for lower socio-economic groups.

In order to protect health, local and national authority can set regulations related with the reasonable minimum requirements of fluoride in drinking-water basis evidence including changes in sensitive life stages provided by scientific consensus.

In many countries' authorities promote private companies to use fluoride in their product (i.e., fluoridated dental and salt products) and give freedom to people to choose alternative ways but there will be significant variation in individual exposure.

The authorities have to determine the appropriate action in order to modify standards, remove parameters or add new parameters for the safety of public drinking-water according to national standards (quality regulations) to be subjected to periodic review but no changes should be made without proper justification through risk assessment for protection of public health. The volume of drinking-water consumed and intake from other sources should also be considered when setting national standards.

National authorities have to discuss the risks assessment for fluoride they face in conducting on artificial or natural fluoridation or derogation of fluoride in public drinking-water and

how the WHO can help in dealing with them. Of course, the various risks will need to be balanced during evaluating the significance to public health, individuals, and environmental pollution.

This review showing that authorities have to (i) simplifying existing regulations and standards, (ii) enhance transparency on fluoridation and derogation policy in public drinking-water for monitoring the impact of them, (iii) clarifying the rules on the use of remedy measures for derogation of public drinking-water, (iv) improve consumer health protection, (v) cooperate more closely with other nations and international organizations for fluoridation and derogation, (vi) reviewing how they could be harmonized at the EU level, or incorporated under the WHO umbrella, and (vii) develop a data flow and sharing information.

The U.S. Department of Health and Human Services (HHS) and the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) announced “New Scientific Assessments and Actions on Fluoride” dated 01.07.2011 and proposed a recommendation of 0.7mg of fluoride per litres of water. This updated recommendation is based on recent EPA and HHS scientific assessments to balance the benefits of preventing tooth decay while limiting any unwanted health effects. These scientific assessments will also guide EPA in making a determination of whether to lower the maximum amount of fluoride allowed in drinking-water, which is set to prevent adverse health effects [E.P.A. United States, 2011].

The adverse effects on health caused by fluoride in drinking-water after long periods of exposure is not definite because of the lack of sufficient information to calculate health risks. Researchers have to work together with authorities to present data to be used by doctors and nutritionists but “the country-by-country data does not include information on countries that artificially fluoridate their public water supplies” [WHO: Fawell J, Bailey K, Chilton J, Dahi E, Fewtrell L, 2006] or countries hesitate to share this information with transparency mentality in a public area so this review will enable both authorities to contribute to the public health in countries and researchers to determine the next steps based on evidence related to fluoride in drinking-water.

For protecting public health, the scientific consensus authorities can set a national regulation related to the minimum requirements of fluoride in drinking-water.

This review, in which fluorine intake is evaluated, can shed light on public health, especially pediatric health in evaluating fluoride intake and it can improve national drinking-water quality based on fluoridation and derogation which is in progress to eliminate high values.

References

European Union, E. F. S. A. (2005). Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) on a request from the Commission related to the Tolerable Upper Intake Level of Fluoride. *EFSA Journal*, 3(3), 1–65. <https://doi.org/10.2903/J.EFSA.2005.192>

Food and Agriculture Organization & World Health Organization. (2014). Guidelines for the Simple Evaluation of Dietary Exposure to Food Additives CAC/GL 3-1989 Adopted 1989 Revision 2014. <https://www.coursehero.com/file/18429908/cxg-003e/>

Aguilar, F., Charrondiere, U. R., Dusemund, B., Galtier, P., Gilbert, J., Gott, D. M., Grilli, S., Guertler, R., Kass, G. E. N., Koenig, J., Lambré, C., Larsen, J.-C., Leblanc, J.-C., Mortensen, A., Parent-Massin, D., Pratt, I., Rietjens, I., Stankovic, I., Tobback, P., ... Woutersen, R. (2008). Calcium fluoride as a source of fluoride added for nutritional purposes to food supplements - Scientific Opinion of the Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food. *EFSA Journal*, 6(12), 882. <https://doi.org/10.2903/J.EFSA.2008.882>.

European Chemicals Agency (ECHA). (n.d.). Substance Information-Fluorine. Retrieved December 20, 2021, from https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.029.049?_disssubinfo_WAR_disssubinfoportlet_backURL=https%3A%2F%2Fecha.europa.eu%2Fsearchforchemicals%3Fp_id%3Ddisssimplesearch_WAR_disssimplesearchportlet%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26_disssimplesearch_WAR_disssimplesearchportlet_sessionCriteriaId%3DdisSimpleSearch_SessionParam101401

European Commission. (n.d.). Public Health, Scientific Committees, Toolbox. Fluorine. Retrieved December 20, 2021, from https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/en/dental-amalgam/glossary/def/fluoride.htm

European Commission. (1998). Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption. Retrieved December 20, 2021, from <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC018700/>

European Commission. (2009). The exploitation and marketing of natural mineral waters (Recast) (Text with EEA relevance) (Council Directive 2009/54/EC). *Official Journal of the European Union*. Retrieved December 20, 2021, from <https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:164:0045:058:EN:PDF>

European Commission. Synthesis Report on the Quality of Drinking-water in the EU examining the Member States' reports for the period 2008-2010 under Directive 98/83/EC (Brussels, 16.6.2014 COM(2014) 363 final). Brussels, 2014. Available at: <https://ec.europa.eu/environment/water/water>

European Commission, S. C. on H. and E. R. (SCHER). (2011). Critical review of any new evidence on the hazard profile, health effects, and human exposure to fluoride and the fluoridating agents of drinking water. <https://doi.org/10.2772/38897>

WHO. (2009). WHO guidelines for drinking-water quality: policies and procedures used in updating the WHO guidelines for drinking-water quality <https://apps.who.int/iris/handle/10665/70050>

Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum. (2017). <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

International Programme on Chemical Safety, United Nations Environment Programme, International Labour Organization, W. H. O. & IPCS Ta. G. (1984). World Health Organization & IPCS Task Group on Environmental Health Criteria for Fluorine and Fluorides. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/37288>

Lennon, M. A., Whelton, D O'mullane, H., & Ekstrand, J. (2004). Rolling Revision of the WHO Guidelines for Drinking-Water

- Quality Draft for review and comments (Not for citation) Fluoride.
- National Research Council. (1993). Health Effects of Ingested Fluoride. In Health Effects of Ingested Fluoride (The Nation). National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/2204>
- United Kingdom, D. of H. (UK-D. (1991). Dietary reference values for food energy and nutrients for the United Kingdom. Report of the Panel on Dietary Reference Values of the Committee on Medical Aspects of Food Policy - PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1961974/>
- United Nation Economic Commission for Europe (UNECE). (n.d.). The Protocol on Water and Health. Retrieved October 13, 2019, from <https://unece.org/environment-policy/water/protocol-on-water-and-health/about-the-protocol/introduction>
- United States, E. P. A. (2011). New Fluoride Risk Assessment and Relative Source Contribution Documents (EPA 822-F-11-001). <http://water.epa.gov/action/advisories/drinking/>
- United States, I. of M. (1997). Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride. <https://doi.org/10.17226/5776>
- W. SLooff, H. C. E., & J.P.M. Ros (eds.). (1988). Basisdocument Fluoriden. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/758474005> .pdf; <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/758474005.html>
- World Health Organization. (1984). Guidelines for drinking-water quality: volume 1: recommendations. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/252072>
- World Health Organization. (1986). Appropriate use of fluorides for human health / edited by J. J. Murray. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/39103>
- World Health Organization. (2002). International Programme on Chemical Safety. Fluorides. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42415>
- World Health Organization. (2004). Fluoride in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/fluoride.pdf
- World Health Organization. (2008, December 8). Guidelines for drinking-water quality, 3rd edition: Volume 1 - Recommendations incorporating the first and second addenda. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241547611>
- World Health Organization. (2011). Guidelines for drinking-water quality. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44584>
- World Health Organization Meetings on the Guidelines for Drinking-water Quality Chemical Aspects Working Group Meeting Chemical Aspects and Microbial Aspects Working Group Meeting on Cross-cutting Issues Microbial Aspects Working Group Meeting and Chemical Mixtures Meeting. https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/GDWQ_2013_Repor_microbial_aspects.pdf
- World Health Organization. (2018a). A global overview of national regulations and standards for drinking-water quality. Verordnung Über Die Qualität von Wasser Für Den Menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung -TrinkwV 2001). <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272345>
- World Health Organization. (2018b). Developing drinking-water quality regulations and standards: general guidance with a special focus on countries with limited resources. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272969>
- World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2009). Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44065>
- World Health Organization: Fawell J, Bailey K, Chilton J, Dahi E, Fewtrell L, M. Y. (2006). Fluoride in drinking-water. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43514>
- World Health Organization, I. A. for R. on C. (IARC). (1982). Some Aromatic Amines, Anthraquinones and Nitroso Compounds, and Inorganic Fluorides Used in Drinking-water and Dental Preparations (I. A. for Research on Cancer, Weltgesundheitsorganisation, & I. A. for Research on Cancer, Eds.; Vol. 27, Issue 27). International Agency for Research on Cancer.
- World Health Organization. Sustainable Development and Healthy Environments Cluster. (2005). Fluoride. In Nutrients in drinking water. (pp.180–183). <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43403>



MEREC ve WEDBA Yöntemleri ile Bir Lojistik Firmasının Yıllara Göre Performansının Değerlendirilmesi

Melike Toslak¹, Beyza Aktürk², Alptekin Ulutaş^{3*}

¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Sivas, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0417-2796), meliketoslak@outlook.com

² Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Sivas, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1172-2127), akturk.byzaa@gmail.com

^{3*} Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Sivas, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8130-1301), aultas@cumhuriyet.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 23 Aralık 2022 ve Kabul Tarihi 31 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1041106)

ATIF/REFERENCE: Toslak, M., Aktürk, B. & Ulutaş, A. (2022). MEREC ve WEDBA Yöntemleri ile Bir Lojistik Firmasının Yıllara Göre Performansının Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 363-372.

Öz

Lojistik şirketlerinin performans değerlendirilmesinin yapılması ile bu şirketlerin faaliyetlerini gerçekleştirirken ne kadar verimli olduğu tespit edilebilir. Ayrıca bu şirketler performans değerlendirme sonucuna istinaden şirket hedeflerini ne derece gerçekleştirebildiğini görmüş olacaklardır ve performanslarını rakip firmalar ile kıyaslayarak güçlü ve zayıf yönlerini daha iyi fark edeceklerdir. Bu çalışmada bir lojistik işletmesinin yıllara göre performansı değerlendirilecektir. Değerlendirmede MEREC ve WEDBA yöntemleri kullanılacaktır. MEREC yöntemi ile kriter ağırlıkları bulunurken WEDBA yöntemi ile yıllar sıralanacaktır. Bu çalışma ile MEREC yöntemi ulusal literatüre tanıtılacaktır. Ayrıca MEREC ve WEDBA yöntemleri ilk defa birlikte kullanılacaktır. Böylece literatüre katkıda bulunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: MEREC, WEDBA, Performans Değerlendirme.

The Evaluation of the Performance of a Logistics Company by Years with MEREC and WEDBA Methods

Abstract

With the performance evaluation of logistics companies, it can be determined how efficient these companies are while performing their activities. In addition, these companies will have seen to what extent they have achieved the company's goals based on the performance evaluation result, and they will be able to better realize their strengths and weaknesses by comparing their performance with rival companies. In this study, the performance of a logistics company according to years will be evaluated. MEREC and WEDBA methods will be used in the evaluation. While the criteria weights are found with the MEREC method, the years will be sorted with the WEDBA method. With this study, the MEREC method will be introduced to national literature. In addition, MEREC and WEDBA methods will be used together for the first time. Thus, it will contribute to the literature.

Keywords: MEREC, WEDBA, Performance Evaluation.

* Sorumlu Yazar: aultas@cumhuriyet.edu.tr

1. Giriş

Lojistik kavramı genel olarak malzeme ve bilgi akışının üretim ve tüketim noktaları arasında doğru bir şekilde planlı gerçekleşmesi olarak tanımlanabilir. Firmalar, faaliyetlerini devam ettirebilmek için müşterilerin gereksinim ve taleplerini uygun bir şekilde kısa zamanda karşılamak durumundadırlar. Lojistiğin en önemli amacı alıcılara doğru ve hızlı bir şekilde ürün dağıtımını gerçekleştirmektir (Ulutaş, 2019). Lojistik faaliyetler, firmalar ve müşteriler arasında değer yaratmanın yanı sıra firmaların başarısının artırılmasında ve ölçülmesinde fazlasıyla önemli hale gelmiştir.

Günümüzde firmalar arasında rekabetin artmasıyla firmaların lojistik hizmetlerinde müşteri ihtiyaçlarını tam ve sürdürülebilir şekilde gerçekleştirmesi gerekir. Firmalar lojistik faaliyetlerini doğru ve sürdürülebilir olması için bazen dış kaynak kullanımı yaparak, lojistik hizmeti sunan işletmelerden lojistik hizmeti alırlar. Lojistik hizmeti sağlayan işletmelerin doğru seçimi lojistik hizmeti almak isteyen firmalar için önemlidir. Bu seçim işleminde işletmelerin performanslarının incelenmesi, firmalar açısından gereklidir. Lojistik işletmelerinin performans ölçümünün yapılması ile bu işletmelerin faaliyetlerini gerçekleştirirken ne kadar verimli olduğu tespit edilebilir. Ayrıca bu işletmeler performans ölçümü sonucuna göre hedeflerini ne derece gerçekleştirebildiğini görmüş olacaktırlar ve rakip firmalara göre güçlü ve zayıf yönlerini daha iyi fark edeceklerdir.

Detaylı performans ölçümünün yapılması, işletmelerin başarıya ulaşması için bir esastır. Performans ölçüm yönteminin temel görevi katma değerli gösterimlerin yapısına dair öngörü yakalamak olup, ayrıca işletmelerin faaliyetlerde amaçlara ulaşma doğrultusunda devamlılığını sağlamada ve faaliyet stratejilerinin başarısı ile ilgili önemli sonuçların sağlanmasını da içermektedir. Dolayısıyla performans ölçümü sadece operasyonel ve rekabetçi stratejileri açıklama yükümlülüğü olan yöneticiler için değil, ayrıca stratejileri gerçekleştirmek mecburiyetinde olan çalışanların da hareketlerini oluşturmaktadır (Fawcett, 1998). Performans ölçümü ile yapılmış çok fazla çalışma bulunmaktadır ve bu çalışmalarda genellikle regresyon analizi ve bilançolardaki mali rasyolara dayalı oran analizi kullanılmaktadır (Çakır ve Perçin, 2013). Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri, son yıllarda performans ölçümünde sıklıkla kullanılan yöntemler haline gelmiştir. Performans ölçümlerinde birden fazla kriterin ve alternatifin göz önüne alınmasından dolayı ÇKKV yöntemleri istatistiksel yöntemlere oranla son yıllarda daha çok kullanılmaktadır. Bu çalışmada da performans ölçümü yapılacağı için ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan veriler Fortune 500 Türkiye dergisinden alınmıştır. Bu çalışmada Ekol lojistiğin 2010-2020 yılları arasındaki performans değerleri analiz edilecektir. Çalışmada Ekol lojistiğin yıllara göre performansı ölçülerek incelenmiş ve performans ölçüm analizi yapılırken MEREC ve WEDBA yöntemleri kullanılmıştır. Her iki yöntem ile ilgili az sayıda Türkçe çalışma olmasından dolayı bu iki yöntem kullanılmıştır. MEREC yöntemi, kriter ağırlıklarını hesaplamak için her bir kriterin alternatiflerin toplam performansı üzerindeki etkisinin çıkarılmasında kullanılan bir objektif ağırlıklandırma yöntemidir (Ghorabae, 2021). WEDBA yöntemi ise alternatiflerin sıralamasında kullanılan bir ÇKKV yöntemidir. En uygun durum ideal nokta olarak gösterilirken en düşük durum anti-ideal nokta olarak açıklanır (Demir, 2021). Çalışmada bu

yöntemler birlikte kullanılarak Türkçe literatüre katkı sunulacaktır.

Literatürde birçok çalışmada lojistik firmalarının performansları ÇKKV yöntemleri kullanılarak ölçülmüştür. Tablo 1'de bu çalışmalar özetlenmiştir.

Tablo 1. Lojistik Firmalarının Performans Ölçümü ile İlgili Literatür Taraması (Table 1. Literature Review on Performance Measurement of Logistics Firms)

Yazarlar	Yöntemler	Konu
Görener (2009)	ANP	İmalat sanayindeki bir işletmenin tedarikçi seçim sorununa çözüm aranmıştır.
Chen vd. (2010)	Dilsel PROMETHEE	Üçüncü parti lojistik firması seçimi yapılmıştır.
Özbek ve Eren (2012)	AHP	Üçüncü parti lojistik firması seçimi yapılmıştır.
Çakır ve Perçin (2013)	CRITIC, SAW, TOPSIS ve VIKOR	Fortune 500 Türkiye'de yer alan 10 lojistik işletmenin performansı değerlendirilmiştir.
Ishizaka (2014)	Bulanık AHP ve AHP	Tedarikçi seçimi ve performans analizi yapılmıştır.
Jayant ve Singh (2015)	AHP ve VIKOR	9 üçüncü parti lojistik firması 10 kritere göre değerlendirilmiştir.
Aguezoul ve Pires (2016)	ELECTRE I	Alternatif olarak 13 üçüncü parti lojistik firması değerlendirilmiştir.
Ayaydın vd. (2017)	Gri İlişkisel Analiz	8 kriter baz alınarak Fortune 500 Türkiye'de yer alan 10 lojistik şirketin performansı analiz edilmiştir.
Eren ve Gür (2017)	AHP ve TOPSIS	Bir online alışveriş sitesi için üçüncü parti lojistik firması seçimi yapılmıştır.
Li vd. (2018)	Hibrit Bilgi Destekli ÇKKV	5 üçüncü parti lojistik firması değerlendirilmiştir.
Rezaei vd. (2018)	BWM	Lojistik performans indeksi göstergelerinin ağırlıkları hesaplanmıştır.

Ulutaş (2019)	EDAS ve Entropi	7 firmanın lojistik performans değerlendirilmiştir.
Kısa ve Ayçin (2019)	SWARA ve EDAS	OECD ülkelerinin lojistik performansı analiz edilmiştir.
Yalçın ve Ayvaz (2020)	Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS	5 ülkenin lojistik performansı 6 kritere göre değerlendirilmiştir.
Mercangoz vd. (2020)	COPRAS-G	28 AB ülkesinin ve 5 aday ülkenin lojistik performansları değerlendirilmiştir.
Khan vd. (2020)	Bulanık AHP	Bir kurye şirketinin lojistik performansı değerlendirilmiştir.
Jovčić ve Průša (2021)	ARAS, Entropi ve CRITIC	Üçüncü parti lojistik firması seçimi yapılmıştır.
Senir (2021)	CRITIC ve COPRAS	Türkiye ve AB ülkelerinin yerel lojistik performansları kıyaslanmıştır.
Aydın vd. (2021)	Nötrosofik TOPSIS	Dördüncü parti lojistik firması değerlendirilmiştir.
Yuan vd. (2021)	Olasılıklı Dil altında DEMATEL ve COPRAS	Üçüncü parti lojistik firması seçimi yapılmıştır.
Akpınar (2021)	SWARA ve WASPAS	Üçüncü parti lojistik firması seçimi yapılmıştır.
Ulutaş (2021)	Gri SWARA ve Gri CODAS	Üçüncü parti lojistik firması seçimi yapılmıştır.

Bu çalışmada MEREC ve WEDBA yöntemleri birlikte kullanılacaktır. MEREC yöntemi literatüre 2021 yılında Ghorabae ve arkadaşları tarafından tanıtılmıştır (Ghorabae vd., 2021). Bu yüzden MEREC yöntemi ile yapılan çalışma sayısı azdır. Bunlardan biri Goswami vd. (2021), MEREC yöntemi ile PIV yöntemini birleştirerek Hindistan'daki bir yer için yenilenebilir enerji santralini seçmişlerdir. Ghorabae (2021), Değiştirilmiş SWARA, MEREC ve WASPAS yöntemleri ile İran'da bulunan bir şirketin dağıtım merkezleri için yer alternatiflerini değerlendirmiştir.

WEDBA yöntemi çok yeni bir ÇKKV yöntemi olmamasına rağmen bu yöntemle yapılan çalışma sayısı azdır. Rao ve Singh (2012), WEDBA yönteminin uygulanabilirliğini ölçmek için üç tane örnek kullanmışlardır. Diğer bir çalışmada Garg (2017), Bulanık AHP, COPRAS ve WEDBA yöntemlerini kullanarak en iyi e-Öğrenme websitesini beş alternatif arasından belirlemiştir. Al-Hawari vd. (2019), WEDBA yönteminin bulanık versiyonunu geliştirmişlerdir ve bu yöntemin uygulanabilirliğini iki sayısal örnek ile değerlendirmişlerdir. Jain ve Ajmera (2019), AHP,

Entropi ve WEDBA yöntemlerini birlikte kullanarak esnek üretim sistemlerinin esnekliğini sıralamışlardır. Ulutaş (2020), WEDBA yöntemi ile PSI yöntemini birleştirerek istifleyici seçimi yapmıştır. Basar ve Tolga (2020), Bulanık WEDBA yöntemi ile dikey tarımda akıllı sistem seçimi yapmışlardır. Demir (2021), CRITIC ve WEDBA yöntemleri ile vakıf üniversitelerinin akademik performansını değerlendirmiştir.

Literatür taramasına göre MEREC yöntemi yeni geliştirildiği için bu yöntemle ilgili yayın sayısı azdır. Ayrıca WEDBA yöntemi de çok az sayıda yayında görülmektedir. Bundan dolayı bu çalışmada MEREC yöntemi ulusal literatüre tanıtılacak ve WEDBA yöntemi ile birleştirilerek yeni bir hibrit ÇKKV modeli oluşturulacaktır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada MEREC yöntemi kriter ağırlıklarının bulunmasında kullanılacaktır. WEDBA yöntemi ile yıllar sıralanacaktır.

2.1. MEREC

MEREC yönteminin adımları aşağıda gösterilmiştir (Ghorabae vd., 2021; Ghorabae, 2021):

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması. Eşitlik 1, karar matrisini göstermektedir.

$$D = [d_{ij}]_{m \times n} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de gösterilen d_{ij} değeri i alternatifinin j kriterindeki değerini göstermektedir. Bu değer pozitif bir değer olmak zorundadır. Eğer pozitif değilse uygun yöntemler kullanılarak pozitif hale getirilmelidir.

Adım 2: Karar matrisi aşağıdaki eşitlikler yardımı ile normalize edilir. Eşitlik 2 ile fayda kriterleri, Eşitlik 3 ile maliyet kriterleri normalize edilir.

$$d_{ij}^* = \frac{\min d_{ij}}{d_{ij}} \quad (2)$$

$$d_{ij}^* = \frac{d_{ij}}{\max d_{ij}} \quad (3)$$

Adım 3: Alternatiflerin toplam performans değeri (S_i) Eşitlik 4 ile bulunur.

$$S_i = \ln \left(1 + \left(\frac{1}{m} \sum_j |\ln(d_{ij}^*)| \right) \right) \quad (4)$$

Adım 4: Her bir kriterin değeri çıkartılarak alternatiflerin performanslarındaki değişiklikler (S'_{ij}) Eşitlik 5 ile hesaplanır.

$$S'_{ij} = \ln \left(1 + \left(\frac{1}{m} \sum_{k, k \neq j} |\ln(d_{ik}^*)| \right) \right) \quad (5)$$

Adım 5: Mutlak sapmaların toplamı (E_j) hesaplanır. Bu adımda kriterin kendisi üzerindeki çıkartılma etkisi ölçülür.

$$E_j = \sum_i |S'_{ij} - S_i| \quad (6)$$

Adım 6: Kriterlerin ağırlığı (w_j) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$w_j = \frac{E_j}{\sum_k E_k} \quad (7)$$

2.2. WEDBA

WEDBA yönteminin adımları şu şekildedir (Rao ve Singh, 2011; Jain ve Ajmera, 2019).

Adım 1: Karar matrisi düzenlenir. Karar matrisi, Eşitlik 1’de sunulmuştur.

Adım 2: Karar matrisindeki değerler normalize edilir. Normalizasyon işlemleri eşitlikler 2 ve 3’te gösterilmiştir. Eşitlik 2 kullanılarak maliyet kriterleri normalize edilirken, Eşitlik 3 ile fayda kriterleri normalize edilir.

Adım 3: Normalize karar matrisindeki değerler Eşitlik 8 ile standardize edilir.

$$t_{ij} = \frac{d_{ij}^* - \mu_j}{\sigma_j} \quad (8)$$

Eşitlik 8’de gösterilen μ_j ve σ_j sırasıyla j . kriterin ortalama değerini ve standart sapmasını göstermektedirler. Eşitlik 9 ile μ_j , Eşitlik 10 ile σ_j hesaplanır.

$$\mu_j = \frac{\sum_{i=1}^m d_{ij}^*}{m} \quad (9)$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (d_{ij}^* - \mu_j)^2}{m}} \quad (10)$$

Adım 4: İdeal (t_{ij}^+) ve anti-ideal (t_{ij}^-) değerler hesaplanır.

$$t_{ij}^+ = \max(t_{ij}) \quad (11)$$

$$t_{ij}^- = \min(t_{ij}) \quad (12)$$

Adım 5: Her bir alternatifin Ağırlıklı Öklid Uzaklıkları (WED_i^+ , WED_i^-) ve İndeks Skoru (IS_i) hesaplanır.

$$WED_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n \{w_j(t_{ij} - t_{ij}^+)\}^2} \quad (13)$$

$$WED_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n \{w_j(t_{ij} - t_{ij}^-)\}^2} \quad (14)$$

$$IS_i = \frac{WED_i^-}{WED_i^- + WED_i^+} \quad (15)$$

En yüksek İndeks Skoruna sahip alternatif en iyi alternatif olarak belirlenir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada Ekol Lojistik 4.0 işletmesinin Fortune 500 Türkiye (<https://www.fortuneturkey.com/fortune500>) internet sitesinde yer alan 2010-2020 yıllarına ait verileri değerlendirilmiştir. Şirketin 2020 yılına ait cirosu 521.892.982 € olarak açıklanmıştır (<https://www.ekol.com/tr/kurumsal/rakamlarla-ekol-lojistik/ciro/>). Şirketin yıllara göre performansını değerlendiren sekiz kriter göz önüne alınacaktır. Bu kriterler şunlardır: Net Satış (KRT 1), Net Satış Değişimi (KRT 2), Faiz, Vergi Öncesi Kâr (KRT 3), Faiz, Vergi Öncesi Kâr Değişimi (KRT 4), Aktif Toplam (KRT 5), Özkaynak (KRT 6), İhracat (KRT 7), ve Çalışan Sayısı (KRT 8). Bu kriterlerden sadece KRT 8 (Çalışan Sayısı) kriteri maliyet kriteri olarak alınmış olup, diğer kriterler fayda kriterleri olarak alınmıştır. Şirketin, KRT 4 kriterinde 2019 yılındaki ve 2010 yılındaki verileri eksi değerler olduğu için en küçük eksi

değerin (-49,4) mutlağı alınıp bu değere 1 eklenmiştir. Bulunan bu değer KRT 4 kriterinin altındaki bütün değerlere eklenmiştir. Tablo 2’de şirketin 2010-2020 yılları arasındaki verileri başka bir ifade ile karar matrisi sunulmuştur.

Tablo 2’de gösterilen karar matrisindeki değerler Eşitlik 2 ve Eşitlik 3 ile normalize edilir. Tablo 3, normalize karar matrisini sunmaktadır. Eşitlik 4 ile alternatiflerin toplam performans değerleri (S_i) bulunur. Tablo 4, toplam performans değerlerini göstermektedir. Eşitlik 5 ile S'_j değerleri bulunur. Tablo 5, bu değerleri göstermektedir. Son olarak Eşitlik 6 ile mutlak sapmaların toplamı (E_j) ve Eşitlik 7 ile kriterlerin ağırlıkları (w_j) bulunur. Bu değerler, Tablo 6’da gösterilmiştir. Bulunan kriter ağırlıkları WEDBA yöntemine aktarılır.

WEDBA yönteminde Tablo 2’de gösterilen karar matrisine Eşitlik 2 (Maliyet) ve Eşitlik 3 (Fayda) uygulanır ve normalize karar matrisi WEDBA yöntemi için elde edilir. Tablo 7, WEDBA yöntemi için normalize karar matrisini göstermektedir. Eşitlik 8 ile Tablo 7’de gösterilen normalize karar matrisi standardize edilir. Tablo 8, standardize karar matrisini göstermektedir. Son olarak her bir alternatifin Ağırlıklı Öklid Uzaklıkları (WED_i^+ , WED_i^-) ve İndeks Skoru (IS_i), eşitlikler 13-15 ile hesaplanır. Tablo 9, sonuçları göstermektedir. Tablo 9’a göre şirketin yıllara göre performansı şu şekilde gerçekleşmiştir: 2020 > 2014 > 2011 > 2013 > 2018 > 2017 > 2015 > 2012 > 2016 > 2019 > 2010. Sonuç olarak en iyi performansın görüldüğü yıl 2020 yılı olarak belirlenmiştir. Şirketin en kötü performans gösterdiği yıl ise 2010 yılı olarak belirlenmiştir. 2020 yılında küresel pandemi (COVID-19) ortaya çıkmasına rağmen 2020 yılında şirket en iyi performansa sahip olmuştur. WEDBA yönteminin doğru sonuçlara ulaşmış olduğunu tespit etmek için Tablo 2’de gösterilen karar matrisine MOORA, WASPAS ve ROV yöntemleri uygulanmıştır. Bu yöntemlerin sonuçları Tablo 10’da gösterilmiştir. WEDBA yöntemi ile bulunan sıralamalar ve MOORA, WASPAS ve ROV yöntemleri ile bulunan sıralamalar Spearman Korelasyonu ile karşılaştırılmıştır. Korelasyon sonuçlarına göre WEDBA-MOORA yöntemleri arasında 0,864, WEDBA-WASPAS arasında 0,809 ve WEDBA-ROV arasında 0,855 korelasyon değerleri bulunmuştur. Korelasyon sonuçlarına göre WEDBA yöntemi doğru sonuçlara ulaşmıştır.

