



ÖZEL SAYI/SPECIAL ISSUE
HAZİRAN/JUNE 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: Yıldız Technical University

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

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

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

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

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

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

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

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



-
- Aethionema sancakense* Yıld. & Kılıç'ın (Brassicaceae) Anatomik, Palinolojik ve Tohum Yüzevi Özellikleri
Azize DEMİRPOLAT
Sayfa: 1 - 7
- Çapraz Bağ Koşullarına Dayalı Menisküsün Boyuna Yırtılmasının Diz Biyomekaniğine Etkileri*
Hamid ZAMANLOU, Filiz KARABUDAK
Sayfa: 8 - 11
- Farklı Malzemelerle Biyel Kolunun Deformasyon ve Gerilme Analizi*
Selahattin BUDAK
Sayfa: 12 - 16
- Reolojik Parametreleri Ölçülebilen Farklı C3A Oranına Sahip Hamur Karışımlarında Optimum Su Azaltıcı Katkı Dozajının ve Su Muhtevasının Belirlenmesi*
Kemal KARAKUZU, Veysel KOBYA, Ali MARDANI
Sayfa: 17 - 20
- Öznelik Odaklı Sensor Verisi Bazlı Uçak Motorları Geriye Kalan Faydalı Ömür Tahminleme*
Kemal Çağlar GİRGİN, Cemil ZALLUHOÇLU
Sayfa: 21 - 27
- Birleşik Tanklı Su Sayacı Test Sisteminde Geribeslemeli Doğrusallaştırma Tabanlı Santrifüj Pompa Akış Hızı Kontrolü*
Bahadır YEŞİL, Savaş ŞAHİN
Sayfa: 28 - 35
- Biyoplastikler / Biyopolimerler: Ne Kadar Farkındayız?*
Arzum İŞİTAN, Cem GÖK, Mine SULAK, Fatma KIRMIZI, Volkan ONAR, Ramazan Çağrı KUTLUBAY
Sayfa: 36 - 41
- Makine Öğrenmesi Algoritmaları Kullanılarak Türkiye ve AB Ülkelerinin CO2 Emisyonlarının Tahmini*
Serpil GUMUSTEKİN AYDIN, Gül AYDOĞDU
Sayfa: 42 - 46
- Demans ve Alzheimer Hastaları İçin Dijital Öneriler: REMEM Örneği*
Şahin KAPIKIRAN, Ayşe GÜLER, Arzum İŞİTAN, Evren ÇAĞLARER, İbrahim ÇAKIR
Sayfa: 47 - 51
- COVID-19 Enfeksiyonunun Nitelik Seçme ile Birleştirilmiş Makine Öğrenmesi Yöntemleriyle Tahmin Edilmesi*
Umut Ahmet ÇETİN, Fatih ABUT
Sayfa: 52 - 58
- Blockchain'e Dayalı Tarım ve Gıda Tedarik Zinciri Kaynağının Kurulması: Literatür İncelemesi*
Ufuk CEBECİ, Ergün ARAT
Sayfa: 59 - 64
- Görsel Geri Beslemeli Otonom Mobil Kurtarma Robotunun Tasarım, Üretim ve Kontrolü*
İbrahim HASAN, Tolgay KARA
Sayfa: 65 - 71
- Uzun Kısa-Sürelili Bellek ile Kripto Para Fiyatlarının Tahmini*
Fırat ERDOĞDU, Ufuk CEBECİ
Sayfa: 72 - 75
- GoToUni: Araba Paylaşımı İçin Mobil Uygulama*
Güzin TİRKEŞ, Elif YÖRÜKÇÜ, Beyza ÖZBİLEN, Simay ALKAN, Can AKGÜL
Sayfa: 76 - 80

Türkiye'de bilişim teknolojileri kullanımının ÇKKV yöntemleriyle incelenmesi 2014-2021 dönemi
Orhan ECEMİŞ, Aysun COŞKUN

Sayfa: 81 - 89

Akıllı Sokak Lambaları için Mikrodenetleyici Tabanlı Kablosuz Haberleşme Sistemi Tasarımı
Cevdet Emre YILMAZ, Savas SAHİN, Bahadır YEŞİL, Alkım GÖKÇEN

Sayfa: 90 - 95

Yüksek Sıcaklığın Polipropilen Lif Takviyeli Horasan Harcının Bazı Özelliklerine Etkisi
Tuğçe İSAFÇA KAYA, Kemal KARAKUZU, Ali MARDANI, Adem DOÇANGÜN

Sayfa: 96 - 101

Reçel ve Şerbet Üretim Firması İçin Maliyet Hesaplama Modeli ve Uygulama Önerisi
Güzin TİRKEŞ, Belkıs Pınar YILMAZ, İzel Ece AKSU

Sayfa: 102 - 107

Yükseltici DA-DA Dönüştürücü için Bozucu Bastırma Kontrolü Metoduna Alternatif Bir Yaklaşım
Deha EKER, Necdet Sinan ÖZBEK, Özgür ÇELİK

Sayfa: 108 - 112

Ultrasonik Akış Ölçümünde Sıcaklık Etkisinin İncelenmesi ve Kompensasyonu
Alkım GÖKÇEN, Bahadır YEŞİL

Sayfa: 113 - 118

Uçuş Süresi Hesaplamasında Farklı Yöntemlerin Değerlendirilmesi
Alkım GÖKÇEN, Bahadır YEŞİL

Sayfa: 119 - 122

Derin Öğrenme ile Alzheimer Hastalığı Teşhisi İçin Model Önerisi
Anıl ÖZKAYA, Ufuk CEBECİ

Sayfa: 123 - 130

Görüntü İşleme Tekniklerinden Faydalanarak Elma Çeşitlerinin Türlerine Göre Sınıflandırılması
Sevim ADİGE, Rifat KURBAN, Ali DURMUŞ, Ercan KARAKÖSE

Sayfa: 131 - 138

Türkiye'de Bağlantılı Araç Teknolojisinin Gelişimi
Gizem ERCEYLAN, M. Ali AKCAYOL

Sayfa: 139 - 146

Denizanası Arama Optimizasyon Algoritması ile Çok-Odaklı Görüntülerin Birleştirilmesi
Fatma ÇITIL, Rifat KURBAN, Ali DURMUŞ, Ercan KARAKÖSE

Sayfa: 147 - 155

Kontrol ve Test Uygulamaları için Düşük Maliyetli MATLAB-Simulink Uyumlu Veri Toplama Kartı
Donanımı ve Yazılımı Tasarımı

Furkan PERÇİN, Savas SAHİN, Alkım GÖKÇEN

Sayfa: 156 - 160

Toplu Taşıma Araçlarında Hava Kalitesi İçin Nesnelerin İnterneti Tabanlı Veri Toplama Modülü
Tasarım

İrem ERSİN, Savas SAHİN, Mehmet Uğur SOYDEMİR, Mehmet Samet HAKUT

Sayfa: 161 - 164

Rat Beyin Dokusunda Asitretin - Metotreksat Kombinasyonunun ve A-Lipolik Asit'in Polifenol
Oksidaz Aktivitesi Üzerine Etkileri

Fatma Gönül SOLMAZ, Emine DIRAMAN, Emine İNCİLAY TORUNOĞLU

Sayfa: 165 - 169

Tricklevent Yenilikçi Pasif Cephe Havalandırma Sisteminin Isıl Konfor ve Enerji Tasarrufu Açısından
İncelenmesi

Kemal Furkan SÖKMEN, Burhan ERGÜNER, İlknur AKİN

Sayfa: 170 - 178



Anatomical, Palynological and Seed Surface Characteristics of *Aethionema sancakense* Yıld. & Kılıç (Brassicaceae)

Azize Demirpolat¹

¹ Bingöl University/ Food, Agriculture, Animal, Vocational School, Plant and Animal Production Department, Bingöl, Turkey (ORCID: 0000-0001-7192-185X)

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1124432)

ATIF/REFERENCE: Demirpolat, A. (2020). Anatomical, Palynological and Seed Surface Characteristics of *Aethionema sancakense* Yıld. & Kılıç (Brassicaceae). *European Journal of Science and Technology*, (37), 1-7.

Abstract

In this study, *Aethionema sancakense* Yıld. & Kılıç (Brassicaceae) anatomical, palynological and seed surface features were determined. This study aims to reveal the structural features of this species. Root, stem cross-sections, leaf epidermis features were investigated from the plant and anatomical features were determined by taking images. Superficial and transverse sections were taken from the plant by hand, stained with alcian blue and safranin at a ratio of 3:2, examined under a light microscope and photographed. Multi layered cortex structure was detected under the outermost epidermis of the trunk. Peridermis layer is torn in some points and removed from the root. The cortex layer is composed of parenchymal cells and is in 7-8 rows. The sclerenchymal tissue in the cortex layer consists of 2-4 rows of cells arranged intermittently. For palynological examinations, pollen of *A. sancakense* were examined under the light microscope by Woodhouse method. The type of pollen, whose electron microscope images were taken, was determined as monad and aperture type tricolpat. It was observed that the pollen grains were radially symmetrical and isopolar and their measurements were taken. The seed surface was dark brown and oval shaped, and the surface ornamentation was reticulate-verrucate. In our study, we tried to determine the taxonomic characters of *A. sancakense* in terms of both anatomical characters and palynological features.

Keywords: *Aethionema*, Anatomy, Palynology, Seed surface, Cruciferae.

Aethionema sancakense Yıld. & Kılıç'ın (Brassicaceae) Anatomik, Palinolojik ve Tohum Yüzeyi Özellikleri

Öz

Bu çalışma ile Bingöl'de yayılış gösteren, yeni tür olarak tespit edilen *Aethionema sancakense* Yıld. & Kılıç (Brassicaceae) türünün anatomik, palinolojik ve tohum yüzey özellikleri tespit edilmiştir. Bu çalışma, bu türün yapısal özelliklerini ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Bitkiden kök, gövde enine kesitleri, yaprak epidermis özellikleri araştırılmış ve görüntüleri alınarak anatomik özellikleri tespit edilmiştir. Yüzeysel ve enine kesitler bitkiden el ile alınarak alcian mavisi ve safranin ile 3:2 ile oranında boyandıktan ve ışık mikroskobu altında incelenip fotoğrafları çekilmiştir. Gövde, en dışta epidermisinin altında çok katmanlı korteks yapısı tespit edilmiştir. Periderm tabakası bazı yerlerde yırtılmış ve kökten uzaklaştırılmıştır. Korteks tabakası parankimatik hücrelerden meydana gelmiştir ve 7-8 sıralıdır. Korteks tabakasındaki sklerenkimal doku 2-4 sıra hücreden oluşur. Palinolojik incelemeler için *A. sancakense* polenleri ışık mikroskobu altında Woodhouse yöntemiyle incelenmiştir. Elektron mikroskobu görüntüleri alınan polenlerin tipi monad ve apertür tipi trikolpat olarak belirlenmiştir. Polen tanelerinin radyal simetrik ve izopolar olduğu gözlemlenmiş ve ölçümleri alınmıştır. Tohum yüzeyi, koyu kahverengi ve oval şekilli, yüzey ornemantasyonu ise retikulat-verrukat olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda *A. sancakense* türünün hem anatomik karakterler hemde palinolojik özellikler açısından, taksonomik karakterleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Aethionema*, Anatomi, Palinoloji, Tohum yüzeyi, Cruciferae.

1. Introduction

The monophyletic Brassicaceae family, to which *Aethionema sancakense* Yild. & Kılıç species is a member, is a large family consisting of 345 genera and 4020 species distributed all around the world except Antarctica (Ertuğrul et al., 2021). The main spreading area of Brassicaceae are the Mediterranean, Iranian-Turanian and Saharo-Sindian regions (Hedge, 1976). *Aethionema* is an Iranian-Turanian genus belonging to Aethionemae tribe and has around 60-70 species worldwide (Yılmazoğlu, 2022). The main gene centers of the genus *Aethionema* are Anatolia and Iran (Hedge, 1965; Mohammedin et al., 2017; Moazzeni et al., 2018).

In the first volume of Flora of Turkey, the number of *Aethionema* taxa in Turkey according to Hedge was 30 species, then Davis et al. (1965) added 9 taxa and Adıgüzel (2000) added 5 taxa, the total number of taxa has reached up to 44. It is known that the number of taxa of *Aethionema*, which is named as "Rock Rose" in Turkey, has increased to 55 together with the newly defined species in taxonomic arrangement based on morphological observations only (Ertuğrul, 2012, Karabacak et al., 2013; Kandemir et al., 2017; Yıldırımli & Kılıç, 2016-2018; Ertuğrul et al., 2021).

Some recent studies have revealed both stem-leaf anatomy and palynology of *Aethionema* taxa. Atçeken et al. (2016) determined the morphology, anatomy and pollen morphology of four taxa (*A. arabicum*, *A. armenum*, *A. cordatum* and *A. karamanicum*) belonging to the genus *Aethionema* and emphasized that the sculpture structure plays a major role to distinguish taxa according to pollen morphology. Birgi & Sezer (2019) examined the morphology and anatomy of endemic *A. turcicum* H.Duman & Ayaç. Karaismailoğlu (2018) examined some taxa belonging to the genus *Aethionema* in a study based on pollen morphology and stated that these taxa differ from each other by features such as pollen and colpus sizes. Pinar et al. (2007) conducted a seed coat mikroskulpturing study in some Turkish *Aethionema* species. Recently, the anatomical features of another endemic species, *A. dumanii* Vural & Adıgüzel, were studied (Dural & Çıtak, 2020). The seed structures of 12 taxa of the genus *Aethionema* distributed in Turkey were examined. Also, the anatomical structure of testa and endosperm of the species were studied and it has been reported that it is of great importance to show the interrelationships between species (Karaismailoğlu, 2019).

Aethionema sancakense was proposed as a new species (Yıldırımli ve Kılıç, 2019). *Aethionema sancakense* is morphologically close to *Aethionema membranaceum* DC. However, because of its characteristics such as flowering stem c. 5-8 cm (not c. 10-17 cm); flat leaf (not incurved); siliculae 5 x 4-5 mm (not 6.5-10 x 6-11 mm) cymbiform (not flat), it has been placed in a new species category (Yıldırımli ve Kılıç, 2019). Therefore, the present study aims to determine the unknown anatomical and seed-micromorphological features of *A. sancakense*. The genus *Aethionema* is one of the most difficult taxonomic species in Turkey. Many herbarium materials are not sufficient for the determination as both flowering and fruiting samples are required for the determination. The main aim is the taxonomy of the genus by fully examining the anatomical features of *A. sancakense*.