Kriter ağırlıklarının sonuca etkisini göstermek için duyarlılık analizi yapılmıştır. Duyarlılık analizi için belirlenen kriter ağırlıkları ve senaryolar Tablo 11’de gösterilmiştir. Duyarlılık analizinin sonuçları Şekil 1’de gösterilmiştir. Görüleceği üzere kriter ağırlıklarının değişmesi alternatiflerin sıralamasını değiştirmiştir. Örneğin 2020 yılı Senaryo 1 ve Senaryo 4’te 1. sıradaki yerini korurken Senaryo 2’de 4. sırada Senaryo 3’te ise 2. sırada yer almaktadır. Aynı şekilde analiz sonucunda son sırada yer alan 2010 yılı Senaryo 2 ve Senaryo 4’te yerini korurken Senaryo 1’de 8. sırada yer alırken Senaryo 3’te ise 5.sırada yer almaktadır. COVID-19 sürecinden önceki yıl olan 2019 yılına baktığımızda bu yıl Senaryo 1 ve Senaryo 4’te 3.sırada yer alırken Senaryo 2’de 10.sırada ve Senaryo 3’te ise 9.sırada yer almıştır. Yılların sıralaması senaryolardaki ağırlıkların etkisi ile en az bir kere değişmiştir. Buradan WEDBA yönteminin kriter ağırlıklarında oluşan değişikliklere karşı duyarlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 2. Karar Matrisi (Table 2. Decision Matrix)

Kriterler	KRT 1	KRT 2	KRT 3	KRT 4
Yıllar				
2020	3900651680,90	16,72875379	272825746,34	292,64232153226
2019	3341637376	0,369811088	79717128,00	20,53451194763
2018	3329325175,74	35,014569	113663193,83	106,101173
2017	2465900679,30	31,133346	25120100,48	120,46811
2016	1880452807,90	24,367635	50263958,27	52,745336
2015	1512011385,90	29,766944	49112114,18	97,270537
2014	1165174538	26,8	33439051,00	245,5
2013	918880247,71	41,9062150	11332614,19	141,592793
2012	629374958	27,7345460	12798185,00	97,240266
2011	509199165	62,6561130	8715719,00	55,548244
2010	313052584	4,3	8288742,00	1
Kriterler	KRT 5	KRT 6	KRT 7	KRT 8
Yıllar				
2020	3551160275,83	768933278,61	7719	3203936672,52
2019	2813050112,00	468627424,00	7827	2343131392,00
2018	2543748100,61	442006011,52	8148	2666504963,55
2017	1680906559,56	321199930,96	7989	1944136610,08
2016	1318687488,69	247043820,95	7055	857582948,46
2015	1023182757,72	199662614,86	6580	380475336,30
2014	696645914,00	180867267,00	5576	313188884,00
2013	670784360,24	191434273,01	4710	234048165,22
2012	361700526,00	154790029,00	2351	152663304,00
2011	323696292,00	149018889,00	2130	138282291,00
2010	277709387,00	151847807,00	1491	93052437,00

Tablo 3. Normalize Karar Matrisi (MEREK) (Table 3. Normalised Decision Matrix (MEREK))

Kriterler	KRT 1	KRT 2	KRT 3	KRT 4
Yıllar				
2020	0,08	0,022	0,030	0,003
2019	0,094	1	0,104	0,049
2018	0,094	0,011	0,073	0,009
2017	0,127	0,012	0,33	0,008
2016	0,166	0,015	0,165	0,019
2015	0,207	0,012	0,169	0,01
2014	0,269	0,014	0,248	0,004
2013	0,341	0,009	0,731	0,007
2012	0,497	0,013	0,648	0,01
2011	0,615	0,006	0,951	0,018
2010	1	0,086	1	1
Kriterler	KRT 5	KRT 6	KRT 7	KRT 8
Yıllar				
2020	0,078	0,194	0,947	0,029
2019	0,099	0,318	0,961	0,04
2018	0,109	0,337	1	0,035
2017	0,165	0,464	0,98	0,048
2016	0,211	0,603	0,866	0,109
2015	0,271	0,746	0,808	0,245
2014	0,399	0,824	0,684	0,297

2013	0,414	0,778	0,578	0,398
2012	0,768	0,963	0,289	0,61
2011	0,858	1	0,261	0,673
2010	1	0,981	0,183	1

Tablo 4. Toplam Performans Değerleri (MEREK) (Table 4. Total Performance Values (MEREK))

Yıllar	S_i
2020	1,141
2019	0,835
2018	1,063
2017	0,971
2016	0,905
2015	0,883
2014	0,868
2013	0,807
2012	0,743
2011	0,718
2010	0,321

Tablo 5. S'_{ij} Değerleri (Table 5. S'_{ij} Values)

Kriterler Yıllar	KRT 1	KRT 2	KRT 3	KRT 4
	2020	1,065	1,024	1,034
2019	0,737	0,835	0,742	0,709
2018	0,986	0,911	0,978	0,903
2017	0,897	0,806	0,932	0,789
2016	0,836	0,737	0,836	0,747
2015	0,822	0,701	0,814	0,693
2014	0,817	0,69	0,813	0,631
2013	0,763	0,596	0,795	0,583
2012	0,712	0,535	0,724	0,521
2011	0,697	0,461	0,716	0,522
2010	0,321	0,145	0,321	0,321

Kriterler Yıllar	KRT 5	KRT 6	KRT 7	KRT 8
	2020	1,064	1,093	1,14
2019	0,74	0,789	0,834	0,7
2018	0,991	1,029	1,063	0,952
2017	0,907	0,944	0,97	0,861
2016	0,846	0,886	0,899	0,82
2015	0,833	0,872	0,875	0,829
2014	0,832	0,861	0,853	0,821
2013	0,771	0,797	0,785	0,769
2012	0,731	0,741	0,688	0,721
2011	0,712	0,718	0,657	0,701
2010	0,321	0,32	0,203	0,321

Tablo 6. Mutlak Sapmaların Toplamı ve Kriterlerin Ağırlıkları (Table 6. Sum of Absolute Deviations and Weights of Criteria)

Kriterler Sonuçlar	KRT 1	KRT 2	KRT 3	KRT 4
	E_j	0,602	1,814	0,55

w_j	0,092	0,276	0,084	0,286
Kriterler	KRT 5	KRT 6	KRT 7	KRT 8
Sonuçlar				
E_j	0,507	0,205	0,288	0,727
w_j	0,077	0,031	0,044	0,111

Tablo 7. Normalize Karar Matrisi (WEDBA) (Table 7. Normalise Decision Matrix (WEDBA))

Kriterler	KRT 1	KRT 2	KRT 3	KRT 4
Yıllar				
2020	1	0,267	1	1
2019	0,857	0,006	0,292	0,07
2018	0,854	0,559	0,417	0,363
2017	0,632	0,497	0,092	0,412
2016	0,482	0,389	0,184	0,18
2015	0,388	0,475	0,18	0,332
2014	0,299	0,428	0,123	0,839
2013	0,236	0,669	0,042	0,484
2012	0,161	0,443	0,047	0,332
2011	0,131	1	0,032	0,19
2010	0,08	0,069	0,03	0,003

Kriterler	KRT 5	KRT 6	KRT 7	KRT 8
Yıllar				
2020	1	1	0,193	1
2019	0,792	0,609	0,19	0,731
2018	0,716	0,575	0,183	0,832
2017	0,473	0,418	0,187	0,607
2016	0,371	0,321	0,211	0,268
2015	0,288	0,26	0,227	0,119
2014	0,196	0,235	0,267	0,098
2013	0,189	0,249	0,317	0,073
2012	0,102	0,201	0,634	0,048
2011	0,091	0,194	0,7	0,043
2010	0,078	0,197	1	0,029

Tablo 8. Standardize Karar Matrisi (Table 8. Standardized Decision Matrix)

Kriterler	KRT 1	KRT 2	KRT 3	KRT 4
Yıllar				
2020	1,646	-0,623	2,73	2,033
2019	1,206	-1,579	0,246	-1,026
2018	1,197	0,447	0,684	-0,063
2017	0,514	0,22	-0,456	0,099
2016	0,052	-0,176	-0,133	-0,664
2015	-0,237	0,139	-0,147	-0,164
2014	-0,511	-0,033	-0,347	1,503
2013	-0,705	0,85	-0,632	0,336
2012	-0,935	0,022	-0,614	-0,164
2011	-1,028	2,062	-0,667	-0,632
2010	-1,185	-1,348	-0,674	-1,247

Kriterler	KRT 5	KRT 6	KRT 7	KRT 8
Yıllar				
2020	1,921	2,442	-0,653	1,766

2019	1,265	0,884	-0,664	1,035
2018	1,025	0,749	-0,69	1,31
2017	0,259	0,124	-0,675	0,698
2016	-0,063	-0,263	-0,588	-0,223
2015	-0,325	-0,506	-0,531	-0,628
2014	-0,615	-0,606	-0,386	-0,685
2013	-0,637	-0,55	-0,206	-0,753
2012	-0,912	-0,741	0,939	-0,821
2011	-0,946	-0,769	1,177	-0,834
2010	-0,987	-0,757	2,26	-0,872

Tablo 9. Sonuçlar (Table 9.Results)

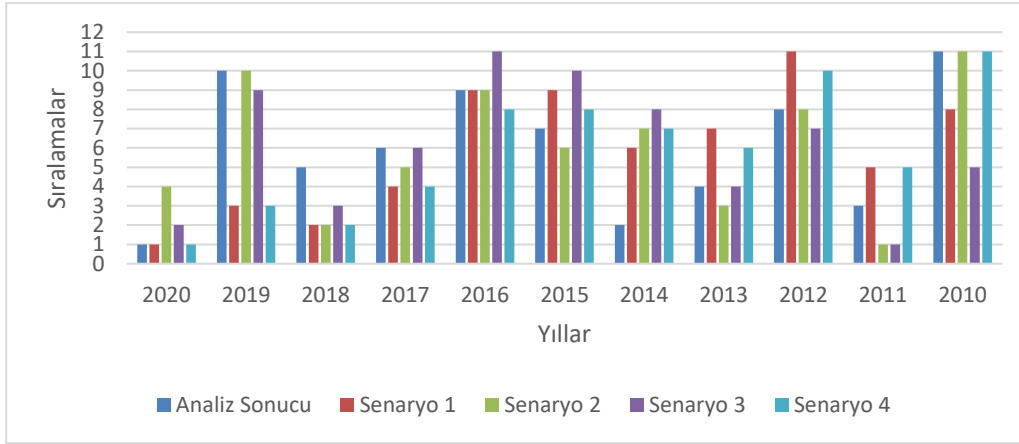
Sonuçlar Yıllar	WED_i^+	WED_i^-	IS_i	Sıralama
2020	0,752	1,116	0,597	1
2019	1,360	0,369	0,213	10
2018	0,786	0,758	0,491	5
2017	0,836	0,677	0,447	6
2016	1,073	0,451	0,296	9
2015	0,943	0,579	0,380	7
2014	0,773	0,898	0,537	2
2013	0,783	0,811	0,509	4
2012	0,995	0,545	0,354	8
2011	0,931	1,024	0,524	3
2010	1,436	0,145	0,092	11

Tablo 10. Yöntemlerin Karşılaştırılması (Table 10. Comparison of Methods)

Yöntemler Yıllar	WEDBA	MOORA	WASPAS	ROV
2020	1	1	1	1
2019	10	9	10	8
2018	5	2	2	2
2017	6	4	3	4
2016	9	8	8	9
2015	7	7	6	7
2014	2	3	4	3
2013	4	5	5	5
2012	8	10	9	10
2011	3	6	7	6
2010	11	11	11	11

Tablo 11. Senaryolar (Table 11. Scenarios)

Senaryolar Kriterler	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
KRT 1	0,125	0,100	0,100	0,150
KRT 2	0,125	0,300	0,200	0,150
KRT 3	0,125	0,100	0,100	0,200
KRT 4	0,125	0,100	0,100	0,100
KRT 5	0,125	0,100	0,150	0,050
KRT 6	0,125	0,100	0,050	0,200
KRT 7	0,125	0,100	0,200	0,050
KRT 8	0,125	0,100	0,100	0,100



Şekil 1. Senaryo Sonuçları (Figure 1. Scenario Results)

4. Sonuç

Bu çalışmada MEREC ve WEDBA yöntemleri kullanılarak Ekol Lojistik firmasının 2010-2020 yılları arasındaki performansı değerlendirilmiştir. Şirketin yıllar bazında performansı şu şekilde sıralanmıştır: 2020 > 2014 > 2011 > 2013 > 2018 > 2017 > 2015 > 2012 > 2016 > 2019 > 2010. Analiz sonucu olarak şirketin en iyi performans gösterdiği yıl 2020 yılı olarak belirlenmiştir. Şirketin en kötü performans gösterdiği yıl ise 2010 yılı olarak belirlenmiştir. Çalışmada WEDBA yönteminin doğru sonuçlara ulaşip ulaşmadığını analiz etmek için yöntemin sonuçları MOORA, WASPAS ve ROV yöntemlerinin sonuçları ile Spearman Korelasyonu kullanılarak karşılaştırılmıştır. Korelasyon sonuçlarına göre WEDBA yöntemi doğru sonuçlara ulaşmıştır. Ayrıca WEDBA yönteminin kriter ağırlıklarındaki değişikliklere duyarlı olduğu duyarlılık analizi ile ortaya konmuştur. Bu çalışma ile MEREC yöntemi ulusal literatüre tanıtılmıştır. Ayrıca MEREC ve WEDBA yöntemleri literatürde ilk kez birlikte kullanılmıştır. Böylece literatüre katkı sunulmuştur.

Bu analiz her ne kadar doğru sonuçlar vermiş olsa da veri açısından zayıf bir analizdir. Bu analizde sadece 8 kriter göz önünde bulundurularak yıllar içinde şirketin performansı ölçülmüştür. Daha fazla kriterin göz önünde bulundurulması sonuçların değişmesine sebep olabilir. Gelecek çalışmalar daha fazla kriteri göz önüne alarak daha detaylı bir çalışma yapabilirler. Ayrıca, bu analizde sadece objektif verilerden yararlanılmıştır. Ancak subjektif verilerde analizi daha kapsayıcı hale getirecektir. Gelecek çalışmalar subjektif verileri kullanarak daha kapsayıcı bir çalışma ortaya koyabilirler.

Kaynakça

- Aguezoul, A., & Pires, S. (2016). 3PL performance evaluation and selection: a MCDM method. In *Supply Chain Forum: An International Journal*, 17(2), 87-94.
- Akpınar, M. E. (2021). Third-Party Logistics (3PL) Provider Selection Using Hybrid Model of SWARA and WASPAS. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 7(3), 371-382.
- Al-Hawari, T., Naji, A., Alshraideh, H., & Bataineh, O. (2019). Extending the WEDBA to the fuzzy multi-criteria decision-
e-ISSN: 2148-2683

- making environment. *International Journal of Computer Applications in Technology*, 59(4), 330-346.
- Ayaydın, H., Durmuş, S., & Pala, F. (2017). Gri İlişkisel Analiz Yöntemiyle Türk Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 8(21), 76-94.
- Aydın, S., Yörükoğlu, M., & Kabak, M. (2021). Fourth party logistics firm assessment using a novel neutrosophic MCDM. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, (Yayın Aşamasında), 1-11.
- Basar, M., & Tolga, A. C. (2020, July). Smart System Evaluation in Vertical Farming via Fuzzy WEDBA Method. In *International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems* (pp. 534-542). Springer, Cham.
- Chen, C. T., Pai, P. F., & Hung, W. Z. (2010). An integrated methodology using linguistic PROMETHEE and maximum deviation method for third-party logistics supplier selection. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 3(4), 438-451.
- Çakır, S., & Perçin, S. (2013). Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü. *Ege Akademik Bakış*, 13(4), 449-459.
- Demir, G. (2021). Vakıf Üniversitelerinde Akademik Performans Analizi: CRITIC-WEDBA Bütünleşik Model Uygulaması. *Uluslararası İktisadi ve İdari Akademik Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 39-50.
- Eren, T., & Gür, S. (2017). Selection of 3PL company for online shopping sites with AHP and TOPSIS method. *Hittit University Journal of Social Sciences Institute*, 10(2), 819-834.
- Fawcett, S. E., & Cooper, M. B. (1998). Logistics performance measurement and customer success. *Industrial Marketing Management*, 27(4), 341-357.
- Garg, R. (2017). Optimal selection of E-learning websites using multiattribute decision-making approaches. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 24(3-4), 187-196.
- Ghorabae, M. K., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2021). Determination of Objective Weights Using a New Method Based on the Removal Effects of Criteria (MEREC). *Symmetry*, 13(4), 525.
- Ghorabae, M. K. (2021). Assessment of distribution center locations using a multi-expert subjective-objective decision-making approach. *Scientific Reports*, 11(1), 1-19.

- Goswami, S. S., Mohanty, S. K., & Behera, D. K. (2021). Selection of a green renewable energy source in India with the help of MEREC integrated PIV MCDM tool. *Materials Today: Proceedings*, (Yayın Aşamasında).
- Görener, A. (2009). Kesici Takım Tedarikçisi Seçiminde Analitik Ağ Sürecinin Kullanımı. *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, 4(1), 99-110.
<https://www.ekol.com/tr/kurumsal/rakamlarla-ekol-lojistik/ciro/>
(Erişim Zamanı: 20/12/2021)
<https://www.fortuneturkey.com/fortune500> (Erişim Zamanı: 20/10/2021)
- Ishizaka, A. (2014). Comparison of fuzzy logic, AHP, FAHP and hybrid fuzzy AHP for new supplier selection and its performance analysis. *International Journal of Integrated Supply Management*, 9(1-2), 1-22.
- Jain, V., & Ajmera, P. (2019). Application of MADM methods as MOORA and WEDBA for ranking of FMS flexibility. *International Journal of Data and Network Science*, 3(2), 119-136.
- Jayant, A., & Singh, P. (2015). Application of AHP-VIKOR hybrid MCDM approach for 3PL selection: a case study. *International Journal of Computer Applications (IJCA)*, 125(5), 4-11.
- Jovčić, S., & Průša, P. (2021). A Hybrid MCDM Approach in Third-Party Logistics (3PL) Provider Selection. *Mathematics*, 9(21), 2729.
- Khan, S. A., Ahmed, W., & Ubaid, A. (2020, October). A Decision Support System for Logistics Performance Evaluation of Courier Company. In *2020 5th International Conference on Logistics Operations Management (GOL)* (pp. 1-5). IEEE.
- Kısa, A. C. G., & Ayçin, E. (2019). OECD Ülkelerinin Lojistik Performanslarının SWARA Tabanlı EDAS Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(1), 301-326.
- Li, Y. L., Ying, C. S., Chin, K. S., Yang, H. T., & Xu, J. (2018). Third-party reverse logistics provider selection approach based on hybrid-information MCDM and cumulative prospect theory. *Journal of Cleaner Production*, 195, 573-584.
- Mercangoz, B. A., Yildirim, B. F., & Yildirim, S. K. (2020). Time period based COPRAS-G method: application on the Logistics Performance Index. *LogForum*, 16(2).
- Özbek, A., & Eren, T. (2012). Üçüncü parti lojistik (3PL) firmanın analitik hiyerarşi süreciyle (AHS) belirlenmesi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 4(2), 46-54.
- Rao, R. V., & Singh, D. (2011). Evaluating flexible manufacturing systems using Euclidean distance-based integrated approach. *International Journal of Decision Sciences, Risk and Management*, 3(1-2), 32-53.
- Rao, R. V., & Singh, D. (2012). Weighted Euclidean distance based approach as a multiple attribute decision making method for plant or facility layout design selection. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 3(3), 365-382.
- Rezaei, J., van Roekel, W. S., & Tavasszy, L. (2018). Measuring the relative importance of the logistics performance index indicators using Best Worst Method. *Transport Policy*, 68, 158-169.
- Senir, G. (2021). Comparison of Domestic Logistics Performances of Turkey and European Union Countries in 2018 With an Integrated Model. *LogForum*, 17(2), 193-204.
- Ulutaş, A. (2021). A grey hybrid model to select the optimal third-party logistics provider. *South African Journal of Industrial Engineering*, 32(1), 171-181.
- Ulutaş, A. (2020). Stacker Selection with PSI and WEDBA Methods. *International Journal of Contemporary Economics and Administrative Sciences*, 10(2), 493-504.
- Ulutaş, A. (2019). Entropi Tabanlı EDAS Yöntemi ile Lojistik Firmalarının Performans Analizi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (23), 53-66.
- Yalçın, B., & Ayvaz, B. (2020). Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Lojistik Performansın Değerlendirilmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 19(38), 117-138.
- Yuan, Y., Xu, Z., & Zhang, Y. (2021). The DEMATEL-COPRAS hybrid method under probabilistic linguistic environment and its application in Third Party Logistics provider selection. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 1-20.



Orman Yangınları ve Sonrası: Orman Ekosistem Restorasyonu

Nedim Kemer^{1*}

^{1*} Ankara Bilim Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Ankara, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9655-4715), nedkem@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi 10 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 31 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1054290)

ATIF/REFERENCE: Kemer, N. (2021). Orman Yangınları ve Sonrası: Orman Ekosistem Restorasyonu. *European Journal of Science and Technology*, (33), 373-381.

Öz

Son yıllarda dünya genelinde ve Türkiye’de sayıları ve büyüklükleri endişe verici boyutlarda artan orman yangınları önemli biyosfer kaynakları olan ormanlar için çok ciddi alarm vermektedir. Türkiye’de üst düzey devlet kurumlarından, halk tabanına; bilim insanlarından orman ürünü tüketicilerine kadar geniş paydaşlar çerçevesinde yangınları önleme, söndürme ve rehabilitasyon çalışmalarına ve genel olarak ormanların yönetimine dair büyük görüş ayrılıkları bulunmaktadır. Bu farklılıkların temelinde tüm paydaşlar arasında bir vizyon birliği olmaması, orman ekolojisi ve sağlıklı ormanların doğal yapı taşlarına dair ortak bir anlayış ve ortak bir bakış açısı bulunmamasıdır. İyi niyetli de olsalar uygulamaya yönelik çalışmalar ve girişimler, çıkış noktalarındaki ayrılıklardan dolayı uzun süreli olamamakta ve bütünsel fayda sağlayamamaktadır. Bu unsurların her kesim tarafından doğrulukla karşılıklı olarak anlaşılması büyük önem taşır. Bu çalışma öncelikle kamuoyundaki bu ortak vizyon eksikliğini bilimsel verilere dayalı bilgi desteği ile gidermeyi amaçlamaktadır. İkinci olarak da derlenen bilgi ve veriler ışığında, yangın geçiren orman arazilerine ekosistem odaklı yaklaşımlarla iyileştirme ve onarım planları için öneriler geliştirmektedir. Çalışma kapsamında, orman olgusuna ağaç varlığının ötesinde, biyolojik çeşitlilik ilkeleri ile geniş bir çerçeveden bakarak ormanlar ve benzeri doğal sistemlerin altlarında yatan ekolojik unsurların önemleri bilimsel verilerle irdelenmiştir. Doğal sistemlerin evrimleşme sürecinin belirleyici unsurlarından olan yangınlar, ormanların kendilerini yenileme kapasiteleri içerisinde kalan aralıklar ve ölçülerde meydana geldiği sürece, eşitleyici ve yeni bir başlangıç fırsatı sağlayarak biyolojik çeşitliğe ve gençleşmeye olanak tanıyan olumlu faktörlerdir. Gerek yangınları başlamadan önlemek gerekse de yangından sonra ormanların yeniden tesisi çalışmaları ve sonrasında ormanların sürdürülebilir yönetimi bağlamında sağlıklı doğal ormanların nasıl olması gerektiğini veya neyin orman olmadığını anlamak ve buna uygun politikalar ve eylemler geliştirmek orman kaynaklarının sürekliliği açısından büyük öneme sahiptir. Ortak bir toplumsal vizyon oluşumunun ağırlık merkezinde yer alan en birleştirici unsur rasyonel ve bilimsel verilere dayalı bilgi birliğidir. Çalışmada sonuç olarak, ulusal ‘Çevre Düzeni Planlarına’ entegre olacak şekilde hasar tespiti haritaları ve sonrasında koruma, iyileştirme ve restorasyon amaçlı plan öngörülerinde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Orman Yangını, Orman Ekolojisi, Orman Toprağı, Biyolojik Çeşitlilik, Orman Yangını Restorasyonu, Orman Ekosistem Restorasyonu, Toprak Ekolojisi.

Forest Fires and Post-Fire Actions: Forest Ecosystem Restoration

Abstract

In recent years, forest fires have alarmingly increased in numbers and magnitudes throughout the world and Turkey, threatening Earth's crucially important biosphere resources. There are vast differences of opinion on fire prevention, extinguishing and restoration efforts, and forest management in general among a wide range of stakeholders from high-level state institutions to the forest product consumers to the grassroots in Turkey. The basis of these differences is the lack of unity of vision among all stakeholders, lack of a mutual understanding and perspective on forest ecology and natural building blocks of healthy forests. Even if they are well intended, all rehabilitation initiatives and implementation efforts with restoration focuses cannot have long-term effects and cannot provide holistic benefits due to the differences in the primary motives. It is of great importance that the scientific facts on forest ecology are comprehended thoroughly and agreed upon by the great majority of all parties. This study initially aims to provide the public with a shared vision constructed by scientific information. Secondly, in the light of the scientific information acquired, mitigation and restoration recommendation plans with ecosystem-based approaches are developed. Based on the fact that forest lands are more than

* Sorumlu Yazar: nedkem@gmail.com

mere trees, this study demonstrates the importance of ecological components and biological diversity underlying forests and similar natural systems in the context of fires. Fires are one of the determinants of the evolution process of natural systems. Forest fires are positive phenomena that enable rejuvenation and support biodiversity by equalizing and allowing a fresh start opportunity, as long as they occur at intervals and measures that remain within the regeneration capacity of forests. It is imperative to understand and explain what a healthy natural forest is and what it is not, both in preventing forest fires, reforestation after the fire, and sustainable management of forests. Mutually shared knowledge-based unity and rational scientific information are the most unifying elements for the common consensus and vision. In conclusion, a two steps healing process is recommended. First, inventory of damage assessment; consequently, the conservation and restoration plans, eventually to be integrated into the National Regional Environment Plans (Çevre Düzeni Planı.)

Keywords: Forest Fires, Forest Ecology, Forest Soil, Biological Diversity, Forest Fire Restoration, Forest Ecosystem Restoration, Soil Ecology, Forestry.

1. Giriş

Orman yangınları, son yıllarda çok büyük ve küresel bir problem haline gelmiştir. Hemen her kıtada ve ülkede görülen büyük yangınlar, doğal nedenlerle veya insan faaliyetlerinin sonucunda başlamış olsalar da yangınlar bağlamında ormanların genel yönetim politikaları çok yönlü olarak sorgulanmaktadır (Noss ve d., 2006; Elmas ve Sönmez, 2008). İklimsel sıcaklık ve yağış rejimlerindeki değişiklikler, göçler nedeniyle kırsal nüfusun azalması, doğal çevrelerde ve ormanlarda yabancı hayvanlar ve besi hayvanlarının azalması ve bu nedenle yanıcı organik maddelerin orman tabanlarında aşırı miktarlarda birikmesi gibi sebeplerin orman yangınları üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkileri akademik çerçeveden kamuoyuna kadar geniş çevrelerde tartışılmaktadır (Alkan, 2014; North, 2015; Bilgili, Demir, ve Daşcı, 2017). Son yıllarda her iki yarı-kürenin yaz aylarında çok yüksek değerlere ulaşarak artış gösteren sıcaklıkların da etkileri nedeniyle yangınlar aşırı büyüyerek, kontrol edilemeden yayılmış haftalarca ve aylarca devam etmiştir. Akyol ve Tolunay (2006), 'Türkiye'de sürdürülebilir orman yönetimi' konusunda gerçekleştirdikleri geniş kapsamlı çalışmaları ile ormanlar üzerindeki çok başlı yönetim karmaşasından, sosyal, ekonomik ve ekolojik sorunlara kadar çeşitli baskıları irdeleyerek uzman eğitim düzeyleri ve değerlendirme ölçüt kriterlerinde karşılaşılan farklılıkların süreci zorladığını tespit etmişlerdir. Orman yangınlarının çıkış nedenlerini azaltmaya yönelik önlem odaklı öneriler, söndürme çabaları ve orman sahalarının yangınlardan sonra korunarak hızla tekrar ağaçlandırılmak suretiyle rehabilitasyon ve restorasyon çalışmaları hakkında da çok farklı görüşler vardır (Elmas ve Sönmez 2008; Moreira, 2012). Bugün gelinen noktada Türkiye'de üst düzey devlet kurumlarından, halk tabanına; bilim insanlarından orman ürünü tüketicilerine kadar geniş kapsamlı paydaşlar çerçevesinde yangınları önleme, söndürme ve rehabilitasyon çalışmalarına ve genel olarak ormanların yönetimine dair büyük görüş ayrılıkları olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların temelinde tüm paydaşlar arasında bir vizyon birliği olmaması, ormanlara dair ortak bir anlayış ve ortak bir bakış açısı bulunmaması yatmaktadır. Dolayısıyla iyi niyetle de olsa uygulamaya yönelik çalışmalar ve girişimler, çıkış noktalarındaki ayrılıklardan dolayı uzun süreli ve bütünsel fayda sağlayamamaktadır. Bu çalışmanın amacı öncelikle kamuoyundaki bu ortak vizyon eksikliğini bilimsel verilere dayalı bilgi desteği ile gidermektir. İkinci olarak da derlenen bilgi ve veriler ışığında, yangın geçiren orman arazilerine ekosistem odaklı yaklaşımlarla iyileştirme ve onarım planları için öneriler geliştirmektir. Çalışma kapsamında, yangınlar bağlamındaki farklı görüşler ve fikirler geniş bir çerçeveden değerlendirilerek, orman olgusuna ağaç varlığının ötesinde bakılarak ormanlar ve benzeri doğal sistemlerin atlarında yatan ekolojik unsurların önemleri bilimsel verilerle irdelenmiştir. Gerek orman yangınlarını başlamadan önlemek gerekse de yangından sonra tekrar ağaçlandırma çalışmaları ve sonrasında ormanların sürdürülebilir yönetimi bağlamında öncelikle gerçek ve sağlıklı

bir ormanın nasıl olması gerektiğini veya ne olmadığını anlamak çok yerinde olacaktır. Ortak bir toplumsal vizyon oluşumunun ağırlık merkezinde yer alan en birleştirici unsur rasyonel ve bilimsel verilere dayalı bilgi birliğidir.