2. Material and Method

2.1. Plant Material

The plant sample was collected from Bingöl district and turned into a herbarium sample (Bingöl: Center, 7 km towards Aşağıköy, oak forest clearing, slope, 1450-1550 m, 19.05.2018 AD 687). Fresh specimens of this new species, defined according to the flora of Turkey, were stored in 70% alcohol for anatomy studies. For palynology studies, with flowering specimens of *A. sancakense* were kept and used.

2.2. Anatomical Study

For the anatomical study, cross sections from the stem and leaf of the samples prepared with 70% alcohol and superficial sections from the upper and lower surfaces of the leaf were made by hand. Safranin-fast green (Bozdağ et al., 2016) was used for painting anatomical sections (Table 1). Anatomical photography and measurement of the specimens were performed with the help of a digital camera with a Euromex CMEX-10PRO trinocular microscope (Figure 1, 3).

2.3. Palynology Study

The pollen morphology of the taxon in the study was examined with light microscopy and Scanning Electron Microscopy. The pollens obtained from the samples in light microscopy examinations were prepared according to the method of Wodehouse (1935). Measurements were performed and the photographs were taken with Euromex CMEX-10PRO trinocular microscope (100x). Polar axis (P), equatorial axis (E), and exine thickness (Ex). The terminology used is mainly from Faegri & Iversen (1975) and the study of Kılıç et al. (2020). These measurements are reported in Table 2 and micrographs in Figure 3.

Pollens belonging to the *A. sancakense* were placed on metal pollen carriers (stap) with double-sided adhesive tape under a binocular microscope to be examined by SEM and covered with gold to provide the appearance of the pollen in the electron microscope. The pollen appearances and detailed surface ornamentations of the studied pollen were obtained from Bingöl University Central Laboratory. Microphotographs at 1500x – 10000x magnification were taken for each taxon.

2.4. Seed Surface Study

Seeds belonging to the *A. sancakense* were placed on metal seed carriers (stap) with double-sided adhesive tape under a binocular microscope to be examined by SEM and covered with gold to provide the appearance of the pollen in the electron microscope. The pollen appearances and detailed surface ornamentations of the studied pollen were obtained from Bingöl University Central Laboratory (Figure 2).

3. Results and Discussion

In cross-sections taken from the *A. sancakense* roots, it consists of peridermis, cortex sclerenchyma, phloem and xylem cells, from the outside in. Peridermis is the outermost layer of the root. Peridermis layer is torn in some points and removed from the root. The cortex layer is composed of parenchymal cells and is in 7-8 rows. The sclerenchymal tissue in the cortex layer consists of 2-4 rows of cells arranged intermittently.

Sclerenchymal cells can be pentagonal or in different shapes. Conduction tissue consists of phloem and xylem elements. Phloem is located on the outside and xylem towards the center. The pith region is narrowed and filled with xylem cells (Table 1 and Figure 1).

In the transverse sections taken from the stem, there are epidermis, cortex, sclerenchyma, vascular bundles and pith region from the outside to in. The outermost layer, the epidermis, is in 2-3 rows. Epidermal cells are oblong-oval shaped. There is no epidermal hair in the epidermis. The cortex region, which is located in the continuation of the epidermal layer, consists of 7-12 rows of parenchymal cells. Cortex parenchymal cells are round or oval in shape. The sclerenchymal tissue cells in the cortex layer consist of clusters of 1-2 rows of cells. Sclerenchymal cells can be pentagonal in shape. Just below the cortex parenchyma, vascular bundles are arranged parallel to the body axis. Phloem and xylem are well developed. Vascular bundles are of collateral type. The pith region contains circular, oval parenchymal pith cells (Table 1 and Figure 1).

In the cross-sections taken from the leaves, it was determined that the stomata are amaryllis type and according to the arrangement of the stomatal cells and auxiliary cells, they are

4. Conclusions and Recommendations

Tekin (2022) in his anatomical *Aethionema lepidioides* Hub.-Purple study, determined that the pith region of the root was filled with xylem, and that there was a multilayered cortex under the outermost single-layered epidermis. In the root sections of the *A. sancakense* species we studied, the results were similar because the pith area was covered with xylem tissue. Tekin determined that, stomatal characteristic of leaf is amphistomatic, stoma type is anisocytic and the stoma index of the upper epidermis and lower epidermis are 26% and 28.4% respectively (Tekin, 2022). However, stoma index of *A. sancakense* species was found to be 22.5% for the upper epidermis and 26.1% for the lower epidermis, while the stoma type was found to be anisocytic. Our study is parallel to these results. In the study examining the anatomical features of *A. dumanii*, a single layer of epidermis, parenchymal cortex, and vascular bundles were detected in the transverse sections of the trunk (Dural & Çıtak, 2020). This study is parallel to our study, except for the number of layers found in the cross-section of the trunk. Birgi and Sezer (2019) examined the root, stem and leaf anatomy of *Aethionema* species that are endemic to Turkey and obtained results consistent with our study. In the study examining the anatomical features of four *Aethionema* species (*A. arabicum*, *A. armenum*, *A. cordatum* and *A. karamanicum*) endemic to Turkey, only *A. arabicum* is annual, while the other three are perennial. In the study, which is said to reflect the anatomical features of this situation, it has been observed that the number of layers and size of *A. arabicum* is less in all sections compared to other species. It was stated that pith cells were not found in all of the studied species (Atçeken et al., 2016). In the root sections of the *A. sancakense* species we studied, the results were similar because the pith was covered with xylem tissue.

The morphological features of pollen of the genus *Aethionema* were evaluated by different researchers and the pollen type with monad, isopolar and generally tricolpate aperture was determined (Atçeken et al., 2016; Çeter et al., 2018). Çeter et al. (2018), studied the pollen morphology of *A. membranicum* e-ISSN: 2148-2683

anisocytic type. The leaf is amphistomatic. The stoma index is 22.5% for the upper epidermis and 26.1% for the lower epidermis. So, the number of stomata in the lower epidermis was found to be higher than upper epidermis (Figure 1).

The pollen grains of the examined samples belonging to the *A. sancakense* species are symmetrical with respect to the equatorial diameter and are isopolar. Also, pollen grains are monad and tricolpate. Pollens in polar view are subtriangular or oval. In equatorial view, pollens are elliptical, not flattened at the poles. Equatorial axis (E) is 16.65-26.84 μm , polar axis (P) is 16.80-25.52 μm , P/E ratio is 1.01 μm pollen shape is prolate-spheroidal. Average colpus length is 11.41 μm and width is 3.5 μm . The mean exine thickness is 1.24 μm and exine sculpture is reticulate (Table 2 and Figure 3).