2. Yerkürede Yaşam Daima Var Olmak Eğilimindedir.

Doğada canlılık her yerde ve her koşulda var olmak eğilimindedir. Doğaya yapılacak her müdahalede doğanın doğallıkla ve doğal çevresel süreçlerle ne yapmak isteyeceğini anlayıp onun önünü açmak her zaman için en doğru yaklaşım olacaktır. Yerkürede tek bir santimetrekare dahi canlılıktan yoksun değildir. Doğal süreçlere, ekolojik dinamiklere engel olunmadıkça ve onların içsel döngüleri ile çelişecek faaliyetler yapılmadığı sürece canlılık devam etme eğilimindedir. Tahrip olduğu için veya başka nedenlerle yenilenmesi istenilen doğal çevrelerde öncelikle insan faaliyetlerini sınırlayarak kısmi ölçülerde hazırlıkla destek olduktan sonra doğal süreçleri beklemek doğanın kendini yenilemesi için yeterli olacaktır. Sabırla ve bilinçle desteklendiğinde hemen her yer kendine özgü bir bitki örtüsü ile kaplanabilecektir. Lav ile kaplanan yanardağ yamaçları dahi yeterli zaman tanındığında önce mikroorganizmalar, sonrasında öncü bitkiler nihayetinde de ormanla kaplanabilmektedir. Doğal çevrelerin kendilerini yenilemelerine dair zaman gereksinimleri bir insan ömrü baz alınarak ölçülenebilir. 'Orman vasfını yitirmiş olmak' ifadesi geri dönüşü olmayan bir durumu tanımladığı için maalesef doğallıktan uzak ve gündelik bir ifade olarak kalır. Geleneksel ormancılık politikaları hemen tüm orman sahalarını kereste üretim sahaları olarak sürdürüp yönetmektedir. Bu orman yönetim programını öğrendiğimiz toplumlar böyle bir genellemeyi geride bırakarak ormanlarını endüstriyel ve doğal olmak üzere farklı sınıflarda yönetmektedir (Gülen ve Özdönmez, 1981; Gümüş, 2016; McEwan,2020). Homojen bir yapıda tek bir türden oluşan ormanlar için *monotop* tanımı kullanılır. Doğal olsalar da ağırlıklı olarak insan müdahaleleri etkisinde yetişmiş, büyük bir kısmı tek türün hakimiyetinde ağaç tarlaları şeklinde olan bu tür ormanların yangına maruz kalmaları halinde yerlerine aynılarının tekrar tesis edilmesi gerekmeyebilir. Onların yerine, biyolojik çeşitliğe sahip, flora ve fauna açısından zengin, çok katmanlı ve karşılıklı etkileşim halinde türlerden oluşan orman kompozisyonlarının oluşturulması göreceli olarak çok daha sürdürülebilir doğal çevrelerin gelişimini sağlayacaktır. Doğal yaşamın çok yönlü temsilcilerini içlerinde barındıran, geniş tür çeşitliğine sahip ormanlar arıcılık, turizm, rekreasyon, ve benzeri ekonomik faaliyetleri de destekleyeceği gibi sosyo-kültürel açıdan da büyük zenginlikler sunabilecektir.

2.1. Bütüncül Organizmalar Olarak Ormanlar ve Orman Ekosistemi

Ağaçlar orman ekosistemleri topluluklarının dışarıdan görülen en büyük bireyleri olduğu için ormanların salt ağaçlardan

oluştugu algısı hakimdir. Aynı yanılsama ile, erozyonun da büyük ölçüde ağaçlar tarafından engellendiği düşünülür. Tahrip olan orman sahalarını restore etmeye yönelik iyi niyetli çalışmalar ağırlıklı olarak fidan dikimine odaklandıkları için bütüncül ormanlar yerine sağlıklı ağaç tarlaları oluşturulmaktadır. Herhangi bir yere, sadece herhangi bir ağaç fidanı dikerek orman değil, ancak bir tür tarımsal üretim sahası veya endüstriyel orman benzeri ağaçlıklar tesis edilebilir. Şen ve Güngör'ün (2018) çalışmalarında da vurgulandığı gibi ağaçlandırma çalışmalarında kereste üretimi esastır ve o doğrultudaki verimliliği yüksek tutmak için en uygun türler seçilir. Ancak bu oluşumlara gerçek orman diyebilmek çok zordur. Ağaç tarlaları orman değildir, zaman içerisinde biyolojik çeşitlik içeren, zengin habitatlara dönüşmeler dahi meşcere tabir edilen sınıflarla nitelenen yarı doğal ormanlar olmaktan öteye gidemezler. Gerçek, doğal ormanlar ağaçlardan çok daha fazlasıdır.



Şekil 1a: Çok katmanlı ve sağlıklı bir sığla ormanı. A multi-layered, healthy sweetgum forest, (*Liquidambar orientalis*). Köyceğiz, Muğla. (Orijinal fotoğraf yazara aittir, Photograph by the author, 2017)



Şekil 1b: Çok katmanlı ve sağlıklı bir sığla ormanı. A multi-layered, healthy sweetgum forest, (*Liquidambar orientalis*). Köyceğiz, Muğla. (Orijinal fotoğraf yazara aittir, Photograph by the author, 2017)

Ormanlar çok geniş bir canlılar ve cansızlar bütünüdür. Sağlıklı doğal ormanlar bitkilerden hayvanlara geniş kapsamlı ve çok katmanlı unsurlardan oluşur. Ormanlar, topraktan yüksek ağaca kadar çok çeşitli mikroorganizmalar, hayvanlar aleminin üyesi büyüklü küçüklü türler, otsu bitkiler, yer örtücü ve tırmanıcı bitkiler, çalılar, alçak ve yüksek ağaçlar içeren katmanlar topluluğudur. En üst seviyede yer alan ve birden fazla türden oluşan ağaçlar ormanların tacıdır. Ormanlar bölgesel ve mevcut koşullara bağımlı olarak değişen sürelerde kademeler ve aşamalarla olgunlaşırlar. Ormanların öncü türlerle başlayıp

aşamalı oluşumlarla gelişmesi, bir önceki oluşumun ardından ve onun sağladığı olanaklarla onun üzerinde gelişerek ve bir sonraki kompozisyonların önünü açarak olgunlaşmasına orman süksesyonu (*forest succession*) denir. Süksesyonun aşamalarında yer alan bazı türler öncü görevlerinin tamamlanmasıyla beraber ileri aşamalarda ortamdaki çekildikleri gibi bazı türler de öncülük görevlerinin sonlanmasına rağmen orman kompozisyonunda sürekli kalmaya devam edebilirler (Finegan, 1984; Dalling, 2008). Sonuç olarak süksesyonla ve doğal oluşumlar sonucunda, aşamalar ile olgunlaşan bir orman sağlıklı oluşunun yanında biyolojik çeşitliliği de destekleyen zengin katmanlar içeren bir ekolojik sistemler topluluğudur. Orman temel yapı taşlarının kendi iç dinamikleri, çevresel ve iklimsel döngülerin etkileri ve insan faaliyetleri sonucunda oluşan orman kompozisyonları sürekli bir değişim ve devinim içerisinde. Bu tür etmenlerin yoğunluklarına bağlı olarak ormanlar doğal, yarı doğal veya doğal olmayan gibi ayrımlar gösterebilirler de geniş fauna barındıran, insan topluluklarına kültürel ve ekonomik katkılar sağlayan, biyolojik çeşitliğe sahip ormanlar ekolojik zenginlik açısından ideal ve sağlıklı doğal oluşumlardır. Bir diğer deyişle, orman ekosistemi canlılığın yapı taşları olan enerji, mineraller ve su, (karbon, oksijen, hidrojen gibi) temel elementlerle; (azot, fosfat, potasyum, kalsiyum, magnezyum gibi) bir dizi diğer elementlerin bileşikten bileşiklere dönüştürülüp enerji yüklenerek sürekli el değiştirdiği yoğun bir materyal, enerji ve ekonomik faaliyetler döngüsüdür (Ericsson, 1994).

2.2. Orman Toprağı Ekosistemi

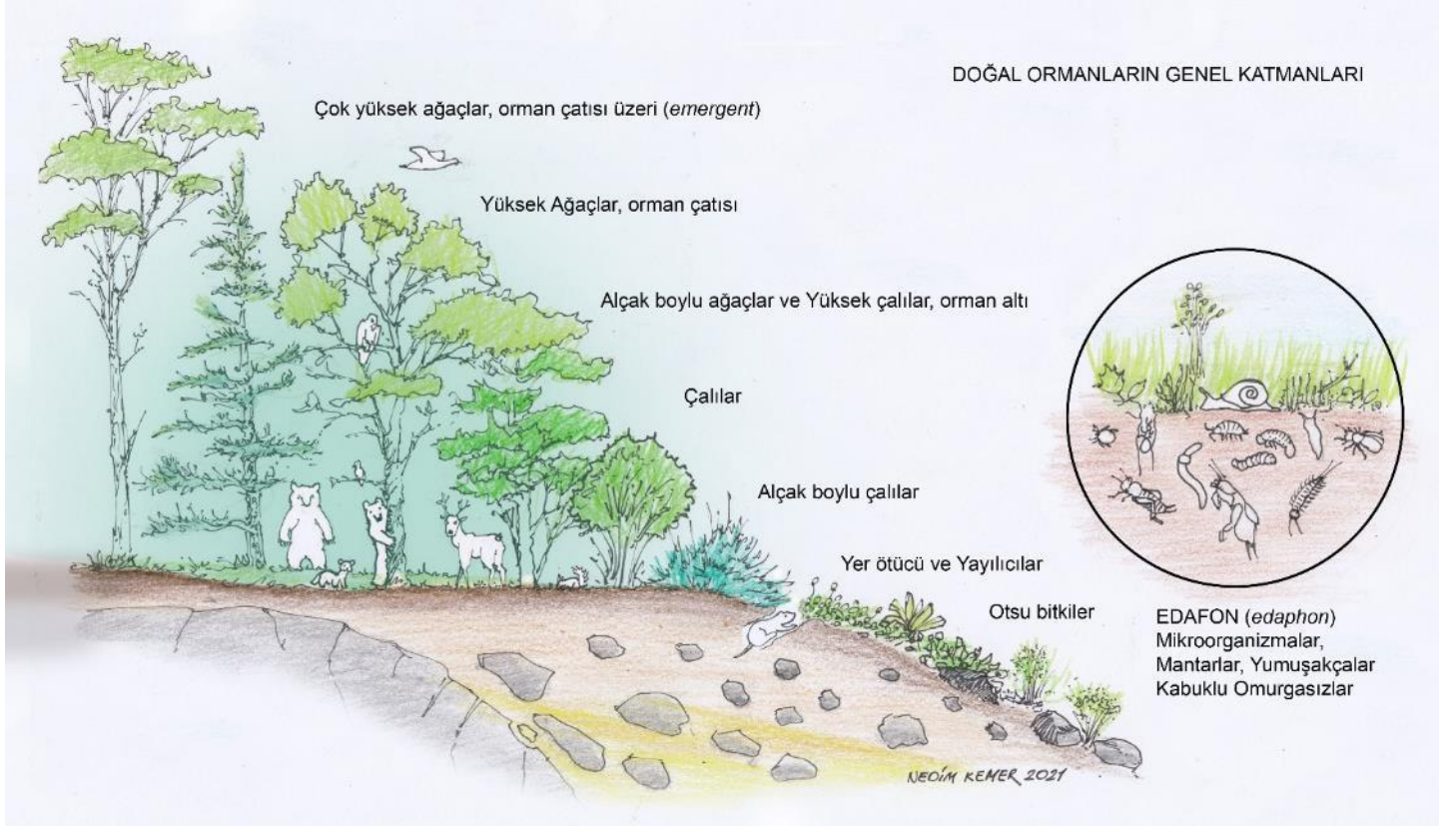
Bütüncül olarak canlı bir varlık olan toprak, başlı başına ağaçlardan çok daha önemli ve orman ekosistemi için hayati bir orman yapıtaşdır. Toprak, içerdiği besin maddeleri ve minerallerin ötesinde çok değerli mikro ve makro organizmalara ev sahipliği yapar. 'Toprak edafonu' (*soil edaphon*) olarak tabir edilen bu organizmalar topluluğu kısmen veya tamamen toprak içerisinde yaşayan mantarlar, likenler, bitkiler ve hayvanlar aleminin üyesi mikroskobik ve küçük organizmalar topluluğudur. Edafonun fauna boyutunda hayvanlar aleminin üyesi amipler, kamçılılar (*microfauna*), nematodlar (*mesofauna*) ve solucanlar, karıncalar, kırkayaklar (*macro fauna*) ve bunlar gibi çeşitli organizmalar topluluğu bulunur. Sağlıklı orman ekosistemlerinin bütüncül canlılığının önemli organları olarak sürüngenler, kuşlar ve memelilerden oluşan geniş bir hayvan varlığı (*megafauna*) toprak edafonunun üzerinde yer alır (Wolters, 1991; Blair 1997). İdeal, sağlıklı, bütüncül ve dolayısı ile sürdürülebilir, doğal bir orman ekosistemini oluşturan katmanlarda yer alan biyotik her bir tür ve abiyotik her unsurun varlığı hayati önem taşır.

Mikoriza (*mychorriza*), bitkilerin sağlıklı gelişimlerini destekleyen, simbiyotik bir biyolojik oluşumun adıdır; mantar ve kök kelimelerinin Latince adlarından türetilmiştir. Doğadaki bitkilerin % 96'sı mikoriza mantarları ile simbiyotik bir birliktelik içerisinde (Kara ve Tilki, 2001; Ortaş, 1999). Mikoriza mantarları bitki köklerine yerleşerek bitkiden karbonhidrat tedarik ederken, bitki köklerinin su ve mineral alımını hızlandırır ve kolaylaştırır. Mikoriza mantarları ile simbiyotik iş birliği içerisinde bulunan bitkiler kuraklığa ve diğer mantar kaynaklı hastalıklar ile nematod gibi parazitlere karşı da direnç kazanırlar (Srivastava ve Sharma, 2011; Erzurumlu ve Kara, 2014).

Biyolojik Kaymak Katmanı (*Biological Soil Crust*) toprakta bir arada yaşayan algler, likenler ve bakteriler gibi mikroorganizmaların salgıları vasıtası ile toprak partikülleri,

mineraller ve organik maddelerin birbirine yapışması ile toprağın en üst katmanında gerçekleşen kabuk benzeri biyolojik bir oluşumdur. Biyolojik toprak kaymağı oluşumu erozyona engel olarak toprağı korurken toprakta yaşamsal döngünün de (*süksesyon*) başladığı ilk aşamadır (Bowker, 2007). Biyolojik kaymak katmanı canlılıkla oluşan, canlılık içeren biyolojik bir toprak yapısı olarak özellikle tahrip olan ekosistemlerin

restorasyonunda hayati önem taşır. Kaymak katmanının kırılıp ufalanması toprağın en kıymetli unsurlarını rüzgar ve yüzey akışı erozyonuna karşı korumasız bırakacaktır. Biyolojik kaymak katmanının varlığı özellikle yarı kurak ve kuru iklim bölgelerinde çok önemlidir. Brianne ve arkadaşları (2020) bu tür iklim bölgelerdeki yangınların biyolojik kaymak katmanı varlığını %50 azalttığını tespit etmişlerdir.



Şekil 2. Doğal orman oluşumlarının katmanlarını gösteren tipik bir kesit. A typical cross section showing layers of natural forest formation. (İmge yazarın orijinal eseridir; Image by the author; 2021)

Killi topraklarda kuruma esnasında kılcal hareket ile (*capillary action*) üst katmanda biriken mikroskobik boyuttaki kil tozlarının kururken çimento etkisi ile birbirine yapışarak oluşturduğu kabuk, biyolojik kaymak katmanından farklıdır. Killi topraklarda oluşan kabuk, toprağın hava ve su almasını sınırlar, mikroorganizma faaliyetlerini zayıflatır, çimlenen tohumların toprak üzerine çıkarak ışığa erişmesine engel olur ki tüm bu etkiler toprakta genel olarak canlılığın kısıtlanmasına sebep olur. Killi topraklarda gerçekleşen kabuk oluşumu (*soil crust*) ile 'Biyolojik Kaymak Katmanı' (*Biological Soil Crust*) tabir edilen oluşum karıştırılmamalıdır. Killi toprağın kabuğunun kırılması topraktaki canlılığa yarar sağlayacak iken, biyolojik toprak kaymağının kırılıp ufalanmaması ve önemle korunması gerekir. Ayakla basmak, tekerlekli ve paletli araçlarla ezmek, yangın atıklarını sürükleyerek taşımak gibi faaliyetler biyolojik toprak kaymağını tahrip edecektir.

Yerkürede yaşam 3.7 milyar yıl önce mikroorganizmalar ile başlamış, bugün de mikroorganizmalar sayesinde devam etmektedir. Tahrip olan habitatlar ve ekosistemlerde, doğal ve kırsal çevrelerde ve tüm biyolojik sistemlerde gerçekleştirilecek rehabilitasyondan ağaçlandırmaya bütün çalışmalara

mikroorganizma varlıklarının korunması ve desteklenmesi ile başlanılmalıdır (Chotte, 2005; Giri, vd., 2005).

2.3. Orman Kompozisyonları ve Ekolojik Dinamikler

Doğal ve sağlıklı ormanlar, ekolojik sistemler ve habitatlarda bir arada yaşayan çok çeşitli biyotik türlerin karşılıklı etkileşimleri içerisinde oluşturdukları çok katmanlı kompozisyon zenginliği biyolojik çeşitlilik (*biodiversity*) şeklinde tanımlanır. Biyolojik çeşitliğe sahip farklı ekolojik sistemler birbirleri ile de karşılıklı etkileşim halinde bulunarak bölgesel ve daha geniş uzantılı etkilerle yeryüzündeki küresel canlılığa büyük katkı sağlarlar. Biyolojik çeşitlilik kaynakların ve enerjinin verimli kullanımı esasına dayalı olarak dirençli ve sürdürülebilir sağlıklı orman gelişimleri açısından büyük önem taşır. Tarımsal üretimde ekonomik verimlilik, doğal çevrelerin estetik özellikleri, tüm kırsal ve kentsel çevrelerin sağlığı, temiz hava ve su gibi kaynakların erişilebilirliği tümüyle biyolojik çeşitliğe sahip zengin ve dengeli ekolojik sistemlere bağlıdır. Biyolojik çeşitlik kavramı küresel boyutta ilk olarak 1992 senesinde Rio'da gerçekleştirilen sürdürülebilirlik temel esaslı Birleşmiş Milletler Dünya Çevre Zirvesinde gündeme gelmiştir. Bu zirvenin önemli

kazanımlarından birisi olarak küresel biyolojik çeşitliliğin uluslararası bir anlaşma ile korunması kararı alınmıştır. Bugün gelinen noktada Türkiye biyolojik çeşitlilik mukavelesinin katılımcısı 196 ülkeden birisidir. Biyolojik çeşitlilik olgusu, kentsel - kırsal ve yabani çevrelerin doğal ve estetik zenginliğine bölgesel ölçeklerde ve tüm yönetsel sınırlar ötesinde katkılar sağlarken, Edward Wilson'ın (1984) senesinde adını da koyarak ortaya attığı biyofili tezini de destekler. Temel olarak insana dair içsel ve psikolojik bir olguyu tanımlayan biyofili tezi bütün biyolojik varlıkların, doğal çevrelerde bir arada olmak eğilimi hipotezinden hareket eder.

Orman ekosistemi bir doğal kaynak üretim sahası olarak biyosferin ve yeryüzündeki yaşamın en büyük destekçilerindedir (Sedjo, Roger A. Ve Daniel Botkin, 1997). Dünya ormanları farklı ağaç türlerinin doğal süreçlerle evrimleşerek ve bir araya gelerek oluşturdukları kompozisyonlar ve altlarında barındırdıkları ve kendilerinin de üyesi oldukları ekosistemlerden oluşur. Tek bir türün hâkim (*dominant*) olduğu ve o asal ağacın ismi ile anılan doğal ve yarı-doğal orman oluşumlarında dominant türün yanında başka ağaç türleri de yer alır. Örneğin kızılçam hakim ormanlarda meşe, akçaağaç, menengiç, üvez, keçiboynuzu, dişbudak, gibi ağaç ve ağaççık türleri de yer alır. Endüstriyel üretim amaçlı homojen *monotop* ağaçlıklarda dahi yerde o ağaçları besleyip destekleyen çok zengin bir biyokimya laboratuvarı bulunur.

Pioneer species tabir edilen öncü türler, özellikle de otsu tek yıllık bitkiler ilk olarak araziye yerleşip, toprağı tutarak, yaşam koşullarını iyileştirerek ağaçların yerleşip yeşerebilmeleri için uygun zemin hazırlarlar (Dalling, 2008). Özellikle tahrip olan arazilerde ormanların doğal yayılımı da daima öncü türlerin açtığı yoldan ilerleyerek gerçekleşir. Bir bakıma orman süksesyonun başlangıcının ilk adımlarıdır. Yangınlar, yoğun tarımsal veya endüstriyel faaliyetlerle tahrip olan alanlarda öncelikle otsu bitkiler hızla büyüyüp ince, sık ve saçaklı, kılcal kök yapıları ile toprağı tutarak zemini iyileştirirler. Toprakta organik madde eksikliği ve ona bağlı olarak edafonu oluşturan mantar ve bakteriler gibi mikro organizmalar ile omurgalı omurgasız hayvansal yaşam kısıtlanıp toprak canlı tutulamadıkça; su tutulamadıkça bu arazilere dikilecek fidanlar da ya öleceklerdir ya da sistemler bütününe katkı sağlayamadan sağlıklı bir şekilde yaşamaya devam edeceklerdir. Sağlıklı bir orman ekosisteminde her canlı türü bütüne bir katkı sağlar. Sağlıklı bir orman oluşumu için sağlıklı bir orman ekosistem restorasyonu onun için de ön hazırlık aşaması son derece önemlidir. Aksi halde, acele ile dikilen ağaç fidanları, zemin henüz hazır olmadığından sağlıklı yaşayamayacaklardır veya zaten tahribat geçirmiş ve kendisini onarmaya çalışan bir doğal sisteme adeta yük olacaktır. Yangın artıklarını temizleme ve ardından dikim amaçlı yoğun insan faaliyetleri ne kadar iyi niyetli çabalar olsalar da faydadan çok zarar verebileceklerdir.



Şekil 3. Bir biyolojik çeşitlilik örneği olarak, karışık yaprak döken ormanı. A mixed deciduous forest, as a typical biodiversity example: Quabbin Reservoir, Massachusetts, North America. (Orijinal fotoğraf yazara aittir, Photograph by the author, 2009)

3. Yangınlar ve Biyoçeşitlilikteki Rolü

Yangın doğaya yabancı olmayan bir gerçekliktir. Akdeniz kuşağı ormanları da dahil olmak üzere dünya ormanlarının büyük bir çoğunluğu yangınlarla evrimleşmiş ekolojik sistemler topluluğudur. İnsan faaliyetleri sonucunda veya çeşitli doğal süreçlerle bazı yabancı ve egzotik istilacı bitki türleri doğal çevrelerde veya ormanlarda yayılarak orman kompozisyonlarının bozulmasına, yerli türlerin azalmasına veya yok olmasına sebep olurlar. Zaman içerisinde yerli de olsa bazı türler de çevreye hakim olduklarında ve sonrasında dominant tür olarak yaşlandıklarında sistem doğal olarak kendisini

yenileyemeyecektir. Gerek istilacı türler gerekse de tek türün dominant olması nedeniyle endemik ve yerli türlerin ortamda azalıp doğal kompozisyonların bozulması biyolojik çeşitliliği zayıflatır. Yangınlar, biyolojik çeşitlilik içermeyen zayıf ekosistemlere sahip, bu tür sağlıklı toplulukları (populasyon) ortamdaki kaldırarak doğal çevrelerin zengin ve çeşitli türlerle kendilerini yenileyerek gençleştirmesine olanak tanırlar. Çok çeşitli canlı türünün eşit şanslarla katılımını sağlayarak yeni ve zengin ekosistemlerin başlangıcı için koşullar hazırlanmış olur. (Keeley, 2012).

Yangınların şiddetleri ve tahribat etkileri çok farklı olabilir. Ancak hızla ve yüzeysel ilerleyerek, yüksek ısılarla erişmeden sadece üst örtüyü yakıp geçen yangınlar arkada yeni yaşamsal oluşumlar için çok uygun ve eşitlikçi sahalar açarlar. Tavşanoğlu ve arkadaşları (2015) çalışmalarında dumana ve ısı etkisine maruz kalmış otsu yapraklı türlerin tohumlarının görece hızlı çimlendiğini gözlemlemişlerdir. Öte yandan birikmiş yanıcı madde miktarına, bitki örtüsüne ve iklim koşullarına bağımlı olarak bazı yangınlar belirli alanlarda uzun süre devam ederek ve çok yüksek ısılarla erişerek ortamdaki tüm canlılığı tahrip edebilir. Bu tür alanların dikkatle tespit edilip kalan toprağın korunması, organik madde katkısı, tohum ve mikroorganizma ve mikoriza

mantarı aşılması yapılması gerekir. Yüksek ısılar nedeniyle toprağın adeta piştiği, edafonun yok olduğu, tohumlar içerisinde embriyoların ve kökler gibi canlılık barındıran her organizmanın öldüğü bir zemine ağaç fidanı dikmek beklenen yararı zaten sağlamayacaktır. Yangınla evrimleşmiş tüm dünya ormanları için taban toprağı çok değerli canlılık rezervleridir. Toprakta bekleyen tohumların tekrar çimlenip, yüzeysel yangınlarında da köklerin tekrar yeşereceklerine inanmak ve toprağı korumak yeterli olacaktır. Bu sayede yangınlar, ormanlar ve doğal çevrelerin yararına işlemiş olarak, biyolojik çeşitliğe ve zenginliğe sahip gerçek ormanlar ve doğal yapıların oluşumu veya gençleşmesi (*regeneration*) doğallıkla sağlanmıştır olacaktır.



Şekil 4. Yellowstone A.B.D. Milli Parkı orman peyzajının doğal restorasyon süreci sonrasında ziyarete açılması. Yellowstone U.S.A. National Park forest landscape opening for visitation after the restoration period. (İmge yazarın orijinal eseridir; Image by the author: 2006)

1988 senesinde Amerika Birleşik Devletleri'nde *Yellowstone* Milli Parkı ormanlık arazilerinde yıldırımlardan kaynaklanan çok sayıda yangın birleşerek aylarca süren büyük bir felakete dönüşmüştür. Öncesinde, ABD Milli Parklar ve Orman yönetim politikaları her küçük yangını başladığı anda söndürmeye yönelik bir koruma programı yürütmüş olduğu için orman tabanlarında aşırı miktarda yanıcı madde birikmiş bulunmaktaydı. Dolayısı ile kontrol edilemeden aylarca süren bu büyük yangın çok yüksek ısılarla erişerek 320 000 hektar araziye tahrip etmiştir. Adeta sterilize olarak tohum rezervlerini kaybeden, mikroorganizma canlılığından yoksun kalan bir kısım orman arazilerinin flora ve faunasıyla beraber tekrar canlanması yıllar almıştır. Yanan alanlar tamamen kapatılarak insan faaliyetleri kısıtlanıp, korunmuş ve sabırla doğanın kendi kendisini onarması beklenmek suretiyle başarı sağlanmıştır. Bugün gelinen noktada orman ekosisteminin, tüm flora ve fauna zenginlikleriyle yeniden canlanarak habitatların ve ormanların gençleşerek, yenilendiği gözlemlenebilmektedir[†].

3.1. Yangın Sonrası

Yangınlardan hemen sonraki dönemler dikkatle yönetilmesi gereken çok kritik dönemlerdir. Yangın geçiren bölgelerde iki noktaya çok dikkat edilmelidir. Birisi orman tabanındaki toprağın korunması; diğeri de yabancı tür istilasının önlenmesi. Akdeniz Bölgesinin de içinde yer aldığı tropik ve sub-tropik kuşak ormanları yangınlarla evrimleşmiştir. İnsan faaliyetleri sonucunda artan erozyon ve istilacı tür yayılımı problemleri orman ekosistemlerinin alışkın olmadıkları tehditlerdir. Yanan bölgelerdeki toprak içerisinde bulunan mineraller ile organik materyaller ve tohumlar ormanların kendilerini yenileme kaynaklarıdır, ancak erozyon ile kaybedilmeye de çok açıktır. Hayati bir kaynak olarak toprağın yerinde tutularak özenle korunmasına çok özen gösterilmelidir. Yangınlardan sonra arazide gerçekleştirilen temizlik, boşaltma ve restorasyon amaçlı yoğun faaliyetler bu kıymetli kaynağın, rüzgar ve yüzeysel akışı erozyonu ile kaybedilmesine sebep olabilmektedir. Dolayısı ile ormanın yenilenmesi çok gecikebilecektir.

[†] YAZAR, 2006 senesinde Yellowstone Milli Parkı'nda yangınlar sonrası restorasyonu ve parkın tekrar kullanıma açılması amaçlı genel yönetim planı hazırlama çalışmalarını gerçekleştiren ekipte görev almıştır.

Küreselleşen dünyada ekonomik ve kültürel alışverişin arttığı, materyal erişimin hız ve kolaylık kazandığı günümüz yaşantısında, bitki ve hayvan türleri çok çeşitli köprüler ve kanallar sayesinde kolaylıkla hemen her yere erişerek yerel habitatları istila etmektedir. Özellikle de yangın geçiren sahalarda yabancı bitki türlerinin istilasına karşı açık ve savunmasız kalırlar (Keeley ve Brennan, 2012). Yangınlardan sonra orman arazilerini kendi kaynaklarından yerli türler ile kendilerini restore etmelerine olanak tanıyacak şekilde bırakırken, yabancı türlerin istilasına karşı da korunma önlemleri alınmalıdır. Yabancı türler düzenli kontroller ve mekanik yöntemlerle araziden uzaklaştırılarak imha edilmelidir. Aksi halde istilacı yabancı ve egzotik türler hızla gelişecek, doğal sağlıklı bir süksesyona engel olacak ve dominant tür olarak da araziye hakim olabileceklerdir.

Tüm restorasyon çalışmaları biyolojik çeşitlik prensipleri çerçevesinde, doğal orman ekosistemi restorasyonu hedeflenerek yürütülmelidir. Hemen her yere, her hangi bir ağaç fidanı dikilemeyeceği gibi yanan, tahrip olan her orman sahasına da aynı reçete uygulanamaz. Masum ve iyi niyetli girişimler ile ve aceleyle dikilecek fidanlar başarılı olsalar bile bu oluşumlar çok uzun yıllar ağaç tarlası olarak kalacak ve bütüncül bir orman oluşumu ancak çok uzun yıllarda gerçekleşebilecektir. Öte yandan, göreceli, olarak daha duyarlı bölgeler belirlenmeden yapılacak onarım çalışmaları, finans, emek ve en önemlisi risk altındaki bölgelerde çok kıymetli olan zamanın hatalı kullanılmış olma riskini taşımaktadır. Plansız ve aceleci uygulamalarla ağaçlandırılan sahalarda yeni yangın tehditlerine karşı da göreceli olarak daha dirençsiz olacaklardır. Öncelikle yanmanın şiddetine bağlı olarak hasar seviyesi tespit edilerek ve taban toprağının canlılığı kontrol edilerek başlanmalıdır. Mikro ve makro ölçeklerde çalışılacak bölgesel duyarlılık ve rehabilitasyon planları hazırlanmalıdır (Moreira, 2012).

Yangın geçiren bir orman sahasının orman oluşumu ve gelişimini tam olarak tamamlayamadan bir iki yıl gibi kısa süre içerisinde ikinci defa yangın geçirmesi halinde ise doğal süreçlerle yenilenme göreceli olarak çok daha yavaş olacak dolayısı ile de ortam yabancı istilacı türlerin yerleşmesi için çok açık kalacaktır (Keeley ve Brennan, 2012). İlk yangından sonra doğal yenileme sürecinde rezervler kullanılmış olacağı ve doğal orman oluşumu tam gelişimini tamamlayamadan ve yeni rezervler oluşturamadan ikinci yangın ile tahrip olacağı için alanın kendini yenileme kapasitesi ve direnci azalarak güçsüz kalabilecektir. Bu tür alanlarda çok özel ve özenli restorasyon çalışmaları ile mineral ve organik madde takviyesi ile yerli türlerden tohum ve fidan desteği yapılması gerekecektir.

Yangın geçirmiş arazilerdeki kül ve diğer organik artıklar zengin ve kıymetli mineraller içerir. Kül ve toprak içerisindeki bitki besin maddeleri ve de yangının şiddetine bağımlı olarak arta kalan organik materyaller nem ile birbirine yapışarak koruyucu bir katman oluşturur. Bu katmanın korunması yanan arazilere yeni fidan dikiminden daha önemlidir. Mantarlar, bakteriler gibi mikro organizmalar ve likenler, yosunlar gibi küçük canlılardan oluşan kompozisyonların da desteği ile bu katmanın sağlayacağı koruyuculuk altında toprakta bekleyen tohumlar ve sporlar hızla yeni bitki topluluklarını üretecek ve destekleyecektir. Özellikle, onarılan orman sahalalarında otsu bitkilerden, alçak çalılar ve yüksek ağaçlara kadar tüm bitkilerin hızlı sağlıklı gelişimleri için mikorizal funguslar ile bitkiler arasındaki simbiyotik oluşumun desteklenmesi büyük önem taşır. Bu ortaklığın yapıtaşları olan mantar sporlarını içeren mevcut organik toprak katmanının korunması çok önemlidir. Ağır iş makineleri ve yoğun insan

hareketlilikleri koruyucu katmanın kırılıp yırtılması, sonucunda da erozyon kanalları oluşarak akmasına veya rüzgarla savrulmasına sebep olacaktır. Bu da öncü türlerin dahi yerleşmesini geciktireceğinden bitki örtüsünün yeşermesini, sağlıklı bir orman ekosisteminin restorasyonunu geciktirecektir.



Şekil 5. Taze yeşil dallarla organik teraslama. Organic terrace implementation with fresh green twigs. (İmge yazarın orijinal eseridir, Image by the author, 2017)

Özellikle yüksek eğimli bölgelerde, organik toprak tabakasının, yangından arta kalan kül ve tohumların yangınları izleyen yağışlarla yıkanıp akmaması ve rüzgarla savrulmaması ve erozyon kanallarının oluşmaması için yeşil veya kuru ağaç ve çalı dalları ile teraslama ve setler yapılır. Yeşil ve canlılık içeren dallar ile tesis edilen setler, su ile beraber akan organik maddeler ile tohumları tutarak organik toprak katmanını korurken kendileri de köklenerek bitki kompozisyonunu zenginleştirirlerdir.

Bunun ötesinde toprağın üzerinin yaprak, dal ve tarımsal faaliyetlerden açığa çıkan atıklar benzeri organik materyallerden elde edilen yonga (*mulch*) ile bir battaniye gibi örtülmesi acil önlemler olarak çok yarar sağlayacaktır. Arazi eğiminin yüksek olduğu bazı hallerde toprağın hava ve su almasına engel olmadan, yağmur damlalarının darbe etkisini azaltıp yumuşatarak erozyon tehdidini azaltacak sentetik veya doğada çözünebilir organik insan yapısı örtüler ile de kaplanabilir. Bunların yanında gerekli görülen bölgelere mikroorganizma ve öncü bitki aşılması gibi çalışmalar da sağlıklı bir onarımı hızlandıracaktır. Yangın sonrası uygulamalara bağımlı olarak kül, ufalanmış toprak gibi tüm ince taneli organik veya inorganik materyallerin akarsulara, göllere ve denizlere ulaşması sucul yaşam alanları (*aquatic habitat*) için de ciddi tehdit oluşturur. Yangın söndürme çalışmalarında deniz suyu kullanılması durumu ise çok daha ciddi sorunlar ortaya çıkabilir. Aşırı tuzlanma toprağın asit-baz dengesini bozarak mikroorganizma faaliyetlerinin zayıflamasına sebep olacaktır. Tuzun ortamdaki olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması çok uzun zaman alabilecektir. Bitkilerin ortamda artan tuz konsantrasyonuna rağmen mikoriza ortaklığı sayesinde sağlıklı bir şekilde su ve besin maddelerini alabildiği tespit edilmiştir (Palta ve ark., 2010).

Restorasyon ve ağaçlandırma çalışmalarında endüstriyel ve doğal orman sınıflandırmasına önemle dikkat edilmelidir (Sedjo ve Botkin, 1997). Dünya genelinde endüstriyel üretim amacı için olduğu kadar iklim değişikliği, kültürel motivasyonlar ve rekreasyonel nedenlerle de plantasyon ağaçlandırmalarına eğilim artmaktadır. Küresel kereste ihtiyacının 2050 senesinde 6 milyar metreküpe erişeceği tahmin edilmektedir (McEwans ve d., 2020). Küresel dünyanın hız kazanan yaşam tarzları, artan ekonomik faaliyetleri ve nüfus artışına bağımlı olarak daha fazla insan daha fazla orman ürünü talep etmektedir. Dünyada kereste ve enerji kaynağı olarak çeşitli motivasyonlarla plantasyonlar aracılığı ile

bu ihtiyaca cevap aranmaktadır. Böylece doğal, karışık ve biyolojik çeşitlik içeren sağlıklı ve zengin ormanların üzerindeki kereste üretim yükü kaldırılarak, doğal ormanlar biyolojik çeşitlik rezervleri ve kültürel rekreasyonel kaynaklar olarak korunabilecek ve genel olarak çok yönlü faydalar sağlanmış olacaktır. Türkiye’de de benzer taleplerin endüstriyel tüketim amaçlı plantasyon ağaçlıklarından karşılanması doğal orman varlığımızın sürdürülebilirliği için çok yararlı olacaktır.

Toprak koşulları, arazi eğimi, nem, güneşlenme ve rüzgar koşulları gibi farklılıklar gösteren yerel çevresel karakteristiklere göre bölgesel planlar hazırlanarak onarım ve iyileştirme programları geliştirilmelidir. Yeni bitki dikimi ancak toprak hazırsa yapılmalı ve tek tür olarak değil çalılardan ağaçlara, ibreli herdem yeşil türlerden yapraklı meyveli türlere çeşitlilik halinde yapılmalıdır. Kompozisyonda yörenin doğal ağaçları ve bitkilerinden sağlanan fidan ya da tohumlara öncelik verilmeli ve yoğunlukla yerli türler kullanılmalıdır. Böylece ormanların en büyük destekçisi olan (fauna) yabani hayvanlar için de beslenme ve barınma olanağı sağlayan habitatlar oluşturulacaktır. Coğrafi karakteristik özelliklere göre tespit edilen adalar ve bölgesel zonlar halinde korunacak ve/veya bitki ekimi ve dikimi gibi uygulamalar ile restore edilecek alanlar belirlenmelidir. Mikro ve makro ölçekli bölgeler bazında, belirlenen hedefler doğrultusunda hazırlanan kompozisyonlar aşamalı olarak fazlar dahilinde uygulanmalıdır. Yine aynı plan çerçevesinde koruma koridorları oluşturulabilir. Bu sayede yangın ilk başladığı ada ile sınırlanarak, yayılıp büyümesine engel olunacaktır. Bu koridorlar özellikle mutlak koruma gerektiren hassas ve endemik türlerin bulunduğu, önemle korunması gereken ve yangın riski olan bölgelere yangınların yayılmasına engel olmak için kullanılmalı ve yaygınlaştırılmalıdır. Koridorlar aynı zamanda ulaşım kolaylığı da sağlayan açıklıklar olarak da özellikle ulaşım güçlüğü olan bölgelerde yangın kontrolü için ve söndürme çalışmaları için çok önemli katkılar sağlayacaktır.

Ülkenin odun ve kereste gibi orman ürünleri ihtiyacı endüstriyel ormanlardan karşılanmak sureti ile doğal ve yarı doğal orman ekosistemleri, biyolojik çeşitlik içeren orman kompozisyonları biyosfer kaynakları ve rekreasyon olanakları ve çevresel estetik değerler olarak korunabilecektir. Orman yangınları ile henüz yangınlar başlamadan, önleme amaçlı planlamalar ile mücadeleyi başlatmak uzun vadede çok daha etkili ve ekonomik olacaktır.

4. Hasar Tespiti Haritaları ve Restorasyon Planları

Rehabilitasyon çalışmaları iki aşamalı olarak yürütülmelidir. İlk aşamada, bölgesel (makro) ölçekte ve gerekli görülmesi halinde de küçük bölgesel (mikro) ölçeklerde gerçekleştirilen haritalama çalışmaları ile hasar tespitleri yapılır. İkinci aşamada ise küçük bölgesel yerel ölçeklerde ve yeterli olmaları halinde de daha geniş bölgesel ölçeklerde ele alınan koruma, iyileştirme, ekosistem restorasyonu ağırlıklı uygulama plan kararları alınır. Uygulama planları, ilave detay planları ve plan notları ile beraber teraslama, örtüleme, mutlak koruma, organik materyal takviyesi, tohum ve fidan desteği ile yeni bitki örtüsü oluşturulması gibi yere özel koruma ve restorasyon uygulama kararlarını hayata geçirir. Bu planlar, ‘Orman Arazisi ve Orman Ekosistemi Koruma Planları’ şeklinde ulusal çevre düzeni planlarından itibaren gerekli görülen ölçeklere uygun olarak uygulama planlarını da kapsayacak şekilde ulusal plan hiyerarşisine entegre edilmelidir.

4.1. Hasar Tespiti Haritaları 1/25 000 – 1/1000

Bölgesel ölçekten, küçük yerel alan ölçeğine kadar geniş bir yelpazede ele alınabilecek Orman Arazisi ve Orman Ekosistemi Koruma Planları pafta anahtarında (*lejant*) ele alınacak alt bölge zonları ve uygulama unsurları şunlardır.

- Yangın sahasının büyüklüğü ve yangının şiddetinin tespiti (yüzey-örtü yangını, tümünden yanmış olma hali v.b.)
- Yangının başlangıç yeri ve ilerleme yönü ile kontrol altına alındığı noktaların tespiti
- Yanmanın şiddetine bağlı olarak mevcut bitki varlığının tespiti, köklerin ve kambiyum dokusunun sağlamlığı.
- Yangın sahasının topoğrafik yapısı, eğim şiddeti, eğim yönü, toprak yapısı ve toprak derinliği.
- Yangının topraktaki etki derinliğinin analizi ve topraktaki canlılığın tespiti.
- Biyolojik kaymak katmanının varlığı ve organik madde varlığı.
- İkincil bir yangın olması halinde yanma alanı sınırları ve yangınlar arasındaki sürenin miktarı.
- Bölgesel iklimsel özellikler, mevsimler yağış rejimi, hâkim rüzgar yön ve şiddetleri.

4.2. Koruma, İyileştirme ve Restorasyon Plan, Plan Detayları ve Plan Notları 1/25 000 – 1/1000

Üst ölçekte elde edilen yukarıdaki analiz ve tespitler doğrultusunda çok disiplinli uzman ekipler tarafından bir sonraki aşamada koruma ve restorasyon hedefli uygulama plan ve programları ile plan notları ve plan detayları geliştirilir. Bölgesel çevre düzeni planları ölçeklerine kadar geniş ölçekleri de kapsayabilecek olan uygulama planları ve notları aşağıdaki pafta anahtarı unsurları ile koruma, iyileştirme ve restorasyon eylemlerini hayata geçirir.

- Koruyarak, kendi halinde bırakılarak doğal süreçlerle ve öz kaynakları ile kendini yenileyebilecek bölgeler, koridorlar.
- Tüm insan faaliyetleri kısıtlanarak mutlak koruma altına alınması gereken sahalılar.
- Koruyucu örtü ve teraslama önlemleri ile erozyondan korunarak doğal süreçlerle ve öz kaynakları ile kendini yenileyebilecek bölgeler.
- Yüzey su akışını yavaşlatan, engelleyen ve dinlendiren, suyun ve taşıdığı materyallerin tutularak, süzülüp çöktirdiği su tutma terasları ve kanalları tesis edilmesi gereken bölgeler.
- Organik set ve teras tesis edilecek eğimli yüzeyler.
- Organik madde, mikoriza ve toprak edafonu açılması gereken bölgeler
- İstilacı yabancı türlerden arındırılması gereken bölgeler.
- Yabancı türlerin istilası tehdidi altında bulunan ve gözlem altında tutulması gereken hassas bölgeler.
- Öncü bitkiler, otsu bitkiler, çalılar ve ağaç fidan ve tohumları ile desteklenerek yeni ve karışık orman oluşturulacak bölgeler.
- Koruma koridoru güzergahları.

5. Sonuç

Öncelikle, ormanların salt ağaçtan oluştuğu ve her yerin orman olması gerektiği yanılması terk edilmelidir. Kamuoyunun sağlıklı ormanlar, orman ekolojisi ve ormanların temel yapı taşları hakkında bilgilendirilmesi, yangına karşı koruma, yanan sahaların korunması ve rehabilitasyonu çalışmalarında kamuoyunun ve ilgili kurumların etkili katılımlarını sağlayacaktır. Rehabilitasyon çalışmaları ağaçlık tesisinden çok sağlıklı dengeli, zengin ekolojik sistemlerin üretilmesine odaklanmalıdır. Çayırlar, otlaklar, makilikler, sulak alanlar ve ormanlar gibi biyolojik çeşitliğe sahip doğal yaşam ortamlarının (*habitattlar*) gelişimi desteklenmelidir. Kırsal çevrelerde yer alan bu habitatlar çok geniş ve bölgesel bir ağın üyesi olarak küresel sağlıklı doğal çevrelere bütüncül katkılar sağlarlar. Yangın, kuraklık, artan azalan sıcaklıklar, genel iklimsel veya sosyokültürel değişiklikler karşısında doğa veya insan kaynaklı baskılar ve tahribatlar karşısında bütüncül bir ekosistemler topluluğu olarak direnç kazanırlar. Tahrip olan orman alanlarının kendilerini yenileyebilmesi için ağaç fidanından önce sağlıklı çevrelerde yer alan bütüncül oluşumlara ihtiyacı vardır. Sakin ve sükunetle, bilgiyle hareket edilip sadece doğal süreçlerin önünü açarak destek olmak ve bu süreçte koruma önlemlerini almak yeterli olacaktır. Bilimsel veriler ve bilgilerle aydınlatılan paydaşlar, orman yangınları sonrasındaki eylemlere uyum içerisinde katılarak, ortak hedefler doğrultusunda gerçekleştirilen uygulamalarda pozitif etkiler sağlayacaklardır.

Kaynakça

- Akyol, A. ve Tolunay, A. (2006). Türkiye’de Sürdürülebilir Orman Kaynakları Yönetimi, İlkeleri, Göstergeleri ve Uygulamaları. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10-2, 221-234.
- Alkan, S. (2014). Kırsal Nüfus Değişiminin, Ormanlar ve Ormanlık Üzerine Etkileri (Trabzon İli Örneği). Kastamonu Üni., Orman Fakültesi Dergisi, 14 (1) 69-78.
- Bilgili, Adnan, Okan Demir, Mahmut Daşcı. (2017). Orman Yangınlarının Önlenmesinde Sürdürülebilir Uygulama: Kontrollü Hayvan Otlatma. ADÜ. Ziraat Dergisi, 14(1):87-93.
- Blair, John M., Patrick J. Bohlen, Diana W. Freckman.(1997) Soil Invertebrates as Indicators of Soil Quality. In: John W. Doran, Alice J. Jones (eds) Methods for Assessing Soil Quality, Volume 49. SSSA Special Publications. Madison Wisconsin, USA.
- Bowker, M. A. (2007) Biological Soil Crust Rehabilitation in Theory and Practice: An Underexploited Opportunity. Restoration Ecology Vol. 15, No. 1, pp. 13–23.
- Brianne, Palmer, Hernandez Rebecca, Lipson Davis. (2020). The fate of biological soil crusts after fire: A meta-analysis. Global Ecology and Conservation 24, e01380.
- Chotte JL. (2005) Importance of Microorganisms for Soil Aggregation. In: Varma A., Buscot F. (eds) Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions. Soil Biology, vol 3. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Dalling, J.W. (2008) Pioneer Species. In Encyclopedia of Ecology, Five-Volume Set (pp. 2779-2782). Elsevier Inc.
- Elmas, Ç. ve Sönmez, Y. (2008). Veri Birleştirme Tabanlı Orman Yangını Önleme ve Yönetim Sistemi. Politeknik Dergisi, 11 (2), 99-108.
- Ericsson, Tom (1994) Nutrient Dynamics and Requirements of Forest Crops. New Zealand Journal of Forestry Science 24(2/3): 133-68.

- Erzurumlu, Gül den S. ve Kara, Emine E. (2014) Mikoriza Konusunda Türkiye’de Yapılan Çalışmalar. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 7 (2): 55-65.
- Finegan, B. (1984). Forest Succession. Nature, Vol. 312-8, pg. 109.
- Giri B., Giang P.H., Kumari R., Prasad R., Varma A. (2005) Microbial Diversity in Soils. In: Varma A., Buscot F. (eds) Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions. Soil Biology, vol 3. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Gülen, İlhan ve Metin Özdönmez (1981). Türkiye’de Orman ve Ormanlık. Orman Fakültesi Dergisi, B/31-2.
- Gümüş, Cantürk. (2016) Historical development of forestry education in the context of forest resources management in Turkey. Turkish Journal of Forestry, 17(1): 93-98.
- Kara, Ömer ve Tilki, Fahrettin (2001) Mikoriza ve Ormanlıkta Kullanımı. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, B/51-1.
- Keeley, E. Jon, Teressa J. Brennan. (2012). Fire-driven alien invasion in a fire-adapted ecosystem. Oecologia, 169:1043
- Keeley, E. Jon. (2012). Fire in Mediterranean Ecosystems: Ecology, Evolution and Management. Cambridge University Press.
- McEwan, A., ve diğerleri. (2020) Past, present and future of industrial plantation forestry and implication on future timber harvesting technology. J. For. Res. 31(2):339–351
- Moreira F. Ve diğerleri. (2012) Setting the Scene for Post-Fire Management. In: Moreira F., Arianoutsou M., Corona P., De las Heras J. (eds) Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests. Managing Forest Ecosystems, vol 24. Springer, Dordrecht.
- North ve d. (2015). Reform Forest Fire Management. Science. Vol. 349, Issue 6254, pp. 1280-1281.
- Noss, Reed F. ve diğerleri (2006) Managing fire-prone forests in the western United States. Front Ecol Environ; 4(9): 481–487
- Ortaş, İbrahim ve d. (1999) Mikoriza Sporlarının Üretim Tekniği ve Tarımda Kullanım Olanakları. Tr. J. of Agriculture and Forestry, 23, Ek Sayı 4, 959-968, TÜBİTAK.
- Palta, Şahin ve ark. (2010). Arbusküler Mikorizal Funguslar (AMF), Bitki ve Toprakla İlişkileri, Mera Islahındaki Önemleri. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 12:18, 87.
- Sedjo, Roger A. Ve Daniel Botkin (1997) Using Forest Plantations TO SPARE Natural Forests, Environment: Science and Policy for Sustainable Development, 39:10, 14-30.
- Srivastava, Kajal and A. K. Sharma. (2011) Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Challenging Environment—A Prospective. In: Fulton, Susanne M. (ed.) Mycorrhizal Fungi: Soil, Agriculture and Environmental Implications, Nova Science Publishers, Inc., New York.
- Şen, Gökhan ve Gür, Ersin (2018). Endüstriyel ağaçlandırmalar için en uygun tür seçiminde analitik hiyerarşi süreci yönteminin kullanılması: Kastamonu İli örneği. Türkiye Ormanlık Dergisi. 19(1): 63-75.
- Tavşanoğlu, Çağatay, Şikri S. Çatav, Barış Özüdoğru (2015) Fire-related germination and early seedling growth in 21 herbaceous species in Central Anatolian steppe. Journal of Arid Environments 122, 109-116.
- Wilson, O. Edward (1984) Biophilia. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wolters, Volkmar (1991) Soil Invertebrates - Effects on Nutrient Turnover and Soil Structure - A Review. Angenommen 21 Mai.



Use of Colors and Music in a Store Atmosphere*

Rana Özyurt Kaptanoğlu^{1†}

^{1*} İstanbul Ayvansaray Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0341-4722), ranaozyurt@ayvansaray.edu.tr

(First received 3 October 2018 and in final form 3 December 2018)

(DOI: 10.31590/ejosat.466987)

ATIF/REFERENCE: Kaptanoğlu, R.Ö. (2021). Use of Colors and Music in a Store Atmosphere. *European Journal of Science and Technology*, (33), 382-389.

Abstract

The effect of color and music on the subconscious is a situation that contains many unknowns and can be explained with assumptions even today. Developing humanity and increasing competition conditions do not make the promotional activities available in sales efforts sufficient, and subliminal sales efforts beyond the known are gradually coming to the fore. Consumer behavior, which has been researched by thousands of authors in the literature, is blocked in the concept we call "motive" when humanity and the complexity of creation come into play. This situation envisages the examination of consumer behavior patterns within the discipline of psychology. Thus, all kinds of stimuli that will affect the subconscious have been examined, and the science of color is one of the most important of these effects. Even in the light of this obscurity and chaos, the fact known by both business owners and academics is that color and music are used as silent and powerful weapons in the field of marketing. Color and music attract the attention of the individual within the first three seconds of encountering people and affect the motives of people who are in a certain mood. In the light of this information, in this study, the use of color and music in the store atmosphere was examined in terms of its effects on both customers and employees. In the study, a questionnaire was conducted on the feelings of black, white, red, yellow and blue colors to the employees and SPSS statistical program was used. In the section for consumers, it was measured whether the effect of color and music use changed according to demographic characteristics. A questionnaire was applied to 250 employees in order to measure the emotions of the employees towards colors. A questionnaire was applied to 100 customers to measure the customers' reactions to color and music. A total of 350 face-to-face surveys were conducted with employees and customers at the Şişli shopping center in Istanbul. The obtained data were analyzed with frequency analysis, variance and t test analysis. The results of the study showed that the emotions of the employees and therefore their communication change according to the colors. In addition, it has been shown that there is a significant relationship between people who give importance to colors and music in the store atmosphere and their educational status. Further analysis also showed significant associations between Gender and Music, Income, Occupation and use of colours.

Keywords: Color, Music, Store Atmosphere, Consumer Behavior, Employee Communication, Employee Feelings

Mağaza Atmosferinde Renk ve Müzik Kullanımı

Öz

Rengin ve müziğin bilinçaltına etkisi günümüzde dahi pek çok bilinmezliği içerisinde barındıran ve varsayımlar yolu ile açıklanabilen bir durumdur. Gelişen insanlık ve artan rekabet koşulları satış çabalarında var olan tanıtım faaliyetlerini yeterli kılmamakta, bilinenin ötesinde bilinçaltı satış çabaları yavaş yavaş gündeme gelmektedir. Literatürde binlerce yazar tarafından araştırılan tüketici davranışları insanoğlu ve yaratılış karmaşası için içerisinde girdiğinde "güdü" dediğimiz kavramda tıkanmaktadır. Bu durum tüketicinin davranış şekillerinin psikoloji disiplini içerisinde incelenmesini öngörmektedir. Böylelikle bilinçaltını etki altına alacak her türlü uyarıcı inceleme altına alınmıştır ki renk bilimi de bu etkilerin önemlilerindedir. Bu bilinmezlik ve kaos ışığında dahi gerek işletmeciler gerekse akademisyenler tarafından bilinen gerçek ise renk ve müziğin pazarlama alanında sessiz ve güçlü bir silah olarak kullanılmakta olduğudur. Renk ve müzik bireyin dikkatini çekme süresi insanlar ile karşı karşıya kaldığı ilk üç saniye içerisinde gerçekleşmekte ve belli bir ruh hali içerisinde olan insanların güdülerini etkilemektedir. Bu bilgiler ışığında bu çalışmada mağaza atmosferinde renk ve müzik kullanımı hem müşteriler hem de çalışanlara etkisi açısından incelenmiştir. Çalışmada siyah, beyaz, kırmızı, sarı ve mavi renklerin çalışanlara hissettirdiği duygular üzerine anket yapılmış ve SPSS istatistik programı kullanılmıştır. Tüketicilere yönelik kısımda ise renk ve müzik kullanımının etkisinin demografik özelliklere göre değişip değişmediği ölçümlenmiştir. Çalışanların renklere yönelik duygularını ölçümlmek için 250 çalışana anket uygulanmıştır. Müşterilerin renk ve müziğe yönelik tepkilerini ölçmek için ise 100 müşteriye anket uygulanmıştır. Çalışanlar ve müşterilere yüz yüze uygulanan toplam 350 anket İstanbul Şişli alışveriş merkezinde

* This article is presented orally in International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering

† Corresponding Author: ranaozyurt@ayvansaray.edu.tr

yapılmıştır. Elde edilen veriler frekans analizi, varyans ve t testi analizleri ile analiz edilmiştir. Çalışma sonuçları çalışanların duygularının dolayısı ile iletişimlerinin renklere göre değiştiğini göstermiştir. Ayrıca mağaza atmosferinde renklere ve müziğe önem veren kişiler ile eğitim durumları arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir. Daha ileri analizler ayrıca Cinsiyet ve Müzik, Gelir, Meslek ve renklerin kullanımı arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Renk, Müzik, Mağaza Atmosferi, Tüketici Davranışları, Çalışan İletişimi, Çalışan Duyguları

1. Introduction

Nowadays, it is necessary to examine the behavior of the consumer which brings the necessity to examine many psychological issues related to people. All kinds of concepts that affect the subconscious have been examined and color science is one of these disciplines. Both the qualitative and quantitative methods have been investigated and the effect has been repeatedly and in today's world, thousands of different colors are presented to the people visual. In this context, the first purpose of the study is to find out which colors are associated with certain emotions.