The seed shape of the examined taxa *A. sancakense* species is broadly ovate, and the seed color changes from brown to dark brown. The micropillar pole is acute and the calazal pole is orbicular. Seed sizes vary between 1.81-2.23 x 1.15-1.89 mm. In the SEM micrograph of the seed samples, the seed surface ornamentation is determined as reticulate-verrucate. The shapes of the cells on the seed surface vary as terragonal and polygonal cells. Cell ridges are observed as striat (Figure 2).

which is morphologically close to *A. sancakense* and found the results as (P) 17.1 μm , (E) 10.4 μm , P/E ratio 1.64 μm , pollen shape subprolate, exine 0.9 μm , clg (length) 13.3 μm , aperture type tricolpate. In our study, the mean of the polar axis (P) was 22.62 μm , the mean of the equatorial axis (E) was 22.23 μm , and the mean of the exine was 1.24 μm . *A. sancakense* species, which is quite different from *A. membranicum* in terms of pollen shape and dimensions is similar in that the aperture type is tricolpate. Phylogenetic relationships of taxa were investigated by Batur (2014) according to the sequence of bases in the tmL-F region and rbcL-a region of the chloroplast DNA of some species belonging to the genus *Aethionema*. *A. membranicum* which is morphologically close to *A. sancakense* species, was included in the same clade with *A. spicatum* and *A. grandiflorum* species in Batur's study. *A. grandiflorum* pollen measurements are (E) 8.63-16.42 μm , (P) 10.28-21.9 μm , pollen shape is given as prolate, subprolate and prolate-spheroidal, colpus length 11.26-16.86 μm , colpus width 1.75-5.61 μm (Yılmazoğlu, 2022). The pollen size of *A. sancakense* species included in our study is quite large compared to *A. grandiflorum* species. On the other hand, pollen morphology of *A. spicatum* was studied and its measurements were determined as P 18.7 μm , E 18.7 μm , P/E ratio 1 μm , pollen shape spheroidal, exine 0.8 μm , clg (length) 14.1 μm , aperture type tricolpate and tetracolpate (Çeter et al., 2018). When evaluated in terms of pollen sizes and shapes, differences emerge in pollen shapes of taxa.

Seed micromorphology in the Brassicaceae family includes seed characteristics that can be used to distinguish species (Brochmann, 1992; Koul et al., 2000; Pınar et al., 2007; Karaismailoğlu, 2019). When the seed of the genus *Aethionema* was evaluated in terms of surface ornamentations, the importance of seed surface details in solving taxonomic problems was seen (Buth & Roshan, 1983; Brochmann, 1992; Koul et al., 2000). Pınar et al. (2007) determined that there are four basic seed surface ornamentations in the scanning electron microscopy study of the seed surface of 17 species belonging to the genus

Aethionema: reticulate, ruminata, reticulate-verrucate, and verrucate. Our research is in accordance with the studies carried out. Seed color, seed size and ornamentation are more prominent among these characteristics. Pinar et al. (2007) reported that, *A. grandiflorum* taxa had the largest seeds among 17 species in the genus *Aethionema*. Rectangular, elliptical and sickle-shaped, broadly ovate and ovate seeds have been reported in previous studies in *Aethionema* genus (Pinar et al., 2007; Karaismailoğlu, 2019). When the examined species were evaluated in terms of seed color, light brown or brown seeds were detected. Pinar et al. (2007) also found dark green seeds. Karaismailoğlu (2019) reported that he observed brown-gray colored seeds. In terms of seed surface ornamentation, Pinar et al. (2007) identified four different seed surface types. *A. sancakense* species examined in our study with reticulate-verrucate seed surface ornamentation, fits Pinar et al.'s "Type III: the ones with reticulate-verrucate seed surface ornamentation". In the reticulate ornamentation structure of the species, it is noteworthy that the walls are prominent or not.

In this study, the anatomical, palynological and seed surface characteristics of *A. sancakense*, which was accepted as a new species, were determined. In anatomical studies, it is compatible within the genus *Aethionema* with features such as the pith being filled with xylem in the root, the presence of sclerenchyma layer in the stem and root, the stomata in leaves being amphistomatic and the stomatal type being aniscytic. However, *A. sancakense* species differs within the genus in terms of number of layers and size. In terms of pollen shape and dimensions, *A. sancakense* species is similar to *A. membranicum* species, to which the pollen shape is morphologically close, and it has been determined that it is a different species due to its large pollen size. *A. sancakense* species have reticulate-verrucate seed surface ornamentation within the genus *Aethionema*. Anatomy of this endemic species, which was determined to be a new species morphologically, was supported by the pollen and seed surface studies, and its differences were revealed within the genus.

Table 1. Anatomical measurement results of *A.sancakense* (μm)(SD – standard deviation).

| | Min–Max | Mean \pm SD | Min–Max | Mean \pm SD |
|----------------------|--------------|--------------------|-------------|------------------|
| Root | | | | |
| Cortex cells | 10.23–46.62 | 24.18 \pm 9.21 | 5.54–20.13 | 16.90 \pm 5.43 |
| Trachea diameter | 6.23–24.86 | 13.21 \pm 4.83 | – | – |
| Stem | | | | |
| Cuticle thickness | 0.12–2.11 | 0.52 \pm 0.22 | – | – |
| Epidermis cells | 11.28–24.21 | 17.80 \pm 5.96 | 4.13–23.55 | 13.76 \pm 5.32 |
| Cortex cells | 5.45–27.34 | 14.89 \pm 6.52 | 4.56–15.75 | 13.56 \pm 3.70 |
| Leaf | | | | |
| Upper epidermis cell | 5.14–24.13 | 16.04 \pm 5.33 | 12.17–29.01 | 22.36 \pm 4.55 |
| Lower epidermis cell | 15.23–35.65 | 25.12 \pm 5.65 | 8.22–28.32 | 17.31 \pm 4.36 |
| Leaf thickness | 476.2–718.05 | 618.37 \pm 49.01 | – | – |

Table 2. Palynological measurement results of *A.sancakense* (mm) (SD – standard deviation)

| | P | | | | E | | | | Ekzi n | Shape | clg | clt | Ornamentat ion |
|--------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-----------|----------------------------------|-----------|-----|--------------------------|
| | Min. | Max. | Mean | SD | Min. | Max. | Mean | SD | | | | | |
| A.sancakense | 16.80 | 25.52 | 22.62 | 2.37 | 16.65 | 26.84 | 22.23 | 2.52 | 1.24 | 1.01 Prolatae- Sipheroidal | 11.4 1 | 3.5 | Reticulate- perforate |