Many factors that influence people communication manifest themselves differently in each person. In addition to all this confusion, economic, cultural and technological development and the rapid change of demands and needs make the issue of how people behave more complex. Store atmospheres are a unity of psychical properties which create emotional effects on clients. Store atmospheres fits in the designing discipline called "atmosferics" by effecting the emotional and cognitive reactions especially instincts or reaction or unplanned desire to shop. It is a known fact that colours have a huge psychological effect on human beings.

Colors have to be used in a planned and correct way. In recent times, the buying behavior has been unregulated and subject to rapid change. This situation made the enterprises unable to sustain their lives with traditional marketing philosophy and this philosophy was replaced by modern marketing philosophy (Gündüzyeli, 2021). The phenomenon of color is examined within the academic framework in order to stimulate the purchasing motive through the subconscious interaction in today's marketing world where each consumer's individual needs are met and anticipated (Kılıçarslan, 2019).

2. Literature

2.1. Color and Communication

Color, which is a natural element of communication, can be considered as a universal language for people. In the periods when there was no writing, color was used and the message to be conveyed was conveyed through colors. The first examples of colors used as symbols since ancient times can be seen in animal figures found on the walls of small caves from the stone age in Lascaux and Altimara. It is thought that ancient people used colors for purposes such as frightening, looking beautiful, impressive, and worshipping (Kaptanoğlu, 2018). People believed that colors would protect them and it was symbolized as a safe guide in heaven (Kaptanoğlu vd., 2018).

From time to time, people describe their inner world with colors and continue their communication with the symbolic meanings of colors. For example, the color of a flower sent can have different meanings. In Turkish, there are many idioms in which colors are used in everyday speech. Colors can be perceived differently according to different cultures. Examples of this situation are given in Table 1.

Table 1. Meaning of Colors by Culture

Color	Counrty	Meaning
White	Islamic Tradition	Light Brightness
	Christian Art	Belief
	New Zealand	Happines Puirty
	Australia	
	China Japan	Death
Blue	East Asia And Sweden	Cold Bad
	Iranian	Death
	India	Puirty
	Hollanda Holland	Sıcaklık Heat
	Sweden USA	Masculinity
Green	Malaysia	Disease Danger
	Belgium	Jealousy
	Japan	Happiness Love Trust Sincerity
Red	Nigeria Germany	Unlucky
	Hina Denmark	Chance
	India	Desire And Ambition
Yellow	Usa	Heat
	France	Unfaithfulness
	Russia	Jealousy
	China	Pleasure Happiness

Source: Özer, D. (2012). Toplumsal Düzenin Oluşmasında Renk ve İletişim. (*ODÜSOBIAD*), 3(6), s. 275

The assumption that colors are only to be used for approval or being liked has changed considerably today. As a result of research conducted, it was seen that Blue and green colors used in hospitals give confidence, white color evokes a sense of hygiene, and in active and risky areas such as casinos, conscious red and black color is used. (Nuhoğlu, 2006: 45).

Some researches on the colors used in the study and how they affect communication are as follows:

Black; the colour of black which imposes the feeling of despair, death, covering; especially in Western civilizations it is position as the colour of death, mourning and grief. In addition to these negative feelings, most of the black color is regarded as a symbol of honor, power and nobility in society. This is the main reason that the authority cars are black. Black refers to the power of clothing in most societies (Nuhoglu, 2006: 78). In most societies deep state is symbolized by black.

White; white, symbolized by cleanliness, innocence and sensitivity, also creates a feeling of eternity and emptiness in most people. When it comes side by side with blue, it gives a refreshing, health-appropriate feeling. It is these emotions that causes us to use predominantly white on health personnel or the marriage dress of a woman is white. (Nuhoğlu, 2006: 79).

Red; having one of the thickest wavelengths of the spectrum, red evokes a sense of dynamism, strength and vitality. It is invigorating, sometimes even annoying, and it steals the consumer glances over and establishes his presence. Red is considered the warmest color of the warm color group. As the tone of the colour changes, so does the character. For example, while

dark red has a serious and traditional energy, standard red symbolizes activity and movement (Avcı, 2014: 54). Red is also an appetizing color (Yağbasan and Aşkın, 2006: 4).

Blue: blue, which creates a relaxing, calm environment, is also considered by most societies as a feminine color. It is for this reason that male babies are combined with blue from the time of birth. Freud called blue only "calm." Faber Birren, on the other hand, emphasized that the colour blue slows the blood flow down and causes the blood pressure to fall. In Arab culture, it is also believed that blue colored stones slow blood flow, and in many societies, they pass strong negative energy called "evil eye" (Kılıç ve Başyol 2014: 59).

Yellow; The yellow color, which is the expression of youth and transience, is also the most striking color. Yellow is in the middle in terms of wavelength thickness in the spectrum, however, has a cosmic power. The Xerox Company, in its study, has reached the conclusion that, in terms of reading and understanding, the rate of reading is the most yellow-colored documents (Nuhoglu, 2006: 87). Yellow color gives movement and vitality with its similarity to the sun. Yellow is often used in the advertising industry (Çeken & Elif, 2015: 132).

2.2. Color and Consumer

The concept of consumer is defined by Mucuk (2009: 64) as all of the people living in a society. Every individual in society is in the consumer class from the moment they are born to the moment they die. According to the author, these individuals become customers when they shop from the store. From the marketing point of view, the consumer is the person who has the potential to buy or make purchases for himself or the individuals concerned. Since all emotions and thoughts are a part of human behavior, examining consumer behavior means examining human behavior (Odabaşı, 2009: 30). In the literature, the factors that affect the behavior of consumers in terms of purchasing appear in two separate groups which are external factors (consumer's social, geographical and economic environment) and internal factors (consumer-related factors) (Odabaşı & Barış, 2003: 30). Internal factors may also be called motivating factors that include physiological or psychological effects. Consumers are seeking two different types of benefits in the emergence of a need. The first is hedonic benefit, the second is functional benefit (Arnold & Reynolds, 2003: 78). The color factor is important for both types of benefits. Consumers can go shopping when they need any color product. For example, in a period where the blue color is fashionable, they may want to buy a blue dress (Zaltman, 2000: 425).

The movement of our senses is through universal signals. The objective environment is perceived by visuals in the first step and visual perception is reconstructive (Uçar, 2004: 59). Perception is closely related to the observation of the environment, objects, people, odors and sounds, colors (Odabaşı and Barış, 2003: 128) and consumers are confronted with colors millions of times during their lives in their packaging, advertising and even in store designs (Caivano and Lopez, 2012: 3). Researches revealed that purchasing decisions were perceived by touching 3%, tasting 3%, hearing 13%, sniffing 3% and seeing 78%. The reactions of individuals when they encounter colors are quite complex (İçli & Çopur, 2008: 25). Therefore, the results of all studies in this field have been surprising.

Favre and Nowember (1979), after examining the subject for years, have concluded that colors affect the subconscious and

cause reactions on the consciousness. While choosing the right colors for the target group in the product groups directed the consumer to the buying behavior (İçli & Çopur, 2008: 27), it was concluded that the colors used especially in the shelf arrangement directed the individuals to consumption. (Çınar and Çubukçu, 2009:280).

In the studies conducted on the use of color in marketing, it is concluded that color directs the consumer in all marketing communication channels and has an important impact on decision making. The phenomenon of color, which exists in every period of our lives, can be used as a message in marketing (Çınar and Çubukçu, 2009:280). Colors used in all details such as product, brand, advertisement, logo etc. are also the central element of corporate identities and help individuals remember the brand or place (Öztuna, 2007: 92). Colors, which are accepted as music in visual arts, are among the most powerful means of communication since individuals see colors before coding the message sent in communication. There are many examples where some colors are associated with brands of products. Coca-Cola red, Kodak yellow, Bayer aspirin green are the best known examples of this positioning (Meyers vd. 2003: 207).

The only purpose of colors is not to draw attention. It is necessary to know which color is the character and what purpose it should be used (Nuhoğlu, 2006: 48). As a result of a research conducted by a detergent company, it was concluded that the yellow color had a detrimental effect of cleansing, blue color, hygiene and red color had a damaging effect (Odabaşı & Barış, 2003: 139). Another example of using color provides easier or more sales will be an example of a company that sells eternit products in Switzerland after the change of packaging of the product (Nuhoğlu, 2006: 78).

According to Odabaşı and Barış (2003: 139), the perception of colors and their reconciliation to known products are as follows in Table 2:

Table 2. Perception of Colors

<i>Color</i>	<i>Perception</i>
Red	Strong, Hot, Excited, Extroverted
Yellow	Luxury, Rich
Blue	Cool-Calm, Sad,
Black	Cold, Prestigious, Sophisticated

Source: Yavuz Odabaşı & Barış, G. (2003), Consumer Behaviour, :139.

The assumption that colors are only to be used for approval or being liked has changed considerably today. As a result of research conducted, it was seen that Blue and green colors used in hospitals give confidence, white color evokes a sense of hygiene, and in active and risky areas such as casinos, conscious red and black color is used. (Nuhoğlu, 2006: 45).

As a result of conducted research, it was also seen that Warm colors attracts individuals to the store, cold colors have a calming effect (Arslan, 2004: 99). In a similar study, Belizzi and Hite (1992: 3) concluded that blue is a more desirable atmosphere color for the store than red.

2.2. Color and Music in the Shop Atmosphere

The word atmosphere is usually used to describe the quality in the environment (Kotler, 1973). Kotler has divided atmosphere in two which are targeted and perceived atmospheres.

Targeted atmosphere is the unity of sensory properties in an artificial environment. Targeted atmosphere is classified in 4 elements which are auditory, visual, olfactive and textular.

Perceived atmosphere is the perception of this environment by the clients. Consumers reactions to perceived atmosphere are learned and partially formed by culture. The atmosphere is considered successful if the targeted and perceived atmospheres are close (Dursun, vd., 2013).

The impressions of the potential clients are firstly effected before entering thanks to the factors such as appearance and the entrance and than it continues thanks to the factors inside (Fettahlioğlu, 2014). Research suggests that the setting has a way of social communication and that the stores have their own personalities and social images and the social identity of a certain store can be transferred thanks to their setting.

A social image of a store depends on their style and appearance rather than its price, transportation etc. Experts suggest that the atmosphere and image leads to a relationship with the perception of goods and services. Store atmospheres are important parts that differentiates retail stores and effects consumer properties (<http://tantalosmarket.blogspot.com.tr> E.T. 05.02.2021).

Studies show that warm colors psychologically have different effects than fresh colors. e.g. red and warm colors increase blood pressure and respiration rate. If these results gets applied to retail stores; it would be logical to think these colors would effect clients more. Fresh colors in contrast can create anxiety as in expensive goods. Use of warm colors to create a thrill would be safer (Levy ve Weitz, 2001).

Music which has a large Area of utilisation which ranges from the treatment of psychological illnesses to motivation of employees at work is being used also at stores. The right hemisphere of the human brain perceives events and objects via intuition. Thanks to this people record events or objects faster. Deducting from this the display done with music would be more effective than a verbal one. Music can create a faster perception of the displayed product or object for the clients (Orel, 2005).

Colours in store can effect the judgement of clients on store atmosphere which effects, whether or not they visit the store, how much time to spend and how much money they will spend (Ailawadi, 2004). It is found out that a nice music reduces the psychological cost, a nice physical order reduces economic and psychologic cost (Yücel ve Yücel, 2012).

3. Methodology

3.1. Purpose, Hypotheses, Method

The first aim of the study is to explain the effect of color psychology on worker behavior and to measure the level of emotions and thoughts evoked by different colors. In this study, although there are three main colors which are red, blue and yellow, additional colours of black and white are also considered. A questionnaire was applied to 250 store employees selected in Istanbul in Şişli Profilo AVM with easy sampling method to measure the emotions evoked by the mentioned colors. The survey consists of two parts. In the first part, there are open-ended questions on demographic characteristics and in the second part, on the emotions felt by the mentioned colors.

The first hypothesis of the study is as follows:

H1: There is a statistically significant difference between colors and store employees' feelings.

For the second purpose of the study; The data obtained from the study are acquired measuring the social demographic properties with "yes" or "no" questions about colors and music use in a store environment with a 100% survey method in order to get a general opinion about the use of colors and music in a store environment. The surveys applied, with a convenience sampling method, to 100 applicants via face to face interview.

In this context, the second and third hypotheses of the study are as follows:

H2: Use of colors and music in stores differentiates in correlation with the clients socio-demographic properties.

H3: Use of colors and music in stores doesn't differentiate in correlation with the clients socio-demographic properties.

SPSS (Static Program for Social Sciences) was used in the analysis of the data. The reliability of the study was analyzed according to Cronbach's Alpha method and the questions were subjected to reliability analysis and Alpha value was found to be 0,7855.

3.2. Results

Table 3. Demographic Characteristics of the Store Employees

GENDER	Male	Female
Number	138	112
Percentage	%55,2	%44,8
Age	17-20 Between	21 and above
Number	203	47
Percentage	%81,2	%18,8

55.2% of the staff employees participated in the study were male and 44.8% were female. Age distributions for individuals within the range of 17-20 years, 81.2%, 21 years and older, 18.8%. The distribution of the colors that the participants felt in the sense of hunger is as follows in Table 4:

Table 4. Colours Evoked by The Feeling of Hunger

HUNGER	Number	Percentage
Black	1	%0,4
White	23	%9,2
Red	176	%70,4
Yellow	35	%14
Blue	10	%4,0
Other	5	%2,0
Total	250	%100

As seen in the table, it was found that red color was the first color that comes to mind with a ratio of 70.4%. Red was followed by yellow (14%) and white (9.2%). The percentage of remaining colors is 4% blue and 0.4% black, respectively, which is negligible. Five people selected the other option. Table 5 shows the distribution of colors that staff employees felt in the face of the sense of power:

Table 5. Colours Evoked by the Sense of Power

POWER	Number	Percentage
Black	218	%87,2
White	1	%0,4
Red	23	%9,2
Yellow	3	%1,2
Blue	5	%2,0
Other	0	%0,0
Total	250	%100

As can be seen in the table, the color evoked by the sense of power was black by 87.2%. Of the remaining colors, only 9.2% of the red is evocative of the feeling of power. The ratio of blue color to 2%, yellow color to 1.2%, none of the participants thought of a different type of colour which evokes a feeling for the sense of power other than the options provided. Table 6 shows the distribution of colors that staf employees felt in the face of energy sense:

Table 6. The Colors Evoked by the Sense of Energy

ENERGY	Number	Percentage
Black	76	%30,4
White	1	%0,4
Red	112	%44,8
Yellow	45	%18,0
Blue	13	%5,2
Other	3	%1,2
Total	250	%100

In the answers given to the colors evoked by the sense of energy, it was seen that red and black were close to each other with 44.8% and 30.4%. Studies in the literature show that the ratio of red is higher and that of black is lower. In the table, amongst the colours that evoke the feeling of Energy, it is seen that 18% of the colors are yellow, 5.2% are blue and 1.2% are other colors. Table 7 shows the distribution of colors that staf employees felt in the face of feeling of health:

Table 7. Colours Evoked by a Sense of Health

HEALTH	Number	Percentage
Black	0	%0,0
White	202	%80,8
Red	2	%0,8
Yellow	7	%2,8
Blue	35	%14,0
Other	4	%1,6
Total	250	%100

80.8% of the color that gives health feeling was white. White was followed by blue with 14.0%. The effect of red and yellow colors was very small, but 0.8% and 2.8% respectively. No participant marked the black color and the other color ratio was 1.6%. The distribution of the colors that the participants felt in the sense of peace is as follows in Table 8:

Table 8. Colours Evoked by a Sense of Peace

PEACE	Number	Percentage
Black	15	%6,0
White	152	%60,8
Red	10	%4,0
Yellow	9	%3,6
Blue	52	%20,8
Other	12	%4,8
Total	250	%100

The participants chose white as the color of peace by 60.8%. Following this, blue color is marked with 20.8%. The distribution of the colors that the participants felt in the sense of happiness is as follows in Table 9:

Table 9. Colours Evoked by the Feeling of Happiness

HAPPINESS	Number	Percentage
Black	1	%0,4
White	62	%24,8
Red	82	%32,8
Yellow	17	%6,8
Blue	87	%34,8
Other	1	%0,4
Total	250	%100

According to the results, 34.8% of the colors were blue, 32.8% were red and 24.8% were white. The effect of yellow is slightly less than 6.8%. The distribution of colors that the participants felt in the sense of innocence is as follows in Table 10:

Table 10. The Colors Evoked by the Sense of Innocence

INNOCENCE	Number	Percentage
Black	0	%0,0
White	222	%88,8
Red	2	%0,8
Yellow	1	%0,4
Blue	25	%10,0
Other	0	%0,0
Total	250	%100

It was seen that a great majority of the participants preferred white color as the most innocent color with 88.8%, blue color was chosen in the second place with 10% and the effect of other colors was negligible. The distribution of the colors that the participants felt in the sense of sincerity is as in Table 11:

Table 11. The Colors Evoked by Sense of Sincerity

SINCERITY	Number	Percentage
Black	10	%4,0
White	73	%29,2
Red	35	%14,0
Yellow	60	%24,0
Blue	68	%27,2
Other	4	%1,6
Total	250	%100

In the colors evoked by the sense of sincerity, white 29.2%, blue 27.2% and yellow 24.0% were close to each other, red color was marked less than 14.0%, followed by 4.0% black and other colors were marked 1.6%. The distribution of the colors that the

participants felt in the sense of seriousness is as follows in Table 12:

Table 12. The Colors Evoked by Sense of Seriousness

SERIOUSNESS	Number	Percentage
Black	163	%65,2
White	42	%16,8
Red	11	%4,4
Yellow	6	%2,4
Blue	28	%11,2
Other	0	%0,0
Total	250	%100

Participants chose 65,2% of the color of seriousness as black. Black color was followed by white with 16,8%, blue with 11,2%, red with 4,4% and yellow with 2,4%. The participants did not choose other colors. The distribution of the colors that the participants felt in the sense of excitement is as follows in Table 13:

Table 13. Colors Evoked by a Sense of Excitement

EXCITEMENT	Number	Percentage
Black	26	%10,4
White	38	%15,2
Red	103	%41,2
Yellow	64	%25,6
Blue	17	%6,8
Other	2	%0,8
Total	250	%100

Nearly half of the participants chose the color of excitement as red with a rate of 41,2%. Red was followed by yellow (25,6%), white (15,2%), black (10,4%) and blue (6,8%). Katılımcıların diğer renkleri seçmediği görülmüştür. The participants did not choose other colors. The distribution of the colors that the participants felt in the sense of freshness is as follows in Table 14:

Table 14. Colors Evoked by the Sense of Freshness

FRESHNESS	Number	Percentage
Black	0	%0,0
White	135	%54,0
Red	15	%6,0
Yellow	33	%13,2
Blue	65	%26,0
Other	2	%0,8
Total	250	%100

Most of the participants decided on white and blue color. The ratio of white color was 54,0% and that of blue color was 26,0%. Participants marked yellow with 13,2% and red with 6,0%, respectively. No participants marked the black color. The distribution of the colors that the participants felt in the sense of naturality is as follows in Table 15:

Table 15. Colors Evoked by the Sense of Naturality

NATURALITY	Number	Percentage
Black	3	%1,2
White	96	%38,4
Red	43	%17,2
Yellow	40	%16,0
Blue	61	%24,4
Other	7	%2,8
Total	250	%100

The most natural color of the participants was white (38,4%) and the second color was blue (24,4%). Red and yellow colors were close to each other by 16,0% and 17,2%. Three of the participants who indicated the other color stated that they found light colors natural. The distribution of the colors that the participants felt in the face of joy is as follows in Table 16:

Table 16. Colors Evoked by the Feeling of Joy

JOY	Number	Percentage
Black	0	%0,0
White	49	%19,6
Red	75	%30,0
Yellow	61	%24,4
Blue	53	%21,2
Other	12	%4,8
Total	250	%100

The participants marked white, yellow and blue colors close to each other with 30,0% being the most red. In addition, nine of the participants who selected the other option indicated orange as joy. The black color has not been marked. The distribution of the colors that the participants felt in the sense of flavor is as follows in Table 17:

Table 17. Colours Evoked by the Sense of Flavor

FLAVOR	Number	Percentage
Black	3	%1,2
White	45	%18,0
Red	109	%43,6
Yellow	92	%36,8
Blue	1	%0,4
Other	0	%0,0
Total	250	%100

The participants reconciled the sense of flavor with red color with a maximum of 43,6%. It is seen that 36,8% yellow, 18,0% white and 1,2% blue colors are chosen. The result of the sense of flavor is that the proportion of black color is more than blue.

The demographic characteristics of the consumers participating in the study are as in Table 18:

Table 18. Demographic Characteristics of the Consumers

		n	%
Age	19-24	9	9
	25-44	80	80
	45-64	11	11
Gender	Female	93	93
	Male	7	7
Education	Non-Literate	4	4
	Literate	7	7
Status	Elementary School Graduate	39	39
Percentage	Middle School Graduate	22	22
	High School Graduate	19	19
	University Graduate	9	9
Income	Very Bad	5	5
	Bad	13	13
	Middle	54	54
	Good	28	28
Profession	Officer	20	20
	Worker	26	26
	Self employed	21	21
	Housewife	33	33

Applicants 9% are in between ages 19-24 80% are in 25-44 11% are in 45-64 and 94% of them are women and 7% are men. Education status is 9% of them are university graduates, 19% are high school grads, 22% are middle school grads and 39% are elementary school grads. 7% are literate 4% are non-literate. Table 19 shows the answers given by customers about whether they pay attention to color and music while shopping in stores.

Table 19. The Frequency of Clients Shopping at Stores and Paying Attention to Colors and Music

Question	Answer	n	%
How often do you shop at stores?	Each Day	7	7
	More than once a week	2	2
	Once a week	1	1
	More than once in a month	88	88
	Once a month	1	1
Do you pay attention to music playing while you shop at the store?	Yes	54	54
	No	46	46
Do you pay attention to use of colors when you shop at the store?	Yes	58	58
	No	42	42

It is noticed from the data from table that 88% of clients shop more than once a month. And while 54% pays attention to music playing at the store 46% doesn't and 58 % pays attention to the use of color while 42% doesn't. Table 20 shows the results of t-test and analysis of variance according to sociodemographic characteristics.

Table 20. T Test and Variance Analyses Results According to Socio-Demographic properties

		Color Usage	Music Usage
Age	t	1,555	1,570
	p	,062	,152
Gender	t	1,414	1,709
	p	,995	,008
Education	t	1,529	1,145
Status	p	,004	,001
Income	t	1,372	1,452
	p	,000	,320
Profession	t	1,959	1,412
	p	,002	,120

As it can be seen on the table there is no meaningful relationship between age and use of music and colors in stores. Even though there is no meaningful relationship between gender and use of colors there is a meaningful relationship with use of music. When analysed education status variable we see that there is a meaningful relationship with the use of both colors and music. When we analysed Income we see a meaningful relationship with colors but not music. As the last variable of the study there is a meaningful relationship between profession and use of colors.

4. Conclusion

When we look at the three main colors, red, blue and yellow, it is seen that the colors mentioned in the literature coincide with the characteristic features in accordance with the results.

Red symbolizes courage, strength, vitality, energy and dynamism (Sun, 1992: 35; Kaniş, 1994: 23). The most important emotion that the color red awakens in the individual is that it gives excitement, makes you feel warm, and makes you want to take action as soon as possible. Continuous physical strength and perseverance are emotions integrated with red (Sun, 1992: 43). In the results of the study, red was chosen in the first place in the awakening of emotions such as energy, excitement, taste, joy and hunger.

Blue, on the other hand, is a color that pushes corporate serious and logical action. It is used to increase the stability message (Efendioğlu, 2004: 26). In the study, it was found that the feelings of naturalness, trust, sincerity and prestige were felt at high rates.

Black color is dark and covering. Hopelessness and death also symbolize power (Kaniş, 1994: 22). Black, which is the color of fear and darkness, showed a high rate of seriousness, power and prestige in the study.

In the literature, it is seen that the effects of colors on individual behavior, especially consumer behavior, are mainly focused on packaging colors and store design. At the same time, it is determined to be a factor that can be used for marketing many times in the examples encountered.

Seeing the colors subconsciously affects many processes. At the bottom of the cerebellum, called the hypothalamus region and at the same time, many emotions are managed through the region, the color characters are reflected in the behavior of individuals. In the study where the effects of colors are examined in the light of all this information, it is evident that the subject is mixed and mainly related to the subconscious. In this context, a study in

which the effect of psychology, which is a different discipline, examining this subject in more depth can be suggested to those who will investigate the subject from now on.

Colors, settings and music played at enterences and/or inside of stores are elements thought to make passing time more enjoyable.For example we don't realize how time flies by when we visit some stores and have fun but it is possible to see the complete opposite of this.That's why one must tackle store atmosphere with great importance .According to the result of the study most of the clients are between ages 25-44,has an education status at an elementary and middle school level and have a mid-ranged income.88% of clients shop more than 1 store in a month,54% pays attention to the music in the store,58% pays attention to colors.It is deducted from the study that there is no meaningful relationship between the age and the colors and music that are used to create the store atmosphere. The study showed that there is no meaningful connection between gender and use of colors. But it shows that there is a meaningful connection between education status,income,profession and use of music and colors in stores.It also shows that there is a meaningful relationship between gender,education status and use of music.

References

- Ailawadi, K. L. (2004). Understanding Retail Branding: Conceptual Insights And Research Priorities. *Journal Of Marketing*, 80, 331-32.
- Arnold, M. J., & Reynolds, K. E. (2003). Hedonic shopping motivations. *Journal of retailing*, 79(2), 77-95.
- Arslan, M. (2004). *Mağazacılıkta Atmosfer*. İstanbul: Derin Yayınları.
- Avcı, S. (2014). Bilimsel renk bilgisinin resim sanatındaki yansımaları. *Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi*, 11(11), 53-67.
- Bellizzi, JA, & Hite, RE (1992). Çevresel renk, tüketici duyguları ve satın alma ihtimali. *Psychology & marketing*, 9 (5), 347-363.
- Caivano, J. L., & López, M. A. (2012). Chromatic identity in global and local markets: analysis of colours in branding. *JAIC-Journal of the International Colour Association*, 1-14.
- Çeken, B., & Elif, Y. (2015). Renklerin Reklam Ödülleri. <http://www.sanategitimidergisi.com/makale/pdf/1448548439.pdf> (30/05/2021)
- Çınar, R., & Çubukçu, İ. (2009). Tüketim Toplumunun Şekillenmesi ve Tüketici Davranışları-Karşılaştırmalı Bir Uygulama-/Formation of Consumption Society and Consumer Behavior-A Comparative Application. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 277-300.
- Dursun, T., Oskaybaş, K., & Gökmen, C. (2013). Mağaza Atmosferinin İçgüdüsel Satın Almaya Etkisi Ve Hazır Giyim Sektöründe Bir Araştırma. *Marmara Üniversitesi İ.İ.B. Dergisi*, 35 (2), 1-28.
- Fettahloğlu, S. (2014). Tüketicilerin Mağaza Atmosferinden Etkilenme Düzeylerinin Demografik Faktörler Açısından İncelenmesi. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 6 (11), 27-40.
- <http://Tantalosmaket.Blogspot.Com.Tr>. Mağaza Atmosferi. E.T. 05.02.2021
- Gündüzyeli, B. (2021), Factors Affecting Brand Awareness. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (31), 675-680.
- İçli, G. E., & Çopur, M. E. (2008). Pazarlama iletişiminde renklerin rolü. *Journal Of Social Science*, 10(1), 22.
- Kaptanoğlu, R. & Keskin R. (2019). *Tüketici Gözüyle Duyguların Renkleri II*. Business & Organization Research Conference (II. BOR Conference), (4-6.9.2019 / İzmir), p. 287, ISBN: 978-605-68816-3-3, ISBN: 978-605-68816-3-3, <https://www.eborconference.com/downloads/izmir/abstract.pdf> (Özet)
- Kaptanoğlu, R., Gökgöz, M., Uler, E. & Şahinyılmaz, F. (2018). *Color in Health Care Settings*, International Conference on Sustainable Science and Technology, (15.10.2018 / Antalya), (Özet)
- Kılıç, Y., & Başol, S. (2014). Hitit Büyülerinde Sayı ve Renk Sembolizmi. *Electronic Turkish Studies*, 9(7).
- Kılıçarslan, M., (2019). Reduction Of Lean In The Health and Lean Application in The Emergency Of X Hospital. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(69), 454-465.
- Kotler, P. (1973). Atmospherics As A Marketing Tool. *Journal Of Retailing*, 49 (4), 48-64.
- Levy, M., Weitz, B. (2001). *Retailing Management*. Mcgraw-Hill Company, Fourth Edition, .
- Meyers, H. M., Lubliner, M. J., & Üsdiken, Z. (2003). *Başarılı ambalaj başarılı pazarlama*. Rota.
- Mucuk, İ. (2009). *Pazarlama İlkeleri*, Der Yayınları, 17. Baskı, İstanbul.
- Nuhoğlu, R. (2006). *Rengin Tüketici Satın Alma Davranışlarına Etkisi*. Marmara Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Odabaşı, Y. (2009). *Tüketici Davranışı*, Mediacat Yayıncılık, İstanbul.
- Odabaşı, Y., & Barış, G. (2003). *Tüketici Davranışı*, İstanbul: Kapital Medya Hizmetleri AŞ.
- Orel, F. D. (2005). *Mağaza İçinde Müzik Yayımlı Nasıl Olmalıdır*. Çukurova Üniversitesi İkt. Ve İd. Bil. Fak.
- Özer, D. (2012). Toplumsal Düzenin Oluşmasında Renk ve İletişim. *(ODÜSOBİAD)*, 3(6), 268-281.
- Öztuna, H. Y. (2007). *Görsel iletişimde temel tasarım*. Tıblan yayıncılık.
- Uçar, T. F. (2004). *Görsel iletişim ve grafik tasarım*. İnkılap.
- Yağbasan, Aşkın, (2006), Renklerle İletişim ve Ulusal TV Logolarının Göstergibilimsel (Dilbilimsel, Grafikselsel, Renksel) Analizi, *Doğu Anadolu Bölge Araştırmaları*,
- Yücel, A., Yücel, N. (2012). Mağaza İmajı İle Mağaza Sadakati Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi: Denizli İlinde Yapılan Bir Araştırma. *Yönetim Bilimleri Dergisi* , 10 (19), 1-30.
- Zaltman, G. (2000). Consumer researchers: take a hike!. *Journal of Consumer Research*, 26(4), 423-428.



The Assessment and Comparison of Health Information Systems in Turkey and in the World*

Menekşe Kılıçarslan^{1†}

^{1*} İstanbul Ayvansaray Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0580-8645), meneksekilicarslan@ayvansaray.edu.tr

(First received 26 September 2018 and in final form 15 November 2018)

(DOI: 10.31590/ejosat.459456)

ATIF/REFERENCE: Kılıçarslan, M. (2022). The Assessment and Comparison of Health Information Systems in Turkey and in the World, *European Journal of Science and Technology*, (33), 390-395.

Abstract

Today, developments in the information Technologies not only have enabled information to grow and spread but also have increased the global competition. Businesses should follow the information technologies more than ever to keep up and continue their existences. The voters involved in the political decision-making mechanism are politicians, bureaucrats, groups violate existing legal religious moral and cultural norms in the society by providing private benefits. (1) Businesses, which provide health services, also get involved in this competition and knowledge of these businesses has grown rapidly with legal obligations and relations with the insurance companies, hospitals and healthcare organizations, and they have become unwieldy and costly. The development of information technologies helps management level make best decisions in this competition environment. Health information systems have importance in terms of the evaluation of data; determining the failing points of the system on time; determining policies regarding health; determining the priorities and problems of health sector; providing the best health services; monitoring income and expenses; proper mobilisation of resources; giving information to hospital administration to make strategic decisions and accessing the information in an effective and rapid way. In addition, with the effective use of information systems both in the world and in Turkey, it is aimed to avoid the waste of efforts and time of patients and health professionals, find a solution health management process and increase the financial productivity. Increase in the expectations of patients about health services, fulfilling the legal obligations and necessities such as providing the expected quality lead to a rapid increase in the hospital operation expenses. This situation is also essential in terms of health management. Regional differences have been tried to be solved with these agencies. (2) Healthcare organizations resort the integration of information technologies and information systems to balance between service quality and costs and increase effectively and efficiently the management performance. In this study, health information systems in Turkey and in the world will be analysed by making a literature review.

Keywords: Hospital 1, Information System 2, Health Information System 3. Health Management 4.

Türkiye ve Dünyada Sağlık Bilgi Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Karşılaştırılması

Öz

Günümüzde bilgi teknolojilerindeki gelişmeler, bilginin büyümesini ve yayılmasını sağlamakla kalmamış, aynı zamanda küresel rekabeti de artırmıştır. İşletmeler varlıklarını sürdürmek ve sürdürmek için bilişim teknolojilerini her zamankinden daha fazla takip etmelidir. Siyasi karar alma mekanizmasında yer alan seçmenler politikacılar, bürokratlar, özel çıkarlar sağlayarak toplumda var olan yasal din ahlakı ve kültürel normları ihlal eden gruplardır. (1) Sağlık hizmeti sunan işletmeler de bu rekabete dahil olmakta ve bu işletmelerin bilgi birikimi yasal zorunluluklar ve sigorta şirketleri, hastaneler ve sağlık kuruluşları ile olan ilişkiler ile hızla büyümüş, hantal ve maliyetli hale gelmiştir. Bilgi teknolojilerinin gelişimi, bu rekabet ortamında yönetim kademesinin en iyi kararları almasına yardımcı olur. Sağlık bilgi sistemleri verilerin değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır; sistemin arıza noktalarının zamanında belirlenmesi; sağlıkla ilgili politikaların belirlenmesi; sağlık sektörünün önceliklerinin ve sorunlarının belirlenmesi; en iyi sağlık hizmetlerini sunmak; gelir ve giderlerin izlenmesi; kaynakların uygun şekilde seferber edilmesi; stratejik kararlar alabilmeleri için hastane yönetimine bilgi vermek ve bilgiye etkin ve hızlı bir şekilde ulaşmaktır. Ayrıca bilgi sistemlerinin hem dünyada hem de

* This article is presented orally in International Conference on Social and Related Sciences (ICSoReS 2017)

† Sorumlu Yazar: meneksekilicarslan@ayvansaray.edu.tr

Türkiye’de etkin kullanımı ile hastaların ve sağlık çalışanlarının emek ve zaman kaybının önüne geçilmesi, sağlık yönetimi sürecine çözüm bulunması ve finansal verimliliğin artırılması amaçlanmaktadır. Hastaların sağlık hizmetlerine ilişkin beklentilerinin artması, yasal zorunlulukların yerine getirilmesi ve beklenen kalitenin sağlanması gibi zorunluluklar hastane işletme giderlerinin hızla artmasına neden olmaktadır. Bu durum sağlık yönetimi açısından da elzemdir. Bu ajanslar ile bölgesel farklılıklar giderilmeye çalışılmıştır. (2) Sağlık kuruluşları, hizmet kalitesi ile maliyetler arasında denge kurmak ve yönetim performansını etkin ve verimli bir şekilde artırmak için bilgi teknolojileri ve bilgi sistemlerinin entegrasyonuna başvurur. Bu çalışmada literatür taraması yapılarak Türkiye’deki ve dünyadaki sağlık bilgi sistemleri analiz edilecektir.

Anahtar Kelimeler: Hastane 1, Bilgi Sistemi 2, Sağlık Bilgi Sistemi 3. Sağlık Yönetimi

1. Introduction

Most of the businesses use information technologies and information systems to increase service quality, productivity levels, their efficiencies in the sector and customer satisfaction, and decrease the costs. Information systems and technologies, indispensable parts of the information age that we are going through are used in every sphere of life. Health sector is also the primary sector that uses effectively these systems and technologies. Information systems, which are used in the health sector, are called Health Information Systems (HIS).

Health Information Systems are classified as functional and clinical information systems. Every functional unit, such as supply, marketing, selling, accounting, financing, personnel, public relations, makes use of distinctive modular functional information systems to perform. (3).

2. Literature

2.1. Health Information Systems

Satisfying the need in the health care services, effect of difficulties on the use of healthcare system and peaking of the information use, call forth health information system as a discipline. The terms of health information and medical information have been widely used in the world since 2000s. (4)

Health Information Systems (HIS) is the name, which is given to hardware, software and practices which are install to produce all kinds of information about the management and providing of preventive health services and therapeutic health care services, use and transmit them effectively. (5) HIS is important in terms of the integration of people who work for the management; transformation, gathering and expansion of information; principles and other sources in a healthcare organization. In addition, it has an important role in the organizational resource management and the development of patient records of healthcare organization. (6) Health Information System are classified into two main groups as Clinical Information System (CIS) and Diagnostic Treatment System (DTS) (Table 1). (7-39).

Table.1 The Classification of Health Information Systems

Health Information Systems	Sub Systems	Functions
Clinical Information Systems	<ul style="list-style-type: none"> - Electronic Health/Patient Records, - Clinical Decision Support System, - Nurse Information Systems, -Medical Imaging Management and Storing Systems, - Patient Follow-up Systems, - Clinical Communication Systems - Telemedicine - Case composition - Virtual Reality Practices, - Smart Card Practices, - Hospital Information Systems, - Standards, -Clinical guidelines and Care Maps. 	Systems that gather the clinical information about patients and make them usable
Diagnostic and Treatment Systems	<ul style="list-style-type: none"> - Imaging Systems - Laboratory Diagnosis Systems - Other Medical Technologies. 	Systems that provide support in diagnosis and treatment

Source: “Health Information Systems”. Nobel Publishing. p.90. (3)

Table.2 Comparison of E-Health Practices in Turkey and in the World

COUNTRY	GOALS	E-HEALTH PRACTICES
The USA	It is aimed to generalize of the use of information technologies in the health sector nation-wide, make healthcare system more productive, decrease paper works for patients and physicians, provide everyone to access the most proper health care service nation-wide and healthy next generations. (21)	National Health Information Network (NHIN), Certification Commission on Health Information Technology (CCHIT), American Health Information Community (AHIC) Regional information sharing projects, common infrastructure, electronic health record and promotion to health information technologies Safety & privacy cooperation, bio-observation (electronic health record for public health, chronic care (safe message transmission, strengthening of consumer (electronic record summary, electronic medical history), Electronic health records (laboratory data). (21)
ENGLAND	The aim of NHSDO is to help citizens understand the health and health care, offer suggestion about nutrition and individual protection, provide healthcare services in the area and best treatment websites, give information about issues, about which patients wonder, with frequently asked questions and interactive tools. (22)	NHSDO (Direct Online Division) program, launched by NHS, enables citizens and health professionals to access health information online. With smartphones, patients can create personal health record, access health record and consult physicians via video. (22)
GERMANY	Telemedicine application has decreased the hospital bed fee nearly by half and increased the lifetime and safety of patients. (23-36)	Patients with chronic heart problem and diabetic can be observed at home with the devices that they put on. By measuring the tension and blood levels of these patients, these devices send the results to Public Health Telemedicine Service via cell phones. (23)
ITALY	Preventing active diseases, building a national appointment system, making telemedicine more widespread in the healthcare system. (24)	Tele-pathology, tele-consultation, tele-diagnose and online training services are created. (24)
SWEDEN	Developing a software which help nurses define possible negative drug interactions in elderly patients. (25-32)	Nurses use pocket computer, installed mobile drug management software connected to FASS (Sweden National Drug Database). (25)
HOLLAND	Implementing new technologies to healthcare services according to scientific and financial studies. (26)	A web-based patient clinical system has been developed to anonymously scan people with the risk of having sexually transmitted disease. (26)
CZECH REPUBLIC	To develop a system which help patients and health professionals make the best decision by cooperating. (27-33)	With a system, called IZIP, people can access their electronic health record online. There are hospital visitations, dental treatment, laboratory and imaging records in the electronic health records of patient. (27-37)
INDIA	With the widespread tele-medicine attempts, it is aimed to provide health care, which is not reachable otherwise, to citizens in case of emergency or accident by connecting to big hospitals, primarily in very small towns and villages. (28-31)	This project enables the connection with the leading hospital in India via mobile VSAT (Very small Aperture Terminal) stations. With this technology, practitioners, in villages and towns, can consult interactively with specialists in big hospitals. (28)
HONG KONG	It is aimed to remove paper consumption and minimize the faults by electronically recording all drug prescriptions and electronically transmitting them to pharmacies. (29)	Besides the medical history of patient, CMS also develops the patient protection. Clinical decision-making support function warns nurses and physicians about drug-food interactions and drug-drug interactions. (29)
SINGAPORE	It is aimed to create a paper-free environment; decrease the problems in the admission to hospital; increase the productivity in the control of contagious diseases; develop the determination period of vital findings and abnormalities of patients; provide an online assessment about the medical condition of patient; decrease the faults in documentation; increase the operational efficiency and patient safety in the Sing Health Organization by developing technology-based point-of-care practices. (30-41)	Digital Ward project is developed to provide health professionals clinical information and transform access path. (30)
TURKEY	It is aimed to establish an efficient, qualified and accessible health policy and increase patient satisfaction, improve health indicators and protect from financial risks (T.R. Ministry of Health, Department For Administrative And Financial Affairs, E-Health Information and Communication Portal).(42)	Health-NET. Family Practice Information System (AHBS), Central Physician Appointment System (MHRS), Telemedicine, Drug Follow-up System, Decision Support System (KDS), Ministry of Health Communication Centre (SABİM), Unified Accounting System (UAS), Basic Health Statistics Module (TSİM), Core Resource Management System (ÇKYS), E-Prescription, Electronic Dispatch System (T.R. Ministry of Health, Department For Administrative And Financial Affairs, E-Health Information and Communication Portal).

Health information system plays a key role in providing quality healthcare services. (8) The aim of these practices about healthcare services is to increase providing of service, efficiency and productivity in terms of management. Carrying of administrative and medical services into the electronic media is important in terms of healthcare policies. Easy access to necessary data for planning, financing and management of providing of healthcare services enhances the decision-making mechanisms. (9)

2.2. Hospital Information Management System

With the development of technology, opportunity of access to patient and hospital increases, productive service delivery is provided and the usage of health data system gets easy. Decrease in workload provides savings in terms of both service providers and service receivers. Hospital Information Management Systems (HIMS) are complicated structures, which should perform functions like radiology and laboratory systems, follow-up medicine and medical equipment, clinical decision support; as well as administrative function such as human resources management, planning, financing and accounting, materials management. (10-35)

The main aim of HIMS is to create a harmonized work environment between all units by enabling all sources of healthcare organizations to be used effectively and rapidly evaluating data in a safe environment. HIMS is a technological and sociological process that requires the participation of personnel from each level by providing daily activities of health care organizations to be carried out in an orderly manner and leading decision-making and control mechanisms of health care organizations. (11)

2.3. E-Health

Besides technological functions that primarily include a big part of health information, the term of e-health, which has been used from the beginning of 2000s, is related to clinical information, maintenance and services. (5-31) There are many definitions for the e-health concept, which is under the classification of health information. The main definitions are as (12):

The more comprehensive definition of e-health of WHO is: "It is the cost-effective and safe use of information and communication technologies in every area related to health such as supporting health and healthcare systems; health observance, health literature; health education; medical knowledge and health surveys" (WHO).

National E-Health Transition Authority (NEHTA) defines e-health as; "Electronically collection, management, use, storage and share of health information". (13-35)

E-health has two main aims. The first one is to give more responsibilities, power and information to patient and the latter one is to increase the interaction between patient and healthcare provider in the primary and secondary health care by providing the effective use of information and communication technologies. (14-38)

2.3. Digital Hospitals (E-Hospital)

Digital Hospital is a fully-integrated hospital that includes hospital information system, digital medical records, PACS, digital medical archive, barcode, RFID technologies, medicine and equipment follow-up, mobile and tablet computers, medical

technologies, building, energy, lighting technologies and information systems, communication systems, data, technologies of sound, image and multimedia, TELEMEDICINE, TELE-TRAINING, virtual autopsy, virtual operation, virtualization and management elements such as management services, consultancy, guidance, garden, parking area and all kinds of integrated services. (15-34)

Digital hospitals, whose first examples can be seen in the USA, has started a new period in the health sector with the use of mobile technologies. With the use of cell phone in the USA, general examination technologies has made a breakthrough with its cost-free and effortless features in the world. Although there are many great and small healthcare organizations around the world, the examples of digital hospitals are limited and cannot reach the expected standards. (16)

In the modelling of digital hospital, the primary aim is to use health information in an effective and easy way. (17) Due to the developments of mobile technologies, digital hospital system provides rapid access opportunity to patient record for physician, patient and other medical personnel from everywhere. In addition, there are many advantages like low cost, minimum fault, patient and personnel satisfaction, diagnose and treatment success. (18-32)

Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS), well accepted around the world, which works for the organisation of membership in the health sector, especially the improvements in the health sector, is focused on the most effective and proper use of information in health sector. HIMSS evaluates (from 1 to 7) digital processes in the transformation of both public and private hospitals, which apply to them, and determines how digitalized they are, with the well-accepted accreditation and standard systems in the worldwide. Hospitals, which complete their digital processes up to six and seven levels, are graded. (19-40)

In the modelling of digital hospital, the primary aim is to use health information in an effective and easy way. (20) Due to the developments of mobile technologies, digital hospital system provides rapid access opportunity to patient record for physician, patient and other medical personnel from everywhere. In addition, there are many advantages like low cost, minimum fault, patient and personnel satisfaction, diagnose and treatment success. (21)

Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS), well accepted around the world, which works for the organisation of membership in the health sector, especially the improvements in the health sector, is focused on the most effective and proper use of information in health sector. HIMSS evaluates (from 1 to 7) digital processes in the transformation of both public and private hospitals, which apply to them, and determines how digitalized they are, with the well-accepted accreditation and standard systems in the worldwide. Hospitals, which complete their digital processes up to six and seven levels, are graded. (19)

In the modelling of digital hospital, the primary aim is to use health information in an effective and easy way. (20) Due to the developments of mobile technologies, digital hospital system provides rapid access opportunity to patient record for physician, patient and other medical personnel from everywhere.

References

- [1] Bakkal S, Bakkal M, Kantar M. The effects of 1 November 2015 elections in Turkey on macro economy. *TURAN-SAM*. 2018;10(37):229.

- [2] Bakkal M, Bakkal S, Yıldırım H. Regional economic instabilities in turkey and ways of solution. *Journal of Social Sciences Studies*.2018 Mar;4(15):799-800.
- [3] Güleş HK, Özata M. Sağlık Bilişim Sistemleri. İstanbul: Nobel Publishing; 2005.
- [4] Demirhan A, Güler İ. Information and health. *International Journal of Informatics Technologies*. 2011;4(3):13-20.
- [5] Aktürk EB. Perception regarding ethical rules implemented in the context of corporate governance: A study in banking sector [Doctoral Dissertation]. İstanbul; Beykent University;2016.
- [6] Chen CH. Factors affecting physicians' use of medical informatics system. ProQuest. 2006
- [7] Raymond B, Dold C. Clinical information systems: achieving the vision. Kaiser Permanente Institute for Health Policy, Oakland. 2002.
- [8] Ball MJ. Hospital information systems: perspectives on problems and prospects, 1979 and 2002. *International Journal of Medical Informatics*. 2003;69(2):83-89.
- [9] Çolak HE, İnan H. Positional Database Health Information System Offer for Turkey. TMMOB (Union Of Chambers Of Turkish Engineers And Architects) Chamber of Survey and Cadastre Engineers 13th Turkey Surveying Scientific and Technical Congress 18-22 April 2011, Ankara.
- [10] Akbolat M. The Establishment Process of Hospital Information Systems Information Systems in Healthcare Organizations (Ed. A. Yılmaz), Eskişehir. 2013.
- [11] Akkoç L. An investigation of efficiency of Hospital Information Administration Systems on health care sector in Isparta province of Turkey. Doctoral dissertation, Social Sciences. 2009.
- [12] Pagliari C. "E-Health", open clinical knowledge management for medical care. 2005. Available from: <http://www.openclinical.org/e-Health.html>.
- [13] Lehnbohm E, McLachlan A, Brien J. E-Health: what are we talking about? *Internal Medicine Journal*. 2010:72.
- [14] Jung ML. From health to e-health: understanding citizens' acceptance of online health care Doctoral dissertation, Luleå tekniska universitet). 2008.
- [15] Republic of Turkey Ministry of Health. Statistical yearbook of health care institutions in 2006 [Internet]. Ankara; Republic of Turkey Ministry of Health. Available from: <http://dijitalhastane.saglik.gov.tr/TR,24483/dijital-hastane-calismalari.html>.
- [16] Öner F. Health information, health information system and digital hospitals in turkey. Master's Thesis. İstanbul: Beykent University. 2014.
- [17] Kılıçarslan M. Quality and Inpatient Satisfaction in Health Institutions X State Hospital Example. IBANES. 2017;3(3). Available from: http://www.ibaness.org/bnejss/2017_03_03/011_Kilicaslan.pdf
- [18] Dijital Hastane. Digital Hospital Vision [Internet]. İstanbul; Dijital Hastane. Available from: <http://www.dijitalhastane.org/>
- [19] Republic of Turkey Ministry of Health. Health-Net Web Page [Internet]. Ankara; Republic of Turkey Ministry of Health. 2017 [cited 2017 Sep 10]. Available from: <http://www.esaglik.gov.tr/DuyuruDetaylari.aspx?DuyuruId=575>
- [20] Kılıçarslan M. Quality and Inpatient Satisfaction in Health Institutions X State Hospital Example. IBANES. 2017;3(3).
- [21] Gong, X. eHealth: A New Economic Growth Point, A New Gold Mine. United Nations Public Administration Network. 2008:14. Available from <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/apcity/unpan031130.pdf>
- [22] E-Health Impact [Internet]. NHS Direct, UK – NHS Direct Online (NHSDO) Information Service. [2006].
- [23] E-Health Europe [Internet]. Telemedicine growing in use in Germany. [2007 Jun 18; cited 2017 Sep 21]. Available from: <http://www.ehi.co.uk/news/primary-care/2787>
- [24] E-Health Europe [Internet]. Italy's National Electronic Health Programme. [2007; cited 2017 Sep 20]. Available from <http://www.ehealthurope.net/Features/item.cfm?docId=201>
- [25] E-Health Europe [Internet]. PDA Software Lets Nursing Assistants Review Drugs. [2007 Oct 24; cited 2017 Sep 19]. Available from <http://ehealthurope.net/news/3150>
- [26] E-Health Europe [Internet]. Amsterdam to launch STD clinic online. [2011 Oct 22; cited 2017 Sep 20]. Available from <http://www.ehi.co.uk/news/primary-care/3114>
- [27] E-Health Impact [Internet]. IZIP, Czech Republic: A web-based, nation-wide electronic health record system. [2006 May 7; cited 2017 Sep 19]. Available from http://www.ehealth-impact.org/case_tool/show.php?doc=67
- [28] The Economic Times. More V-sat mobile units to connect hospital network. 2007.
- [29] Tsang S. Healing Hands, The healthcare industry provides cures for its own illness. 2007.
- [30] Wee D. Digital Ward - Innovating for the Hospital of the Future. *Synthesis Journal*. 2007:103.
- [31] Kaptanoğlu, R. Ö. (2018). "Marketing of Health Tourism in Turkey and the World", in "Studies on Balkan and Near Eastern Social Sciences", (Ed. R. Yılmaz), Volume 2, pp. 95-105. ISBN 978-3-631-74727-8 (Print)· E-ISBN 978-3-631-75333-0 (E-PDF) E-ISBN 978-3-631-75334-7 (EPUB)· E-ISBN 978-3-631-75335-4 (MOBI) DOI 10.3726/b13866@Peter Lang. <https://www.peterlang.com/view/9783631753347/xhtml/chapter09.xhtml>
- [32] Kaptanoğlu, R. Ö. (2018). "Customer Relations and Marketing in Health", in *New Approaches in Health Sciences*, pp. 154-179 (Chapter 6) (Ed. H. Eris, F. Bucak), Iksad Publications, November, ISBN-978-605-7923-21-9, <https://www.iksad.net/product-page/new-approaches-in-health-sciences>
- [33] Blazona B, Koncar M. (2004), HL7 and Dicom based integration of radiology departments with healthcare enterprise information systems. *International Journal of Medical Informatics*; 76(3): p.425-432.
- [34] Borzekowski R. (2009). Measuring the cost impact of hospital information systems: 1987-1994. *Journal of Health Economics*; 28(5):938-949.
- [35] Edward H. Shortliffe JJC. *Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine*. 2006, p. 475-511.
- [36] Güleş, H. K. (2013). The Place and Importance of Information Systems in Total Quality Management. *Dokuz Eylül University Journal of Faculty Of Economics And Administrative Sciences*,15(1).
- [37] Haux, R. (2006). Health information systems; past, present, future. *International Journal of Medical Informatics*, 75, 268–281.

- [38] Hevner, A. R., Salvatore T. M., Jinsoo P. ve Sudha R. (2006). Design science in information systems research. John Leslie King And Kalle Lyytinen (Eds.). In, Information Systems The State of the Field (ss. 191-232). West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- [39] Jaana M. (2005). Clinical information technology in hospitals: a comparison between the state of Iowa and two provinces in Canada. *International Journal of Medical Informatics*; 74(9):719-31.
- [40] Lillehaug S.I., Requirements for Integrating Effective Decision Support in Hospital Information systems , *Journal of Courseware Engineering*, 1998, Vol:1 , s: 21-30.
- [41] Mumcu G. (2011). Elektronik Sağlık Kayıt Sistemi: Sağlık Hizmetlerinde Bilişim Teknolojisinin Uygulama Alanları (Electronic Health Record System: Fields of Application of Information Technologies in Healthcare Services). Bedray Publishing, Ankara.
- [42] Tengilimoğlu, D., Işık, O. and Akbolat M. (2009). Sağlık İşletmeleri Yönetimi (Management of Healthcare Organizations). Ankara: Nobel Publishing



Dünyada ve Türkiye’de Sağlık Hizmetlerinin Dijital Pazarlanması

Menekşe Kılıçarslan^{1*}

^{1*} İstanbul Ayvansaray Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0580-8645), meneksekilicarslan@ayvansaray.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 3 Aralık 2019 ve Kabul Tarihi 31 Aralık 2019)

(DOI: 10.31590/ejosat.654715)

ATIF/REFERENCE: Kılıçarslan, M. (2022). Dünyada ve Türkiye’de Sağlık Hizmetlerinin Dijital Pazarlanması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (33), 396-399.

Özet

Dünyadaki değişiklikler dolayısı ile teknolojinin ilerlemesi diğer tüm sektörlerde olduğu gibi pazarlama sektöründe de pek çok değişikliği beraberinde getirmiştir. Geleneksel pazarlama anlayışı zaman içerisinde modern pazarlama anlayışına ve yavaş yavaş dijitalleşen bir anlayışa doğru dönüşmüştür. Dijital pazarlama bireysel taleplere yönelik bilgilerin de rahat şekilde toplanabilmesini, kişiye yönelik tanıtımlar yapılabilmesini mümkün kılmıştır. Sağlık sektöründe özelleşme ile birlikte yasaklara rağmen sağlık alanında da pazarlama çalışmaları yapılmış ve dönüşen tüm sektörel pazarlama taktikleri gibi dijitalleşme yolunda gelişim göstermiştir.

Sağlık sektörü hem emek yoğun olması hem de insan hayatı söz konusu olduğu için hata oranının olmaması gerektiği bir sektördür. Bu durum bu alanda yapılan tüm hizmet ve çalışmaların diğer sektörlerle nazaran daha hassas olması gerekliliğini kılmıştır. Özellikle sosyal medya kullanımı ve hizmet sunucuların sosyal medyadaki etkileşimi hastalar kadar bu alanda uzman hizmet sunucuların da birbirleri ile bilgi alış verişine vesile olup hizmetlerini daha iyi sunmalarını sağlamaktadır. Tüm bu bilgiler ışığında bu çalışmada, pazarlama ve dijital pazarlama kavramlarının tanımları kısaca yapılmış akabinde sağlık hizmetleri pazarlaması ile ilgili literatür çalışma yapılmıştır. Son olarak çalışmada medikal dijital pazarlama uygulamalarına yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pazarlama, Dijital Pazarlama, Sağlık Çalışanı İletişimi, Medikal Pazarlama

Digital Marketing of Health Services in the World and in Turkey

Abstract

Due to the changes in the world, the advancement of technology has brought many changes in the marketing sector as well as in all other sectors. The traditional marketing approach has evolved over time into a modern marketing approach and gradually to a digitalized understanding. Digital marketing has made it possible to easily collect information about individual demands and to make personalized promotions. Despite the prohibitions with privatization in the health sector, marketing studies were also carried out in the field of health and, like all sectoral marketing tactics, it has progressed towards digitalization.

The health sector is a sector where there should be no error rate because it is both labor-intensive and human life is in question. This situation necessitates that all services and studies in this field should be more sensitive than other sectors. In particular, the use of social media and the interaction of service providers on social media enable service providers who are experts in this field as well as patients to exchange information with each other and provide their services better. In the light of all this information, in this study, the definitions of the concepts of marketing and digital marketing were made briefly, and then a literature study on health services marketing was made. Finally, medical digital marketing applications are included in the study.