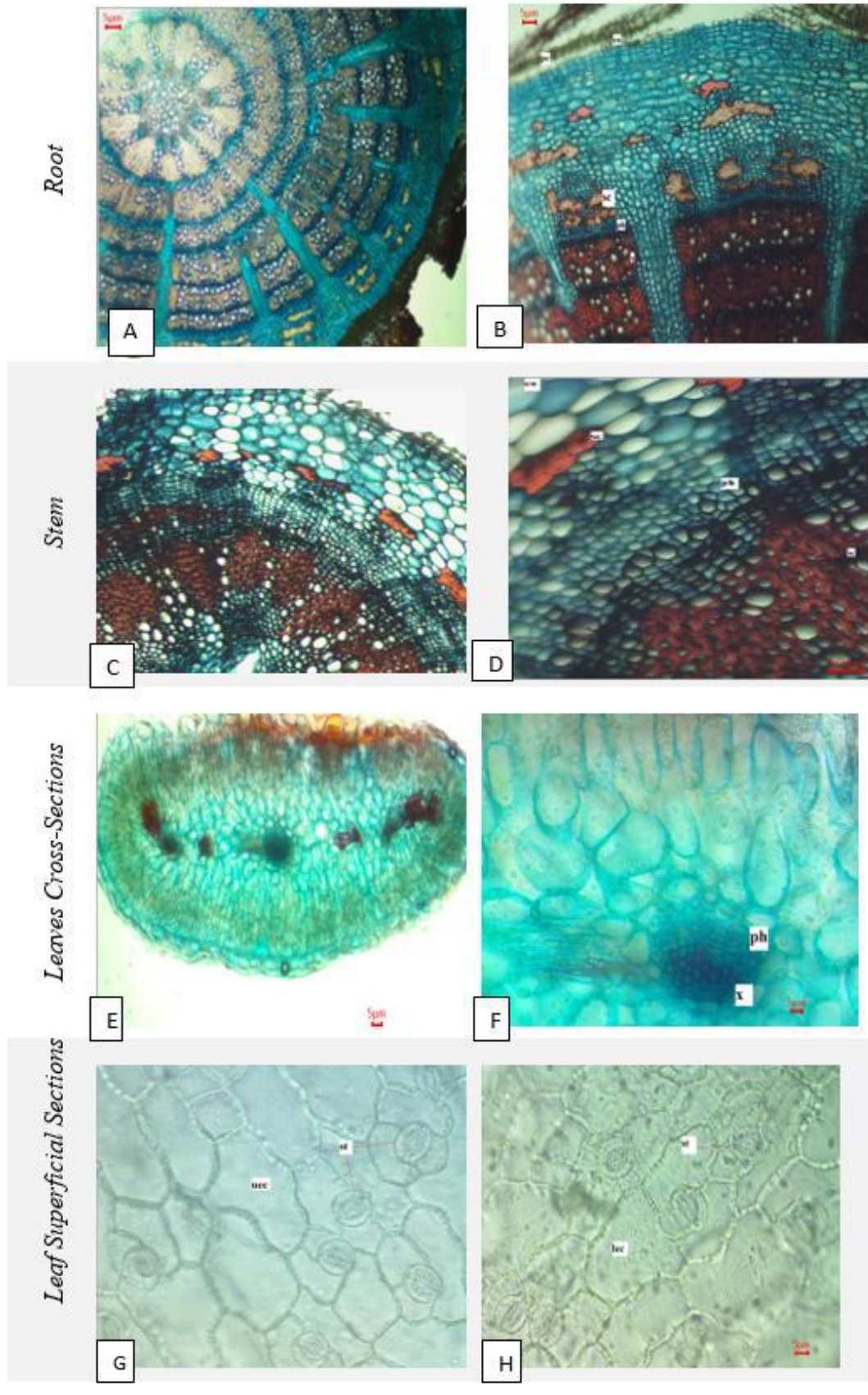


Fig. 1. Photomicrographs of root (A–B) and stem (C–D) cross sections, leaf-cross section (E–F), leaf superficial sections (G–H) of *A. sancakense*. Abbreviations: co – cortex, pe – periderm, ph – phloem, st – stoma, sc – sclerenchyma, xy – xylem, lec – lower epidermis cell, uec – upper epidermis cell.

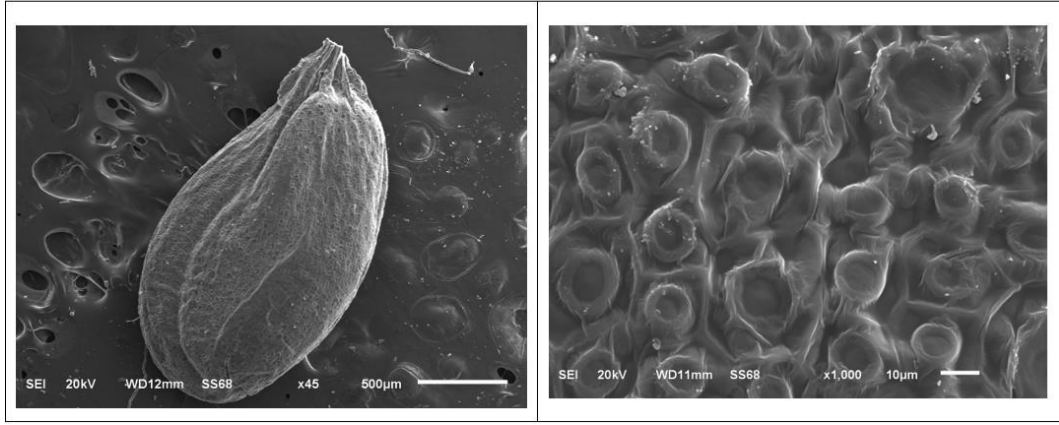


Fig. 2. Micrographs of *A. sancakense* seed. General view of the seed and ornamentation of the seed-coat surface.

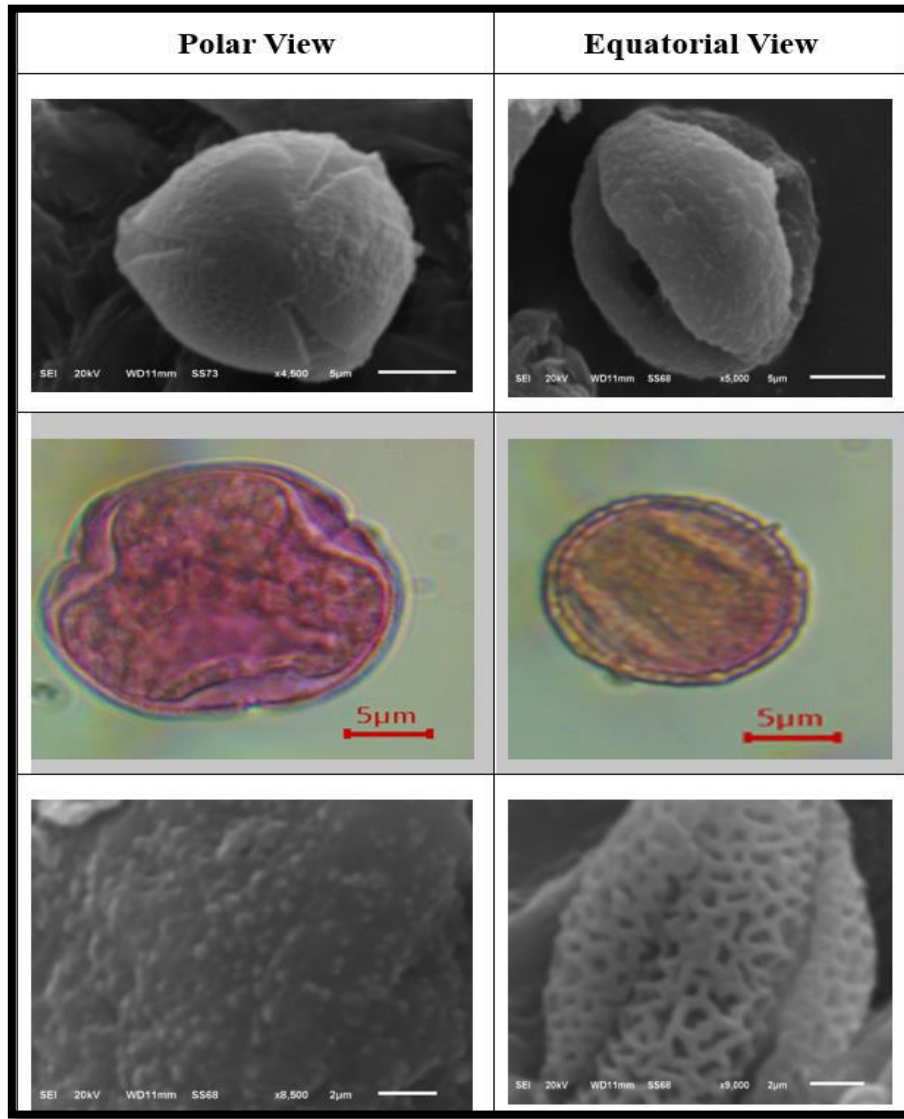


Fig. 3. Pollen grains photomicrographs of *A. sancakense*

References

Adıgüzel, N. (2000). *Aethionema* R. Br. , In: Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Eds: Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T. ve Başer, K. H. C., *Edinburgh*: Edinburgh University Press, p. 31-34.

e-ISSN: 2148-2683

Atçeken, M. M., Dural, H. & Citak, B. Y. (2016). The morphological, anatomical and palynological investigations on some taxa of genus *Aethionema* AT Waiton (Brassicaceae). *Biological Diversity and Conservation*, 9 (1): 55-68.