Key Words: Marketing, Digital Marketing, Healthcare Professional Communication, Medical Marketing

* Sorumlu Yazar: meneksekilicarslan@ayvansaray.edu.tr

1. Giriş

Pazarlama literatürde çokça incelenmiş üzerine çokça araştırma yapılmış bir kavramdır ve çoğu kavram gibi tanımı ile ilgili ortak bir kaniya varılmamıştır. Kimi araştırmacı pazarlamanın satış kısmına odaklanırken kimisi Pazar araştırması veya ürün odaklı pazarlama araştırmalarına yönelmiştir. Genel itibarı ile ürünün satılmasına yönelik yapılan tüm çalışmalar gibi algılansa da pazarlama kavramı aslında çok daha büyük bir alanı kapsamaktadır (Lee vd., 2007). Değişim son yıllarda oldukça hızlıdır ve bu hız git gide artmaktadır. Zorlu rekabet içerisinde olan işletmeler, başarılı olabilmek adına hedef pazarın beklentilerini iyi tespit etmeli ve rakiplerinin sunduğu ürün ve hizmetlerden bir adım önde olmalıdır. Mc Carty tarafından 60' yıllarda ortaya atılan pazarlama karması elemanları (ürün, fiyat, dağıtım, tanıtım) işletmeler tarafından bir silah olarak kullanılmıştır (Khan, 2014). Ancak değişen tüm koşullar gibi pazarlamanın temelleri ve stratejileri de değişime uğramıştır. Gittikçe dijitalleşen dünyada pazarlama da dijitalleşmiştir.

Kingsnorth (2019) dijital pazarlamayı sürekli gelişen ve büyüyen bir canavar olarak nitelendirmiştir ve bu canavar kol ve bacaklarını kuruluşların onlarca yıldır süre gelen süreçlerinin en derinlerine yaymaya devam etmektedir. Dijital pazarlama klasik karma elemanlarının yanı sıra ürün halkla ilişkilere ve neredeyse insan kaynaklarına yön veren iş kararlarının önemli bir parçası haline gelmiştir. Pek çok işletme pazarlama departmanından farklı bir dijital pazarlama departmanı oluşumuna gitmiş ve dijital pazarlamanın, pazarlamanın ayrılmaz bir parçası olduğunun kabulüne varmıştır ki bu kabule sağlık sektörü de dahildir.

Sağlık çok yönlü bir kavramdır ve sağlık sektöründeki pek çok disiplinin (tıp, sigortacılık, ilaç ve hastane endüstrisi vb.) her

biri sağlık ve pazarlama öncelikleri farklıdır. Disiplinlerin bakış açısı farklı olsa da ortak kabulleri ise dijital pazarlamanın ve dijitalleşmenin sağlık sektöründe de öncelikli ele alınması gerektiğidir.

2. Literatür

2.1. Pazarlamadan Dijital Pazarlamaya

Pazarlama literatürde çok uzun zamandır incelenen bir kavramdır ve pek çok alt boyutta ele alınmaya çalışılmış ve her bir alt boyutunda farklı tanımlanmıştır. Bahsi geçen pazarlama alt bileşenleri pazarlama karması elemanlarını meydana getirmiştir. Pazarlama karması elemanları Bordon ve Marshall tarafından (Bordon, 1957; Borden ve Marshall, 1959) popüler hale gelmiş olmasına rağmen Cullition (1984) kelimeyinin meydana getiricisi olarak kabul edilmiştir. Her üç yazar da şirketlerin kontrol edilebilir pazarlama hedeflerine ulaşabilmek için çok sayıda değişikliğe sahip olması gerektiği konusunda hemfikir olmuşlar hatta pazarlamacıların firincılar veya ressamlar gibi aynı temel bileşenlerden karışımlar geliştirdiklerini iddia etmişlerdir. Yazarlara göre pazarlama karmasının karışımlarını ifade eden bu karışımlar değişen derecelerde tüketicilere yönlendirilmektedir (Kaptanoğlu, 2020).

Bordon (1957) çalışmasında öğeleri; ürün, ambalajlama, fiyatlandırma, dağıtım, markalaşma, bireysel satış, hizmet, promosyon ve pazarlama araştırması olarak maddelendirmiştir. McCarthy (1960) çalışmasında maddeleri dörde indirmiş ve günümüzde 4P olarak bilinen ürün, fiyat, dağıtım ve tanıtım olarak sınırlandırmıştır. Bordon'dan bu yana pek çok yazar pazarlama karması elemanlarını farklı şekillerde sınıflandırmıştır. Pazarlama karmasının terminolojik gruplandırması Tablo 1'deki gibidir.

Tablo 1. Pazarlama Karması Elemanlarının Kronolojik Tarihi

Yazar (Zaman)	Pazarlama Karması Elemanları			
Frey 1956	Teklif	Yöntem ve Araçlar		
McCharty 1960	Product	Place	Price	Promotion
Staudt&Taylor 1965 Kelly&Lazer 1973	Ürün&Hizmet Karması	Dağıtım Karışımı		İletişim karışımı
Lipson&Darling 1971	Ürün Bileşeni Karışımı	Satış Bileşeni Karışımı Şartları	Dağıtım Bileşeni Karışımı	İletişim Bileşeni Karışımı

Kaynak: Bruner, G. C. (1988). The marketing mix: a retrospection and evaluation. Journal of marketing education, 10(1), s.31.

Zamanın dolayısı ile tüketimin ve teknolojinin hızlı değişimi gün geçtikçe 4P nin yeterli gelmemesine sebep olmuştur. Özellikle dağıtım, fiyat ve ürün elemanları her şeyi ifade etmemektedir. Promosyon ise çoğu zaman tüketiciler için yapılmış bir organizasyon olarak düşünülmektedir.

Dijital pazarlama teriminin ilk ortaya çıkması 1990'lara denk gelmektedir. Dijital anlamda ilk reklam afişi 1993 de başlamıştır ve 1994 de (Webcrawler) oluşturulmuştur. Bu işlem bilinen arama motoru optimizasyonunun başlangıcı olarak görülmektedir. Oldukça uzak bir tarih gibi görünse de bu olan Google'ın piyasaya

sürülmesinden 4 yıl önce Youtube'dan ise 10 yıl önce gerçekleşmiştir. 1999'dan sonra Google hızla devreye girmeye başlamış ve paralelinde internet çağı başlamıştır. Blackberry mobil e-postayı piyasaya sürmüş ve bu günkü sosyal medyanın başlangıcı olan MySpace ortaya çıkmıştır (Percival, 2008). Akabinde ortaya çıkan ve gün geçtikçe yaygınlaşan sosyal medya tüketicilerin tüm alışkanlıklarını değiştirmiştir. Sosyal medya ve hızlanan internet kullanımı sayesinde tüketicilerden toplanabilen bilgiler tüketicinin gerçek davranışının anlaşılabilir olduğu bir düzeye ulaşmıştır. Google hizmetlerinin inanılmaz düzeye gelmesi, televizyonların akıllı hale gelmesi ve bluetooth bağlantılar

yaşamın temel tüm alışkanlıkları ile birlikte tüketici davranışlarını da hızla değiştirmiştir (Kingsnorth, 2019). WEB 1.0 zamanında yaşanan bu değişimlerin ardından WEB 2,0 ortaya çıkmış ve beraberinde Facebook, Twitter, Instagram, Pinterest, Skype vb.

programları beraberinde getirmiştir. Dolayısı ile pazarlamanın stratejik modelleri Tablo 2’de görülen bir değişim ve dönüşüme uğramıştır

Tablo 2. Pazarlama Stratejisi Modelleri

Model	Özet
4P	Yerleşik pazarlama modeli
Porter’in 5 gücü	Rekabetçi konumlandırma
Marka Konumlandırma	Algısal konumu analiz etme
Müşteri Yaşam Boyu Değeri	Gerçek Müşteri Değerini Anlamak
Segmentasyon, Hedefleme ve Konumlandırma	Müşteriyi anlamak
Boston Danışmanlık Grubu Matrisi	Ürün kategorizasyonu

Kaynak: Kingsnorth, S. (2019). Digital marketing strategy: an integrated approach to online marketing. Kogan Page Publishers.

Dijital pazarlama çoğunlukla çevrimiçi pazarlama ile karıştırılsa da aslında aynı değildir. 21. Yüzyılın başlarında çoğu işletme bir WEB sayfasına sahip olmuş ve e-posta ile duyurum yaygın bir hal almıştır. Müşteri ilişkileri yönetiminin şirketler tarafından kullanılmaya başlandığı bu dönemde bazı kurumlar basın reklamlarına benzer web reklamları yayınlamış, ileri görüşlü bazı şirketler ise arama motoru stratejileri üzerine eğilmişlerdir ve tüm bunlar ilerleyen zamanlarda uzmanlarının oluşumuna yol açan çevrimiçi pazarlamayı oluşturmuştur (Kingsnorth, 2019).

2.2. Sağlık Hizmetleri Pazarlaması ve Dijitalleşme

Sağlık hizmetleri pazarlaması farklı bakış açıları ile karmaşık hale gelen kuramsal bir çerçeveye sahiptir. Kurumsal açıdan bakıldığında sağlık hizmeti; bir hizmet sistemidir. Pazarlamanın sağlık sistemi üzerindeki önemini ve etkilerini değerlendirmek de aynı karmaşaya sahiptir. Hasta bakış açısı ile farklı anlamlara hizmeti sunan kurum ve kuruluşların bakış açısı ile farklı anlamlara gelip farklı noktalara dikkat çekmek gerekebilir (Eriş vd. 2021). Bu bağlamda pazarlamanın amacının yüksek kar mı yoksa hasta refahı mı olması gerektiği önemli bir noktadır (Entoven & Tollen, 2005).

Bu bağlamda pazarlama araçları dikkate alınmalıdır. Pazarlama sağlık hizmetlerinin sistem olarak işleyişini önemli ölçüde etkilemektedir. Örneğin hizmet sunan hastanenin uzman bir hizmet sağlayıcı olarak markalaşması, hem hastaları hem de hastanede bulunan hizmet sunucularını iyi şekilde etkilemektedir. Sağlık hizmetlerinin pazarlanması hastalar ve sağlık hizmeti arasında önemli bir bağlantı kurarak sağlık bilgilerinin yayılmasına yardımcı olmakta ve sisteminde önemli bir rol oynamaktadır. Her bir sağlık tüketicisinin beklentisi farklı olabilir ve bu durumun gözden kaçırılmış olması sistemin çalışmasına sekte vurmaktadır (Kay, 2007).

Zaman içerisinde hem ülkemizde hem de tüm dünyada sağlık sektöründeki rekabet de ön plana çıkmıştır. Tıbbi kurumların marka görünürlüğünü artırmak için pazarlama ve tanıtım kullanımı gerekli bir ticari önlem haline gelmiştir. Tüketicilerin tıbbi mesajlar alması ve ziyaret etmeyi seçmesi için karar verme

süreci farklılık göstermektedir. Tıbbi pazarlamanın yolu da geleneksel pazarlama yöntemlerinden daha çeşitlendirilmiş dijital pazarlama yöntemlerine doğru değişmiştir (Hung, 2019).

Sağlık hizmetlerinde dijital teknolojilerin oluşturduğu güç, hem bilgi arayışında hem de dijital teknolojilerin uygulanmasında önemli değişikliklere yol açmıştır (Kaptanoğlu, 2020). Teknoloji doktor hasta ilişkisini değiştirmiş hatta bazen tersine çevirmiştir. Gerek sosyal medyada gerekse bloglarda oluşturulan içerikler pazarlama anlayışını diğer sektörlerde olduğu gibi sağlık sektöründe de etkilemiştir. Sağlık hizmetlerinde dijitalleşmenin önemli olumlu etkilerinden biri toplumun sağlığa yönelik riskleri erken tanınması ve değerlendirmesi olarak söylenebilmektedir. Özellikle salgın hastalıkların önlenmesinde bu durum son zamanlarda yaşanan Covid-19 salgınında da görüldüğü gibi toplumun bilinçlenmesine ve dikkat kesilmesi gereken noktaları ön plana çıkarmasına vesile olmuştur (Bello vd. 2016). Sağlıkta dijital dönüşümün en ilginç özelliği bilginin paylaşılması ve yeni objektif bilgi üretimine yol açmış olmasıdır.

2.3. Türkiye ve Dünyada Dijital Sağlık Pazarlaması Örnekleri

Günümüzde mobil sağlık hizmet sunumunun ülkemizde hem kamu hem de özel sağlık sektöründe uygulanıyor olması, ülkemizde özellikle özel sağlık hizmetleri sunucular için önemli bir dijital pazarlama aracı haline getirmiştir. Sosyal medyada sürekli uzmanlar tarafından yapılan tanıtımlar ayrıca hastaların almak istedikleri sağlık hizmetini ve alacakları hizmet sunucuyu önceden takip edip deneyimlemeden bilgi almalarını sağlamaktadır. Ülkemizde kamu ve özel sağlık kurumları karşılaştırıldığında mobil üzerinden erişim her iki hizmet sunumunda da kullanılıyor olsa da özel hizmet sunucuların dijital pazarlama anlamında daha ileride oldukları gözlemlenmektedir.

İspanya’da ki hastaneler özel ve kamu sağlık hizmeti açısından internet kullanımı yoğunluğuna bakıldığında ülkemizde olduğu gibi özel sağlık hizmeti sunan kurumların daha ön planda olduğu gözlemlenmektedir. Bu ülkede hastanelerin sosyal medyadaki varlığı diğer ülkelere göre nispeten daha düşük olsa da etkililik oranı fazladır. Hastanelerde sosyal medya kullanımına yönelik eğitim verilerek kullanımı artırılmaya çalışılmaktadır (Martinez vd., 2017).

Arizona'da bulunan Mayo Clinic merkezinde çalışan doktorlar sosyal medyayı aktif şekilde kullanarak dijital pazarlama yapmışlardır. Bu durum hem hekimler arası iletişimi hem de takipçiler vesilesi ile alınacak hizmet hakkında pazarlama kaynağından bilgi alınabilmesini sağlamıştır (Kotsenas vd., 2018).

Knighon sağlık sisteminin dijital pazarlanmasında özellikle iletişimde dijitalleşmeye dikkat etmiştir. Avustralya'da bulunan Memorial hastanesi yöneticileri dijital reklam panoları oluşturarak hastane hedef kitlesi ile iletişimi dijitalleştirilmiş, bu sayede gün boyu istediği reklamı panolar vasıtası ile verebilmiş ve talebe yönelik anlık mesaj değişimi yapabilmektedir. Hastane yöneticileri oluşturmuş oldukları sistemin tek negatif yanının hastaların görüş ve düşünceleri hakkında anlık geri bildirim alınamaması olduğunu belirtmişlerdir (Elrod & Fortenberry, 2018).

Amerika'da sosyal medya kullanan hastanelerin daha itibar sahibi hastaneler olduğuna dair bir yaygın görüş vardır. Dünyanın en iyi hastaneleri sıralamasında sosyal medyayı aktif olarak kullanan hastanelerin ön sıralarda olduğu izlenmektedir (Triemstra vd., 2018).

Kanada'da hamile kadınlar web üzerinden uzman hekimlerden destek almakta bunun yanı sıra sosyal medya üzerinden bilgi edinmektedir. Sosyal medya üzerinden elde edilebilecek her bilginin güvenilir olmaması ihtimaline karşın Kanada'da düşük maliyetli ve güvenilir bilgi içeren dijital sağlık platformları oluşturulmuş ve özellikle hamile kadınlar bahsi geçen platformlara yönlendirilmiştir (Graham vd., 2019).

3.Sonuç

Dijital devrim pazarlamanın bilinen tüm alışkanlık ve kabullerini derinden sarsmıştır. Müşterilerin kendi fiyatlarını önerebildiği priceline.com veya alıcı ve satıcıların açık artırmada rahatlıkla pazarlık yapabildiği E-Bay bu duruma verilebilecek en güzel örneklerdendir. Tüm bu değişimlerin ışığında mükemmel bilgiye yakınlamanın markalara güç kazandırıp kazandırmadığı, gerçek pazarlama araştırmasının ne ifade ettiği gibi soruları cevaplandırmak ise gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Nicolas Negroponte "Dijital Olmak" kitabında bir televizyon ekranı ile bir bilgisayar ekranı arasındaki tek farkın artık boyutu olacağını belirtmiştir. Yazara göre eskiden kitle iletişim aracı olan televizyon ekranlarının yerine bilgisayar ekranları geçmiştir ve iki yönlü iletişim aracı haline gelmiştir. Yazarın tespiti oldukça yerindedir ve günümüz teknolojisinde bir cep telefonunun ekranı da aynı işlevi rahatlıkla görmektedir. Dijital araç ve gereçler tüketici ile ilgili gerekli tüm bilgileri çekebilme ve ekonomi internet tarafından güçlenebilmektedir. Günümüz dünyasındaki hiçbir işletme coğrafî sınırlarına bağımlı değildir (Wind & Mahajan, 2002).

Çalışmada da üzerinde sıklıkla durulduğu üzere gelişen ve değişen dünya tüm yaşam standartlarını değiştirmiş ve firmalar için rekabet gün geçtikçe daha çetrefilli bir hal almıştır ki sağlık sektörü de bu durumdan nasibini alan sektörlerdendir. Dijitalleşen dünya eylem ve süreçleri de dijitalleştirmiştir. Ülkemizde son yıllarda sağlık alanında özellikle ilaç sektöründe ve hastanelerde dijital pazarlama uygulamalarının daha da artmış olduğu gözlemlenmektedir.

Kaynakça

- Bello-Organ, G., Jung, J. J., & Camacho, D. (2016). Social big data: Recent achievements and new challenges. *Information Fusion*, 28, 45–59
- Borden, N. H. and Marshall, M. (1959), *Advertising Afangement: Text und Cases*, Homewood, IL: Richard D. Irwin, Inc.
- Bruner, G. C. (1988). The marketing mix: a retrospection and evaluation. *Journal of marketing education*, 10(1), 29-33.
- Culliton, J. W. (1948), *The bfanagement of hfarketing Costs*, Boston: Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University
- Elrod, J. K., & Fortenberry, J. L. (2018). Healthcare establishments as owner-operators of digital billboards: making the most of excellent roadside visibility and high traffic counts to better connect with patients. *BMC health services research*, 18(3), 29-40.
- Entoyen A, Tollen L. (2005). Competition in healthcare: it takes systems to pursue quality and efficiency. *Health Aff*; 24: 420–33.
- Hüseyin, E. R. İ. Ş., Havlioğlu, S., & Miyaser, K. A. Y. A. (2021). The Effect of Mobile Phone Use of Universty Students on Their Academic Success. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 433-438.
- Hung, H. H. (2019). *Digital Marketing in Medical Service Industry—A Case Study of C Ophthalmology Clinic*.
- Kaptanoğlu- R.Ö.. (2020) *Hope for High Quality Connections in the Workplace*, in "Studies on Balkan and Near Eastern Social Sciences", (ed. Rasim Yılmaz), Volume 4, 2020: 119-134
- Kay, M. J. (2007). Healthcare marketing: what is salient? *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*.
- Khan, M. T. (2014). *The concept of marketing mix'and its elements* (a conceptual review paper). *International journal of information, business and management*, 6(2), 95.
- Kingsnorth, S. (2019). *Digital marketing strategy: an integrated approach to online marketing*. Kogan Page Publishers.
- Kotsenas, A. L., Aase, L., Arce, M., Timimi, F. K., Dacy, M., Young, C., & Wald, J. T. (2018). The social media DNA of Mayo Clinic—and health care. *Journal of the American College of Radiology*, 15(1), 162-166.
- Lee, N., Broderick, A. J., & Chamberlain, L. (2007). What is 'neuromarketing'? A discussion and agenda for future research. *International journal of psychophysiology*, 63(2), 199-204.
- Martínez-Millana, A., Fernández-Llata, C., Bilbao, I. B., Salcedo, M. T., & Salcedo, V. T. (2017). Evaluating the social media performance of hospitals in Spain: A longitudinal and comparative study. *Journal of medical internet research*, 19(5), e181.
- McCarthy, E. J. (1960), *Basic kfarketiig: A fanageriai Apprcmch*, Homewood, IL: Richard D. Irwin, Inc.
- Percival, S. (2008). *MySpace Marketing: Creating a Social Network to Boom Your Business*. Pearson Education.
- Triemstra, J. D., Poeppelman, R. S., & Arora, V. M. (2018). Correlations between hospitals' social media presence and reputation score and ranking: Cross-sectional analysis. *Journal of medical internet research*, 20(11), e289.
- Wind, J., & Mahajan, V. (2002). Digital marketing. *Symphonya. Emerging Issues in Management*, (1), 43-54.



Kendinden Kanatlı (Finli) Borulu Ekonomizerlerin Termal Performansa Etkisi

Ayşegül Balıkcı^{1*}, Berna Çeri², Tarkan Koca³

^{1*} Mimsan Endüstri Kazanları A.Ş., Malatya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-8136-4484), aysegulbalikcii@gmail.com

² Mimsan Endüstri Kazanları A.Ş., Malatya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0454-6495), bernaceri@hotmail.com

³ İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Bölümü, Malatya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6881-4153), tarkankoca@inonu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 30 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 31 Ocak 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1051048)

ATIF/REFERENCE: Balıkcı, A., Çeri, B. & Koca, T. (2022). Kendinden Kanatlı (Finli) Borulu Ekonomizerlerin Termal Performansa Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 400-406.

Öz

Enerji kaynaklarının çok önemli olduğu günümüzde enerji kaynaklarını yoğun kullanan sektörlerde baca gazının atık ısı geri kazanımı için alternatif sistemler uygulanmaktadır. Uygulanan alternatif sistemleri ile ısı kayıpları minimum düzeye getirilmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmada kendinden kanatlı (finli) borulu ekonomizer kullanılarak termal performans artırılmaya çalışılmıştır. Çalışma hem deneysel hem de nümerik olarak yapılarak karşılaştırılmıştır. Termal performansı ölçebilmek için deney seti kurulmuştur. Ayrıca ısı transfer analizi için Solidworks Flow Simulation programı, performans ölçümü için FireCAD programı kullanılmıştır. Çalışmanın diğer çalışmalardan en önemli farkı, kanat aralık mesafeleri değiştirilerek farklı tip finli boruların kullanılmasıdır. Kanat aralıkları 5, 10 ve 14 mm olarak belirlenmiştir. Kanat aralıklarına göre tüm borularda ısı transferleri ve basınç düşümleri için hesaplamalar yapılmıştır. Ekonomizer performansına en iyi etki de bulunan fin aralığı teorik ve deneysel olarak incelenip gözlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen çıktılar tablo ve şekil halinde verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isı Değiştiriciler, Ekonomizer, Isı Transferi.

Impact of Self-Winged (Finnish) Tubular Economizers on Thermal Performance

Abstract

Today, where energy sources are very important, alternative systems are applied for waste heat recovery of flue gas in sectors that use energy resources intensively. With the alternative systems applied, heat losses are tried to be minimized. In this study, thermal performance was tried to be improved by using self-winged (finnish) tubular economy. The study was compared both experimentally and numerically. An experimental set has been set up to measure thermal performance. Solidworks Flow Simulation program for heat transfer analysis and FireCAD program for performance measurement were also used. The most important difference of the study from other studies is the use of different types of fin pipes by changing the wing range distances. The wingspans are 5,10 and 14 mm. Calculations were made for heat transfers and pressure drop in all pipes according to wing ranges. The finnish range, which also has the best effect on economic performance, has been examined and observed theoretically and experimentally. The results obtained as a result of the analyses are given in tables and figures.

Keywords: Heat Exchanger, Economizers, Heat Transfer.

* Sorumlu Yazar: aysegulbalikcii@gmail.com

1. Giriş

Isı değiştiricileri farklı sıcaklıklardaki iki akışkan arasındaki ısı aktarımını sağlayan ısılı cihazlardır. Isı değiştiricileri güç üretimi, taşıt araçları, ısı depolamasında, üretim endüstrisi, elektronik, gıda ve kimya sanayi, proses, çevre mühendisliği, iklimlendirme, enerji üretimi, atık ısının geri kazanılması, soğutma ve uzay uygulamaları gibi çok geniş kullanım alanlarına sahiptir. Isı değiştiricileri ısı geçiş şekli, konstrüksiyon yapısı, ısı geçiş mekanizması, akış düzeni, akış türü, akış sayısı gibi kriterlere göre sınıflandırılmaktadır. Isı transfer miktarı ve basınç düşüm değerleri ısı değiştiricileri tasarımında oldukça önemlidir. Yüksek ısı üretimi ve tüketimi olan bir çok endüstriyel tesislerde dışarıya atılan yüksek miktarda ısı enerji ortaya çıkar. Bu ısıdan faydalanabilmek için bir çok işletmede atık sıcak sıvı ve gaz akışkanlardan ısı geri kazanım uygulamaları yapılmaktadır. Farklı ısı geri kazanım teknikleri ile enerji kaybı geri kazanılabilmektedir. Kazanılan bu enerji ile genellikle taze hava ortama gönderilmeden önce belirlenen sıcaklık değerine göre ısıtılır ya da soğutulur. Isı geri kazanımın uygulamalarında temel olarak uygulama, düşük sıcaklıklı ortamlarda taze havanın ısıtıcı bataryaya ulaşmadan önce biraz ısıtılması veya yüksek sıcaklıklı ortamlarda taze havanın soğutucu bataryaya ulaşmadan önce biraz ısıtılması şeklindedir. Dış hava ve iç hava arasındaki farkların daha fazla olduğu yer ve zamanlarda daha fazla kazanç elde edilir.

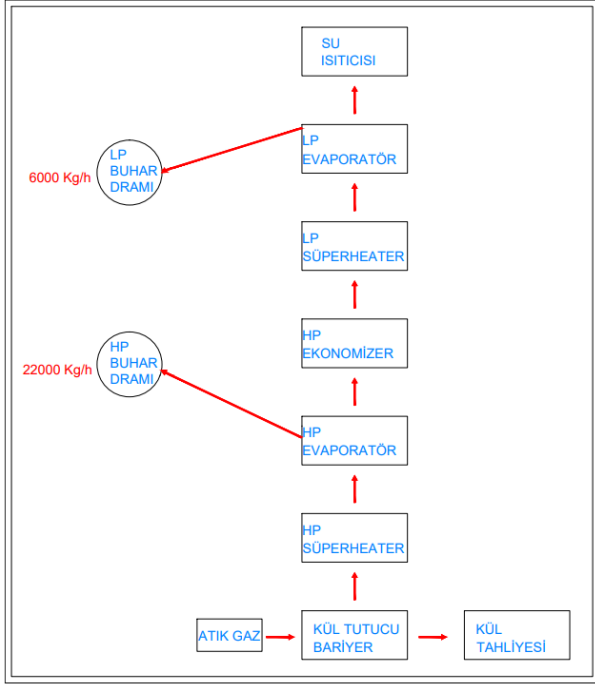
Ekonomizerler, kazandan gelen atık baca gazının ısısından faydalanarak kazan besleme sistemi ile akışkanı ısıtan ısı değiştiricilerdir. Ekonomizerler, kazanalardan bacaya verilen gazlar üzerinde bulunan ısının bir kısmını sirküle ederek suya aktarılmasını sağlar ve böylece geri kazanım elde etmiş olur. Ekonomizerler buhar kazanları, kızgın yağ kazanları, sıcak ve kızgın su kazanları gibi sistemlerde besleme yolu ile akışkanı ısıtarak kazan verimliliğini artırarak yakıt tasarrufu sağlamaktadırlar. Besleme yolu ile kazanılan ısı, tesislerin kullanım amacına göre ısıtma ve sıcak su ihtiyaçlarında kullanılmaktadır. Ekonomizerler duman borulu ve su borulu olan tiplerde üretilmektedir. Duman borulu ekonomizerlerde, duman gazı, boru içinden akarak ısı transfer miktarını düşürür. Bu durum da kapladıkları hacim fazla olup buna bağlı olarak burada delinmeler erken oluşur. Ekonomizer de ısı transfer yüzey alanını ve ısı aktarım hızını en yüksek seviyeye çıkarmak için metalik kanatlarla kaplı borular kullanılmaktadır. Ekonomizerler tip ve yapı özelliklerine göre düz veya firkete borulu, kanatlı borulu ve helezon ve spiral Borulu ekonomizerler olarak sınıflandırılırlar. Düz veya firkete borulu ekonomizerler; kömür, fuel oil vb. yakıtlardan elde edilen kirli duman gazlarından ısı geri kazanımı elde ederler. Kanatlı borulu ekonomizerler ise doğal gaz, LPG vb. yakıtlardan elde edilen temiz duman gazları ve sıcak havayı ısı geri kazanımı elde etmek amaçlı kullanılırlar. Helezon ve spiral borulu ekonomizerler; duman gazlarının kirlilik durumlarından etkilenmeyen yapıda olduklarından her türlü atık gazlarda kullanılırlar. Isıtma yüzeyi için kullanılan boruların çapı 1" ve 2" aralığındaki dikişli veya dikişsiz borulardan seçilebilirler. Doğru malzeme kullanımı uygulama şartlarına göre önem taşımaktadır. Boru dizilimleri kare veya şaşırtmalı olabilir. Şaşırtmalı dizilim ısı transfer miktarına göre daha iyi basınç düşümü sağlar. Doğalgaz gibi temiz yakıtlarda da tercih sebebi olmaktadır. Kare diziliş partikülü fazla olan uygulamalarda kullanımı tercih edilir.