Batur, Ö.S. (2014). *Aethionema* W.T.Aiton (Brassicaceae) cinsinin moleküler filogenisi / *Aethionema* W.T.Aiton

- (Brassicaceae) cinsinin moleküler filogenisi, Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Biyoloji Ana Bilim Dalı Ankara.
- Birgi, F. & Sezer, O. (2019). Morphological and Anatomical Investigations on Rare Endemic *Aethionema turcicum* (Brassicaceae). International Journal of Environmental Research and Technology, 2, 74–78.
- Bozdağ, B., Kocabaş, O., Akyol, Y. & Özdemir, C. (2016). Bitki Anatomisi Çalışmalarında El Kesitleri İçin Yeni Boyama Yöntemi. Marmara Pharmaceutical Journal, 20, 184-190.
- Brochmann, C. (1992). Pollen and seed morphology of *Nordic draba* (Brassicaceae): phylogenetic and ecological implications. Nordic Journal of Botany, 12 (6): 657- 673.
- Buth, G.M. & Roshan, A. (1983). Seed coat anatomy of some cultivated *Brassica*. Phytomorphology, 31, 69–78.
- Ceter, T., Geven, F., Sahin, A.A. & Ceter, S. (2018). Examination of pollen morphology of some *Aethionema* (Brassicaceae), from Turkey. Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology 27, 11–24.
- Davis, H.P. (1965). Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. 1. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Dural, H. & Çıtak B.Y. (2020). The Anatomical Characteristics of Endemic *Aethionema dumanii* Vural & Adıgüzel (Brassicaceae). Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Crop and Nature Journal 23, 435–440.
- Ertuğrul, K. (2012). *Aethionema* Aiton. In: Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M.T. (eds), Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler), 246–248. Nezahet Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul (in Turkish).
- Ertuğrul, K., Hamzaoğlu, E., Demirelma, H., Uysal, T., Bozkurt, M., Şirin, E., Çıtak, B. Y. & Al-Shehbaz, I. A. (2021). *Aethionema aytachii* (Brassicaceae): A new species from central Anatolia, Turkey, *Turkish Journal of Botany*, 45 (6): 563-572.
- Faegri, K., Iversen, J. (1975). *Textbook of Pollen Analysis*, Hafner Press, New York.
- Hedge, I.C. (1965). *Aethionema* R. Br. In: Davis, P. H., Mill, R. R., Tan, K. (eds.), Flora of Turkey and the East Aegean Islands Vol. 1, 314–328. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Hedge, I.C. (1976). A Systematic and Geographical Survey of the Old World Cruciferae. In: MacLeod, A.J., Jones, B.M.G. (eds), The Biology and Chemistry of the Cruciferae, 1–45. Academic Press, London.
- Kandemir, A., Aytaç, Z. & Fişne, A.Y. (2017). *Aethionema erzincanum* (Brassicaceae), a new species from Turkey. Annales Botanici Fennici, 1-5.
- Karabacak, O., Öztürk, M. & Duran, A. (2013). *Aethionema anatolica* (Brassicaceae), a new species from South Anatolia, Turkey, Annales Botanici Fennici, 183-186.
- Karaismailoğlu, M.C. (2018). Seed mucilage content in *Aethionema* W.T. Aiton species and their significance in systematic and ecological aspects. Bangladesh Journal of Botany, 47, 445–449.
- Karaismailoğlu, M.C. (2019). Comparative Morphology and Anatomy of Seeds of Some *Aethionema* W.T. Aiton (Brassicaceae) Taxa from Turkey. Bangladesh Journal of Plant Taxonomy, 26, 1–12.
- Kılıç, N., Yılmaz Dağdeviren, R., Caner, H. & Akkemik, Ü. (2020). Türkiye’de Kullanılmakta Olan Palinoloji ve Polen Terimleri Üzerine Bir Değerlendirme ve Öneriler . Avrasya Terim Dergisi , 8 (2) , 98-108.
- Koul, K., Nagpal, R. & Raina, S. (2000). Seed coat microsculpturing in *Brassica* and allied genera (subtribes *Brassicinae*, *Raphaninae*, *Moricandiinae*), Annals of Botany, 86 (2): 385-397.
- Moazzeni, H., Al-Shehbaz, A.I., German, D.A., Assadi, M., Müller, J., Joharchi, M.R. & Memariani, F. (2018). A taxonomic revision of the genus *Aethionema* S.L. (Brassicaceae) in Iran. Phytotaxa, 356, 241–266.
- Mohammadin, S., Peterse, K., Van De Kerke, S.J., Chatrou, L.W., Dönmez, A.A., Mummenhoff, K., Pires, J.C., Edger, P.P., Al-Shehbaz, I.A. & Schranz, M.E. (2017). Anatolian origins and diversification of *Aethionema*, the sister lineage of the core Brassicaceae. American Journal of Botany, 104, 1042–1054.
- Pınar, N.M., Adıgüzel, N. & Geven, F. (2007). Seed coat macrosculpturing in some Turkish *Aethionema* R. Br. (Brassicaceae). Pakistan Journal of Botany, 39, 1025–1036.
- Tekin M. (2022). A morphological, anatomical and palynological study on *Aethionema lepidioides* (Brassicaceae) - an endangered and endemic species to Turkey. Acta Botanica Croatica, 81(1): 70-79.
- Wodehouse, R. P. (1935). Pollen grains. Their structure, identification and significance in science and medicine, *New York*, McGraw-Hill Book Company.
- Yıldırım, Ş. & Kılıç, Ö. (2016). New infrageneric taxa and species of *Aethionema* W.T. Aiton (Brassicaceae) and their current key from Turkey. Ot Sistematik Botanik Dergisi, 23 (1-2): 1-6.
- Yıldırım, Ş. & Kılıç, Ö. (2018). A new species of *Aethionema* (Brassicaceae), *A. adiyamanense* from Turkey. Ot Sistematik Botanik Dergisi, 25 (1): 25-30.
- Yılmazoğlu, B. (2022). *Aethionema coridifolium* ve *A. grandiflorum* (Brassicaceae) Türleri Üzerine Palinolojik, Mikromorfolojik ve Karyolojik Çalışmalar, Yüksek Lisans Tezi. Selçuk University Institute of Science Department of Biology.