Sıvı-gaz akışkanlı ısı değiştirilerde ekonomizerler havayı ısıtma veya soğutma işleminde kullanılırlar. Borunun iç kısmından sıvı akışkanın geçişi sağlanırken, dış kısmından gaz akışı sağlanmaktadır. Bundan dolayı kanatlar borunun dış kısmına yerleştirilir. Isı transferindeki düşüşe bağlı olarak borunun hem dış kısmına hem de iç kısmına kanatların yerleşimi sağlanır. Boru içine kanatlar genelde evaporatör ve kondenserler de yerleştirilir. Boru üzerine kanat yerleşimi lehim, kaynak, sıkı geçme veya sarma tutturma işlemleri ile gerçekleştirilir. Boru ve kanat malzemesine göre ısı değiştiricilerin kullanım sıcaklığı bu tutturma işlemlerine bağlıdır. Tokgöz ve arkadaşları (2019), bu çalışmada doğalgaz yakıtlı bir kazanda baca gazındaki ısı geri kazanım performansını araştırmışlardır. Baca gazındaki ısıdan faydalanmak için reküperatör tasarlanmışlardır. Yapılan analizler sonucunda sistemin 15 yıllık ekonomik ömrü için toplam yakıt tasarrufu miktarını belirtmişlerdir. Uysal (2019), bu çalışmada otomotiv fabrikasında atık ısıdan yararlanarak verimliliği artırmak amacıyla ekonomizer tasarlanmıştır. Elde edilen verileri değerlendirmiş ve sonuç olarak tesisin doğalgaz tüketiminin %10-12 oranında azalacağını ve geri ödeme süresinin de 2,76 yıl olacağını belirtmiştir. Hüseyin (2013), bu çalışmada sanayide enerjiyi verimli kullanabilmek adına atık ısı geri kazanımı çalışması yapmıştır. Ray ve profil haddehanesi tav fırınında ekonomizer ile atık ısı kazanım çalışması yapılmıştır. Çalışmada baca gazı ölçümleri yapılmış ve ekonomizer verimi %84 olarak tespit etmiştir.

Yapılan bu çalışma da ısı değiştirici modellemesi için çeşitli geometriler tasarlanmıştır. Isı değiştiricisi finli boru tipi için belirlenen toplam üç farklı geometride, en etkin ve verimli ısı değiştirici tipinin belirlenebilmesi için Solidworks programında Simülasyon Analiz ve FireCAD programı ile termal tasarım ve performans hesaplamaları yapılmıştır. Ayrıca deneysel olarak da çalışılmış ve değerler karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Yapılan bu çalışmada finli borulu ekonomizerin ısı transferi ve basınç kaybına etkisi araştırılmıştır. Finli boru ana elemanları iki boru ve levhalardan oluşmaktadır. Boru çapı Ø42.4 mm'den olup borunun uzunluğu 1 metredir. Boruya bağlı olan kanat levhalarının uzunluğu 196 mm olup et kalınlıkları 1.5 mm'dir. Borunun dış kısmına yerleştirilen kanat levhaları gaz ark kaynağı ile birleştirilmiştir. Boru iç kısmına giren suyun sıcaklığı 132 °C, hızı 5 m/s ve basıncı 10 bar'dır. Borunun dış kısmından geçen kanatlara etki eden gazın giriş sıcaklığı 205°C'dir. Kanat aralıkları 5 mm, 10 mm, 14 mm'den oluşan kanatçıklar Ø42.4 mm çaptaki 1 metrelik boruya dizilimi yapılarak analiz değerlendirilmesi yapılmıştır. Endüstriyel tesislerde ekonomizerlerin çalışma prensibi tesislerin üretim gücünü göre değişmektedir. Atık ısı kazanlar ile enerji geri kazanımı ortaya çıkmakta ve üretim düşürülmeden ihtiyaç duyulan enerjinin azaltılması sağlanmaktadır. Yapılan çalışmada ekonomizer atık ısı kazanı ön ısıtıcı işleminde kullanılmaktadır. Şekil 1' de görüldüğü gibi atık ısı kazanı çalışma prensibine göre sisteme giren atık gaz, kül tutucu bariyerlerden geçerek süperheater olarak adlandırılan yüksek basınçlı kızdırıcıda buhar çevriminin artırılmasını sağlar. Kızdırıcılardan çıkan gaz evaporatöre ulaşır ve soğutma işlemi gerçekleştirilir. Evaporatörde soğutma işlemi uygulanan gaz, ekonomizere geçiş yapar ve ısıyı geri kazanım sağlattırarak düşük basınçlı kızdırıcıya gönderilir. Kızdırıcı sonrası elde edilen buhar sisteme verilerek verimliliğin artırılması sağlanır.



Şekil 1. Atık Isı Kazanı İş Akış Şeması (Figure 1. Waste Heat Boiler Workflow Chart)

Kendinden kanatlı finli borunun ekonomizer içerisindeki boru kanat montaj görünümü Şekil 2.'de verilmiştir.



Şekil 2. Kendinden Kanatlı (Finli) Borulu Ekonomizer (Figure 2. Self-Winged (Finnish) Tubular Economizer)

Bu çalışmada atık ısı kazanına bağlı ekonomizer tipi ısı değiştiricisi tasarımı yapılmıştır. Akışkanların giriş, çıkış sıcaklıkları ve kütleli debileri bilinmesi durumunda adım adım hesaplamaları yapılmıştır.

- Logaritmik sıcaklık farkı bulunur.

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad (1)$$

$$\Delta T_1 = T_{1g} - T_{2ç} \quad (2)$$

$$\Delta T_2 = T_{1ç} - T_{2g} \quad (3)$$

- Boru ve gövde tarafı debiler için ısı yükü hesaplanır.

$$Q = [\dot{m}_1 \cdot c_{p1} \cdot (T_{1ç} - T_{2ç})] = [\dot{m}_2 \cdot c_{p2} \cdot (T_{1g} - T_{2g})] \text{ (sıvı)} \quad (4)$$

$$Q = \dot{m} \cdot h_{sb} \text{ (buhar)} \quad (5)$$

- Boru tarafı için ısı taşınım katsayısı hesaplanır.

$$\text{Reynolds sayısı, } Re = \frac{v \cdot d_{iç}}{\nu} \quad (6)$$

$$\text{Prandtl sayısı } Pr = \frac{\nu}{\alpha} \quad (7)$$

$$\text{Nusselts sayısı } Nu = \frac{h_i \cdot d_{iç}}{k} \quad (8)$$

- Isı değiştiricisi toplam yüzey alanı, n bir geçişteki toplam boru sayısı,

$$Q = \Delta T_m \cdot A \cdot K_D \quad (9)$$

- Isı değiştiricisi boru uzunluğu,

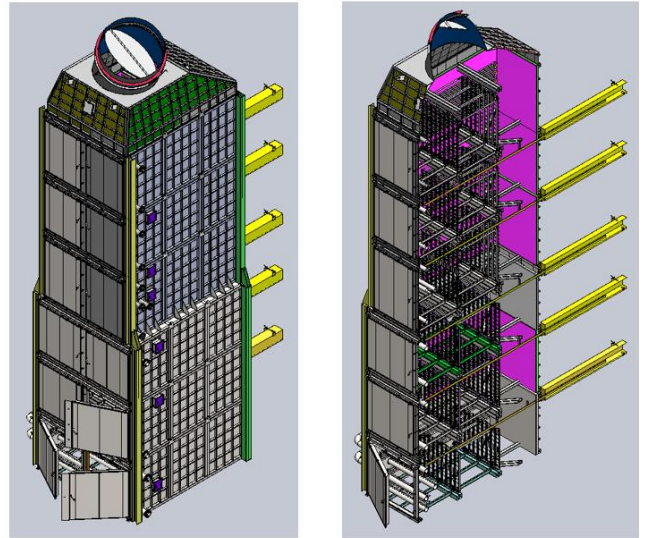
$$L = \frac{A}{d_{iç} \cdot \pi \cdot n} \quad (10)$$

- Boru içindeki basınç düşümü, V boru içindeki akışkan hızı m/s,

$$\Delta P = \frac{L \cdot f_l}{d_{iç}} \rho \frac{v^2}{2} \quad (11)$$

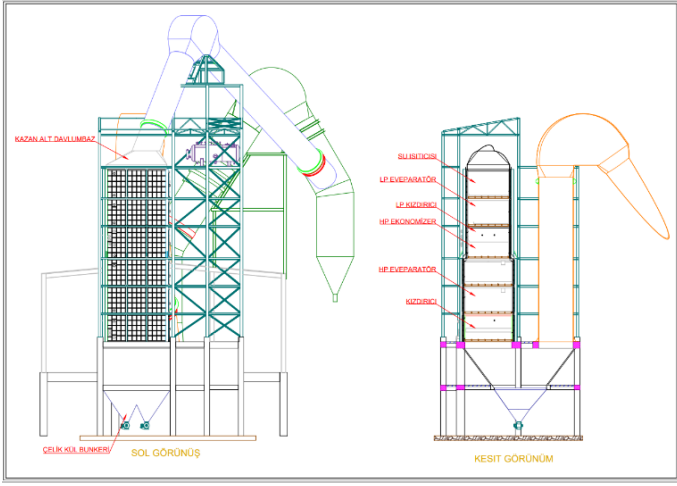
Hesaplamaları yapılmıştır.

Yapılan hesaplamalar doğrultusunda atık ısı kazanının tasarımı belirlenerek 3 boyutlu görünümü Solidworks programında çizilmiştir. Kazanın ön ve kesit görünümü Şekil 3.'te verilmiştir.



Şekil 3. Atık Isı Kazanının 3 Boyutlu Ön ve Kesit Görünümleri (Figure 3. 3D Front and Section Views of Waste Heat Boiler)

Atık ısı kazanının 3 boyut görünümü sonrasında projelendirme yapılarak 2 boyutlu görünümü hazırlanmıştır. 2 boyutlu projeye göre atık ısı kazanının işletmede yerleşimi Şekil 4.'te verilmiştir.



Şekil 4. Atık Isı Kazanı 2 Boyutlu Sistem Şeması Sol ve Kesit Görünümü (Figure 4. Waste Heat Boiler 2D System Diagram Left and Cross Section View)

Bu çalışma kapsamında atık ısı kazanında yer alan ekonomizere bağlı kendinden kanatlı finli borunun kanat aralığı teorik olarak hesaplanmıştır. İşletme olarak Nuh Çimento'ya ait atık ısı kazanında bulunan ekonomizerin performansı incelenmiştir. Atık ısı kazanının dış görünümü Şekil 5.'te verilmiştir.

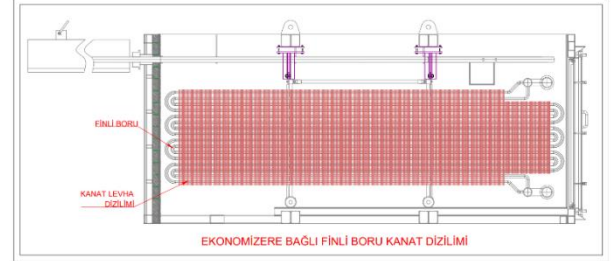


Şekil 5. Atık Isı Kazanı Tesis Görünümü (Figure 5. Waste Heat Boiler Plant View)

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

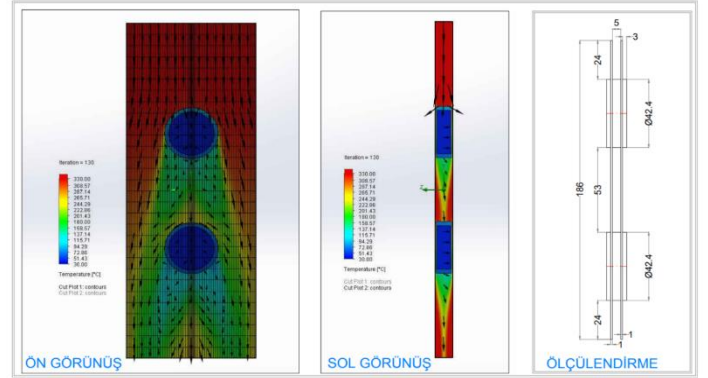
Yapılan analiz çalışmasına bağlı olarak ısı değiştiricilerin tasarımı en önemli parametreleri ısı transfer performansı ve basınç kaybıdır. Çalışmada 3 farklı kanat aralığında kendinden kanatlı finli borulu ekonomizer imal edilmiş olup, her biri için analizler yapılmıştır. Yapılan analizlerde sabit olan parametreler; su için giriş sıcaklığı 132°C, basıncı 10 bar, hızı 5 m/s ve gaz

için giriş sıcaklığı 205°C, hızı 0,8 m/s 'dir. Değişken parametreler ise boruya montajı yapılan kanat aralığıdır. Isı transfer ve hız ölçüm için kullanılan FireCAD programı ile ısı performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışma sonucunda analiz modelleme işlemi Solidworks Flow Simülasyon programında gerçekleştirilmiştir. Finli borunun ekonomizerdeki yerleşimi Şekil 6'da kesit görünüm halinde verilmiştir



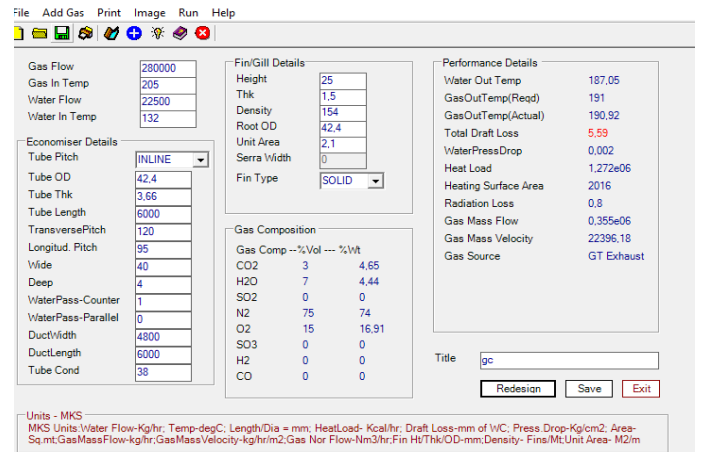
Şekil 6. Kendinden Kanatlı (Finli) Boru'nun Ekonomizerdeki Yerleşim Görünümü (Figure 5. View of Self-Winged (Finnish) Pipe in Economy)

1 metre uzunluğundaki finli borunun çapı Ø42.4 mm, kanat dizilim aralığı 5 mm, kanat levha sayısı 154 adet, kanat levha et kalınlığı 1.5 mm ve kanat levhanın uzunluğu 196 mm olup analiz sonuçları Şekil 7' de verilmiştir.



Şekil 7. Finli Boru Kanat Aralığı 5 mm (Figure 7. Finned Pipe Wing Range 5 mm)

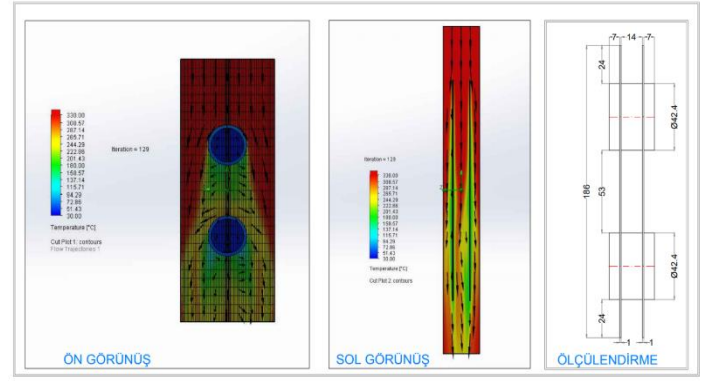
Finli borunun kanat aralığının 5 mm ve kanat sayısının 154 adet olarak alındığı ekonomizer için FireCAD programında sabit parametre değerleri programa girilerek performans değerleri hesaplanmıştır. Şekil 8'de performans analiz sonuçları görülmektedir.



Şekil 8. FireCAD Program Ekonomizer Performans Etkisi-1 (Figure 8. Program Economy Performance Impact-1)

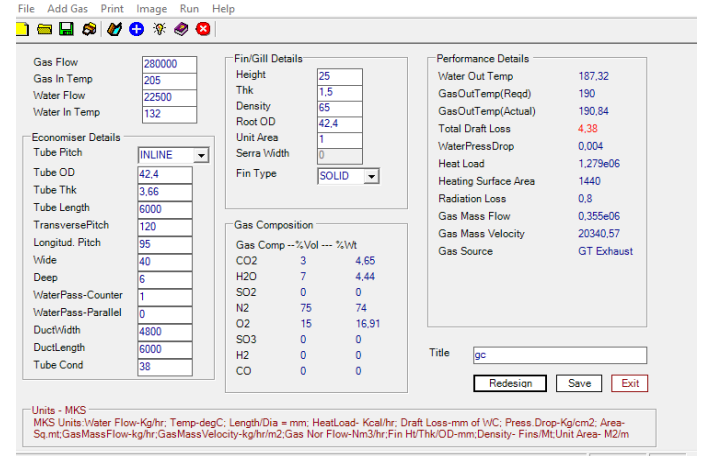
Hesaplama sonuçlarına göre basınç kaybı 4.62 mmSS, ısıtma yüzey alanı 1560 m², gaz çıkış sıcaklığı 191°C ve su çıkış sıcaklığı 187°C olarak bulunmuştur.

1 metre uzunluğundaki finli borunun çapı Ø42.4 mm, kanat dizilim aralığı 10 m, kanat levha sayısı 87 adet, kanat levha et kalınlığı 1.5 mm ve kanat levhanın uzunluğu 196 mm olup, analiz sonuçları Şekil 9’ da verilmiştir.



Şekil 11. Finli Boru Kanat Aralığı 14 mm (Figure 7. Finned Pipe Wing Range 14 mm)

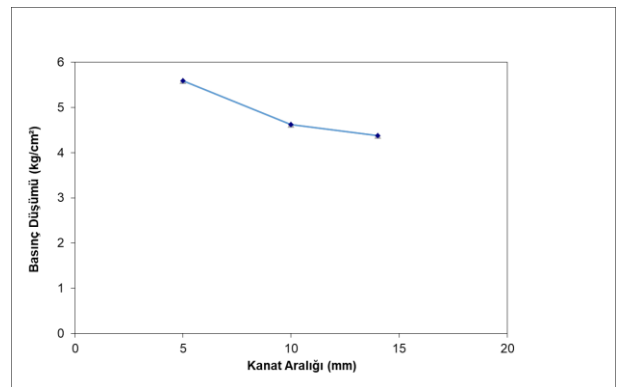
Finli borunun kanat aralığının 14 mm olarak alındığı ekonomizer için FireCAD programında sabit parametreler girilerek performans değerleri hesaplanmıştır. Şekil 12’de analiz sonuçları görülmektedir.



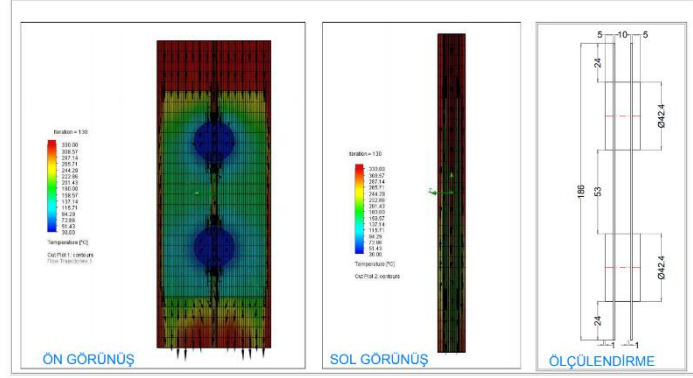
Şekil 12. FireCAD Program Ekonomizer Performans Etkisi-3 (Figure 11. Program Economy Performance Impact-3)

Firecad Programı ile su akışı (water flow) ve gaz akışı (gas flow) değerleri girilerek performans değerleri ve baca gazından çıkacak olan emisyon değerleri hesaplanmaktadır. Hesaplama sonuçlarına göre basınç kaybı 4.38 mmSS, ısıtma yüzey alanı 1440 m², gaz çıkış sıcaklığı 190°C ve su çıkış sıcaklığı 187°C olarak bulunmuştur.

Veriler sonucunda 5, 10 ve 14 mm kanat aralığına göre basınç fark grafiği Şekil 13’te verilmiştir.

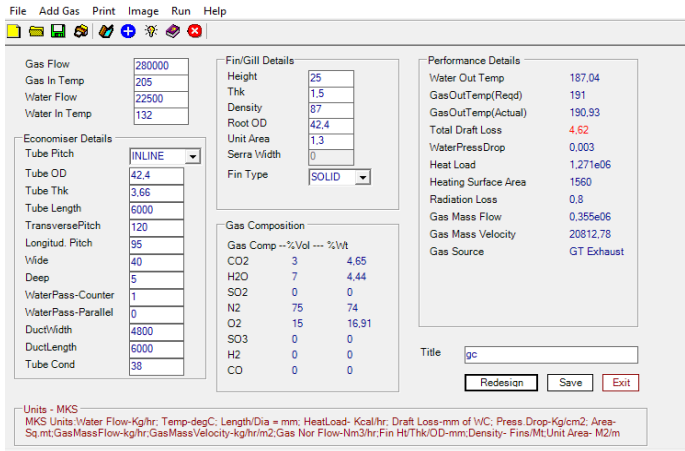


Şekil 13. Basınç Fark Grafiği (Figure 13. Pressure Difference Chart)



Şekil 9. Finli Boru Kanat Aralığı 10 mm (Figure 9. Finned Pipe Wing Range 10 mm)

Finli borunun kanat aralığının 10 mm ve kanat sayısının 154 adet olarak alındığı ekonomizer için FireCAD programında sabit parametre değerleri programa girilerek performans değerleri hesaplanmıştır. Şekil 10’da analiz sonuçları görülmektedir.

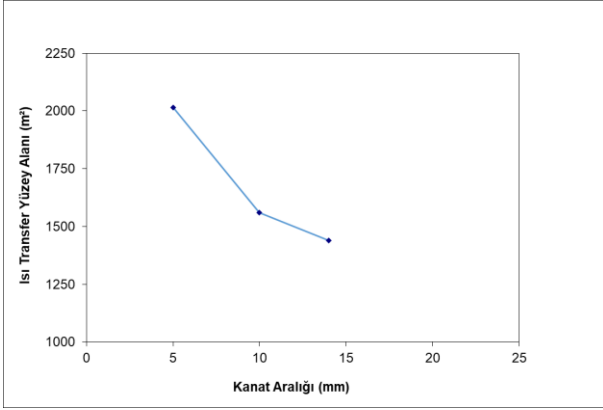


Şekil 10. FireCAD Program Ekonomizer Performans Etkisi-2 (Figure 10. Program Economy Performance Impact-2)

Hesaplama sonuçlarına göre basınç kaybı 4.62 mmSS, ısıtma yüzey alanı 1560 m², gaz çıkış sıcaklığı 191°C ve su çıkış sıcaklığı 187°C olarak bulunmuştur.

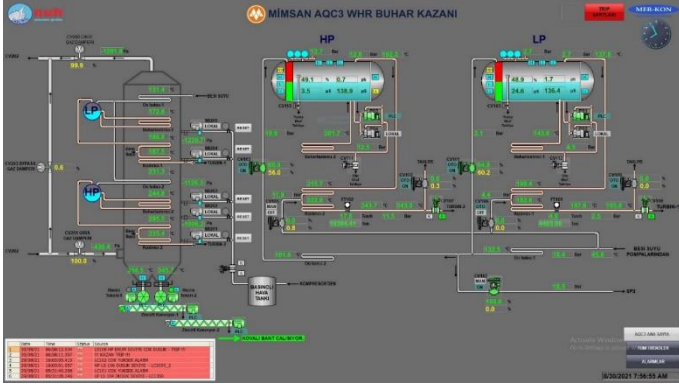
1 metre uzunluğundaki finli borunun çapı Ø42.4 mm, kanat dizilim aralığı 14 m, kanat levha sayısı 87 adet, kanat levha et kalınlığı 1.5 mm ve kanat levhanın uzunluğu 196 mm olan analizi Şekil 11’ de verilmiştir.

Veriler sonucunda 5, 10 ve 14 mm kanat aralığına göre ısı transfer yüzey alanı grafiği Şekil 14’ de verilmiştir.



Şekil 14. Isı Transfer Yüzey Alanı (Figure 14. Heat Transfer Surface Area)

Elde edilen teorik veriler sonucunda işletme de kanat aralığı 5 mm finli boru kullanılmıştır. İşletme sonucunda elde edilen veriler Şekil 15’te verilmiştir.



Şekil 15. Atık Isı Kazanı Tesis Otomasyon Değerleri (Figure 15. Waste Heat Boiler Plant Automation Values)

Bu sonuçlardan elde edilen otomasyon değerlerine göre ekonomizer besi suyu çıkış sıcaklığı 187.5°C, basınç kaybı 38,4 Pa olarak verilmiştir. 5 mm kanat aralığındaki basınç kaybı teorik olarak 19 Pa elde edilmiştir. 10 mm kanat aralığındaki basınç kaybı teorik olarak 15 Pa elde edilmiştir. 14 mm kanat aralığındaki basınç kaybı teorik olarak 14 Pa elde edilmiştir.

Yapılan Solidworks Flow Simulation analizi ve FireCAD ekonomizer performans ölçüm programı sonucunda ;

- Basınç kaybı farkı kanat levhanın aralığı 14 mm olan finli boruda 4.38 mmSS , kanat levhanın aralığı 10 mm finli boruda 4.62 mmSS ve kanat levhanın aralığı 5 mm finli boruda 5.59 mmSS olmuştur.
- Aynı sıcaklığa sahip gaz ve su akışkanlarında farklı ısı transferi yüzey alanları elde edilmiştir. Fin Kanat levha aralığı 14 mm’de ısı transfer yüzey alanı 1440 m² , kanat levha aralığı 10 mm’de ısı transfer yüzey alanı 1560 m² ve kanat levha aralığı 5 mm’de ısı transfer yüzey alanı 2016 m² olmuştur.
- Baca gazından çıkan gazın sıcaklığı da 14 mm’de 190.84°C, 10 mm’de 190.93°C ve 5 mm’ de 190.92°C çıkmıştır.

Çalışma sonucunda performans ölçüm değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Performans ölçüm değerleri (Table 1. Performance measurement values)

Kanat Aralığı	Basınç Kaybı (mmSS)	Isı Transfer Yüzey Alanı (m ²)	Baca Gazı Çıkış Sıcaklığı (°C)
5 mm	5.59 mmSS	2016 m ²	190.92 °C
10 mm	4.62 mmSS	1560 m ²	190.93 °C
14 mm	4.38 mmSS	1440 m ²	190.84 °C

4. Sonuç

Bu çalışmanın amacı işletmelerde ihtiyaç duyulan buharı atık ısı kazanı sayesinde verimli bir şekilde elde ederek sisteme gönderimi sağlamaktır. Ekonomizerin içerisinde bulunan kanatlı boruların belirli aralıklarla dizilimi sağlanarak et kalınlıklarında konfigürasyon oluşturulmuştur. Kanatlı borularda 3 farklı konfigürasyon oluşturularak FireCAD ve Solidworks programında analiz yapılarak borulara etki eden gazın basınç kaybı ve ısı transferi tespit edilmiştir. Tespit sonucunda deneysel verilerle kıyaslama yapılarak en uygun fin aralığı belirlenmiştir. Ekonomizer performansına etki eden basınç kaybına göre deneysel çalışma ile kıyaslaması sonucunda 5 mm kanat aralığı uygun görülmüştür. Yapılan bu çalışmadaki ısı değiştiricilerin farklı tasarım koşullarında modellenmesi de diğer çalışmalara ilave olarak bir bilgi kaynağı oluşturacaktır.

5. Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerinizi bizlerle paylaşan saygıdeğer çalışma arkadaşlarımız Gökhan CENGİZ ve Eren BAĞLAN’a sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynakça

- Bozkula, G. (2016). Kendinden Kanatlı (Finli) ve Türbülantörlü Turbo Fin Boru Sisteminin Geliştirilmesi (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).
- Çıtır H. (2013). Endüstriyel tav fırınında ekonomizer tasarımı Energy productivity effect of economizer in reheating furnaces. (Master's thesis, Karabük Üniversitesi.)
- Demir, K. C. (2017). Baca gazının ekonomizere giriş ve çıkış tasarımının ısı geri kazanımına etkisinin incelenmesi (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).
- Hamzaoğlu (2019). Ramöz Makineleri Verim Arttırma Yöntemleri ve Ekonomizer Uygulaması (Master's thesis, Trakya Üniversitesi).
- Karataş T. (2019). CFD analysis of shell and tube heat exchanger. (Master's thesis, İnönü Üniversitesi)
- Kocabaş, C. (2014). Farklı malzemelerden imal edilmiş plakalı ısı değiştiricilerinin atık ısı geri kazanım performanslarının deneysel analizi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi).
- Özgağdaş, E. (2020). Bölgesel ısıtma sisteminde ekonomizer tasarımı ile enerji geri kazanım potansiyelinin araştırılması (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kafkas Üniversitesi).
- Savaş, A. F., & Kocabaş, C. (2019). Endüstriyel Kazanlarda Yanma Veriminin Süreç Geliştirme Teknikleri Kullanılarak İyileştirilmesi. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6(2), 357-368.

- Tekin (2006). Sıvıdan Sıvıya Gövde-Boru Tipi Isı Değiştiricilerinin Bilgisayar Destekli Tasarımı (Master's thesis, Ege Üniversitesi).
- Tokgöz, N., & zgn, . (2019). Atık Isı Geri Kazanım Sistemlerine Yönelik Literatür Araştırması ve Sanayiden rnek Vaka İncelemesi. ukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 34(2), 57-72.
- Uysal, H. L. (2019). Endüstriyel boyahane tesislerinde baca gazı atık ısısının geri kazanım analizi ve bir uygulama (Master's thesis, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Yeşil, . (2012) Ekonomizerler ve Düşük Sıcaklık Korozyonu. Tesisat Dergisi, 199, 54-60