Effects of Meniscus Longitudinal Tear on Knee Biomechanics Based on Cross-Ligament Conditions

Hamid Zamanlou^{1*}, Filiz Karabudak²

^{1*} Ataturk University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical engineering, Erzurum, Turkey, (ORCID: 0000-0002-9780-8924), zamanloohamid@gmail.com

² Gumushane University, Faculty of Engineering and Natural Science, Department of Mechanical Engineering, Gumushane, Turkey, (ORCID: rg/0000-0002-7365-0333), filizkarabudak@gumushane.edu.tr

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1124473)

ATIF/REFERENCE: Zamanlou, H. & Karabudak, F. (2022). Effects of Meniscus Longitudinal Tear on Knee Biomechanics Based on Cross-Ligament Conditions. *European Journal of Science and Technology*, (37), 8-11.

Abstract

Knee menisci are fibrous cartilages that are present to disperse friction in the knee joint between the tibia and femur bones. They work to disperse body weight and reduce friction while moving. Because the condyles of the femur and the tibia converge at one point (which changes as they bend and stretch), the meniscus expand the weight of the body.

It is important to describe the mechanical behavior of the meniscus because of its significant role in bearing the load on the knee joint. Research shows Compressive stresses on the menisci have been shown to be a major factor in destructive joint injuries, including osteoarthritis. Anterior cruciate ligament tear can also have a profound effect on the meniscus. Clinically, meniscus injury is common in patients with a tear cruciate ligament. The main purpose of this study is to determine the stress distribution diagram of internal and external menisci and to evaluate the comparison of healthy meniscus stress and meniscus tear with the stability of the cruciate ligament and the instability of this ligament.

The bone structure of a healthy joint was designed and analyzed in ANSYS program package, and the forces applied to the meniscus under the presence or absence of ACL ligament were evaluated.

The results of biomechanical studies showed that tear of the meniscus and the anterior cruciate ligament play an important role in the stability of the meniscus. With the tear of the meniscus and ligament diagram, the distribution of stress and the amount of stress in the meniscus increases, which can be obtained by the interdependence of the meniscus and the surrounding ligaments for normal joint function.

Keywords: Meniscus, Cross-Ligament, Knee Biomechanics, FEM.

Çapraz Bağ Koşullarına Dayalı Menisküsün Boyuna Yırılmasının Diz Biyomekaniğine Etkileri

Öz

Diz menisküsleri, diz ekleminde tibia ve femur kemikleri arasındaki sürtünmeyi dağıtmak için mevcut olan lifli kıkırdaklardır. Hareket halindeyken vücut ağırlığını dağıtmak ve sürtünmeyi azaltmak için çalışırlar. Femur ve tibia kondilleri bir noktada birleştiğinden (ki bu büküldükçe ve esnedikçe değişir), menisküs vücudun ağırlığını dağıtır.

Diz eklemi üzerindeki yükü taşımadaki önemli rolü nedeniyle menisküsün mekanik davranışını tanımlamak önemlidir. Araştırmalar, menisküs üzerindeki baskı streslerinin osteoartrit dahil olmak üzere yıkıcı eklem yaralanmalarında önemli bir faktör olduğunu gösteriyor. Ön çapraz bağ yırtılması da menisküs üzerinde derin bir etkiye sahip olabilir. Klinik olarak menisküs yaralanması çapraz bağ yırtıklı hastalarda sık görülür. Bu çalışmanın temel amacı, iç ve dış menisküsün stres dağılım diyagramını belirlemek ve sağlıklı menisküs stresi ve menisküs rüptürünün çapraz bağın stabilitesi ve bu bağın instabilitesi ile karşılaştırmasını değerlendirmektir.

Sağlıklı bir eklemin kemik yapısı ANSYS program paketinde tasarlanarak analiz edilmiş ve ACL bağı varlığında veya yokluğunda menisküse uygulanan kuvvetler değerlendirilmiştir.

Biyomekanik çalışmaların sonuçları, menisküs ve ön çapraz bağın yırtılmasının menisküsün stabilitesinde önemli bir rol oynadığını göstermiştir. Menisküs ve bağ diyagramının yırtılması ile menisküs ve çevresindeki bağların normal eklem fonksiyonu için birbirine bağımlılığı ile elde edilebilecek olan menisküsteki stres dağılımı ve stres miktarı artar.

Anahtar Kelimeler: Çapraz Bağ, Menisküs, Diz Biyomekaniği, SEY

* Corresponding Author: zamanloohamid@gmail.com

1. Introduction

The meniscus of the knee consists of two semicircular wedge-shaped pieces fixed by a network of ligaments. The human knee consists of an external meniscus and an internal meniscus. That between the condyle of the femur and the tibia are located. The menisci are cartilage-like tissues but much stronger than that and have a high elasticity. Their main task is to absorb the shocks that enter the knee. When running, each time the sole of our foot hits the ground, the calf and thigh bones hit each other hard at the knee joint, and the meniscus reduces the severity of the impact by being located between the two bones. Meniscus function includes joint fluid distribution, articular cartilage nutrition, shock absorption, joint deepening, and compensation for incompatibility between the femoral and tibial condyles, and load bearing. Since the main function of the knee meniscus is load transfer and stability, this tissue must withstand many different forces, including compression, tensile and shear. The structure and composition of each semicircular meniscus are well suited for this purpose. This performance is created by the unique mechanical properties of the meniscus (Carter, Taylor, Spritzer, & Utturkar, 2015).

During normal activities such as walking or climbing stairs, the knee joint experiences loads of 2.7 - 4.9 times the body weight. Overall, the meniscus of the knee is estimated to withstand 45% to 75% of this load. The posterior horn of the meniscus bears more load than the anterior horn. When the knee is bent, it is more prone to injury, and the level of contact between the bones in the joint decreases by 30% for every 40 degrees, indicating variability in the meniscus load-bearing capacity. Various deviations from this morphology can occur through abnormal growth, disease, degeneration, or traumatic injury that results in degeneration and trauma to the meniscus. A meniscus tear may be long, usually starting at the back of the meniscus and may extend to the anterior meniscus. This meniscus, which is now divided into two parts inside and outside due to rupture, can be pressed against the condyle of the femur and its two inner and outer parts can be opened. This open position of the meniscus is called a ruptured bucket handle. Meniscus health to intensity depends on the ligament joints of the knee. A cruciate ligament tear can have a profound effect on the meniscus. Clinically, meniscus injury is common in patients with ruptured cruciate ligament, indicating interdependence of the meniscus and surrounding ligaments for normal joint function (Athanasίου & Adams, 2009).

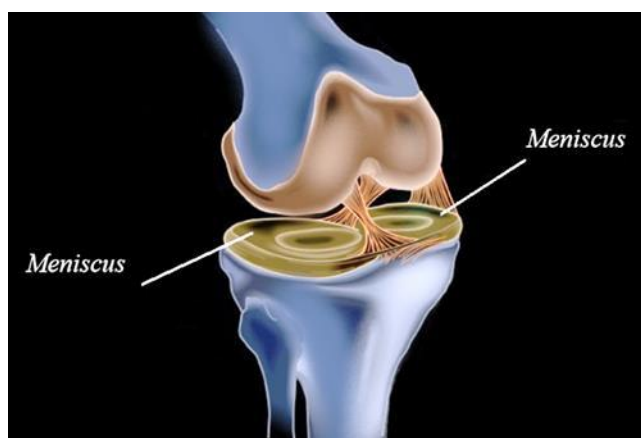


Figure 1. Knee bone structure

Due to the function of the meniscus in creating stability and shock absorption, this organ is at risk and the prevalence of meniscus tear in a lot of people, especially athletes. According to previous studies and clinical observations, the highest percentage of meniscus tear is longitudinal tear. In this study, longitudinal meniscus tear was investigated. Research has shown that compressive stresses on the menisci are a major factor in destructive joint injuries, including osteoarthritis. Anterior cruciate ligament (ACL) tear can also have a profound effect on the meniscus. In this study, the distribution of stress on the knee during longitudinal rupture of the internal meniscus along with the stability of the anterior cruciate ligament and the instability of this ligament were investigated (Pena, Calvo, & Martinez, 2005).

The main purpose of this study is to investigate the diagram of compressive stress distribution on the meniscus plates and to evaluate the comparison of healthy Minsk stress and Minsk rupture when the cruciate ligament is intact or torn.

2. Material and Method

In the first step, a model of the finite elements of the knee including the femur, tibia and meniscus was developed. Then loading was applied in three different modes including healthy meniscus, longitudinal tear of the meniscus when the ligament was healthy and longitudinal torn of the meniscus with rupture of the ligament on the knee and the results of different loadings were compared. Joint bone structure was meshed in ANSYS software, figure 2. The menisci were assumed to be homogeneous and linear elastic and isotropic transverses with a radial and longitudinal elastic modulus of 20 MPa and a circumferential 140 MPa. The poisson coefficient of the menisci was considered 0.2 in the isotropic plane and 0.3 in the non-isotropic plane and the shear modulus of the modulus Shear 57.7 in MPa from previous finite element studies. The anterior and posterior cruciate ligaments are assumed to be homogeneous, linear, and isotropic with an elastic modulus of 0.8 GPa and a Poisson ratio of 0.3. The meniscus density is 1450 kg/m³ and the density of the anterior and posterior cruciate ligaments is 1240 Kg/m³, respectively, according to previous research. Contact surfaces between femur and meniscus, meniscus and tibia, femur and tibia were modeled for both internal and external articular halves. Anterior and posterior cruciate ligaments, internal and external meniscus are attached to femur and tibia. The menisci transmit about 81% of the total vertical force of weight, of which 49% of the total force of weight is transmitted by the internal meniscus. A vertical pressure of 800 N, equivalent to a person's weight, is applied to the midline of the femur. compressive stress Shear has been compared. Only Static analysis is performed at full extrusion or zero degree of flexion. The results are in good agreement with the results of previous studies evaluated in this field.

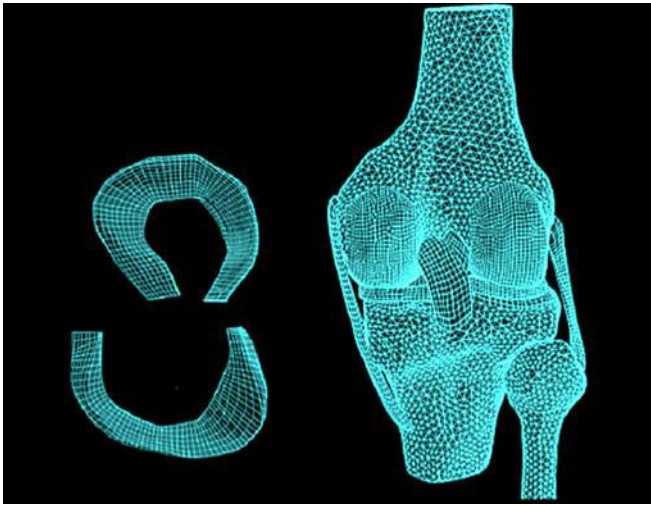


Figure 2. FEM of Joints and menisci

Table 1. Mechanical properties of meniscus, Anterior and posterior cruciate ligament

| Model components | Density Kg/m ³ | Poiss on ratio |
|-----------------------------|---------------------------|----------------|
| Meniscus | 1450 | 0.26 |
| Anterior cruciate ligament | 1240 | 0.3 |
| Posterior cruciate ligament | 1240 | 0.3 |

3. Results and Discussion

Longitudinal meniscus tear occurs when the anterior cruciate ligament is intact. Maximum contact pressure in the inner meniscus is 33.73 MPa and in the external meniscus is 3.23 MPa. The main stresses are minimum in the inner meniscus with a value of 2.95 MPa and compression, and in the external meniscus with a value of 6.21 MPa and compression. The maximum shear stress on the inner meniscus plate is 8.7 MPa and on the external meniscus plate 4.67 MPa. As a result, the maximum contact pressure in the rupture of the internal meniscus has increased by about 63%. In longitudinal rupture of the internal meniscus with anterior cruciate ligament, the maximum contact pressure occurs in the internal meniscus with a value of 5.99 MPa and in the external meniscus with a value of 2.86 MPa. The main stresses are minimum in the inner meniscus with a value of 6.38 MPa and compressive, and in the external meniscus with a value of 9.33 MPa and compressive. The maximum shear stress on the inner meniscus plate is 6.38 MPa and on the external meniscus plate is 9.33 MPa. Contact pressure is 6.82 MPa in ligament rupture and 3.25 MPa in healthy ligament. As a result, the maximum contact pressure in the ligament rupture has increased by about 54%.

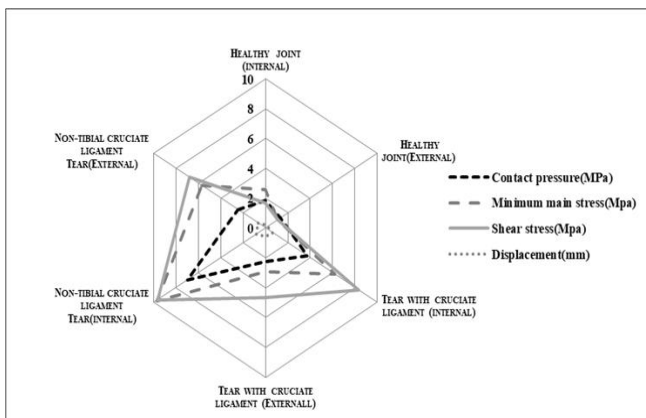


Figure 3. Comparison of analysis values in different modes

The model was compared with the logical results of previous papers, and although most of the results were qualitatively expressed, this study was able to provide a better understanding of the biomechanical behavior of the knee joint and different treatment methods. Previous studies have

compared the types of meniscus tears, the effect of meniscectomy on the biomechanics of the knee to determine the critical areas of the meniscus to be considered in surgery, and compared the types of meniscectomy, but at the same time, longitudinal meniscus rupture when healthy or Anterior cruciate ligament rupture has not been investigated. The results of this study showed that ligaments play an important role in the stability of the menisci and the results show that the interdependence of the meniscus and surrounding ligaments for normal joint function can be obtained. In many previous 3D models, the femur and tibia were assumed to be homogeneous and orthotropic elastic, which in this modeling was considered first with orthotropic properties and then as rigid; However, due to the close results, in order to reduce the volume of calculations, in this study, the behavior of the dense femur and tibia bones was considered as rigid. Numerical results showed that each meniscus tear leads to an increase in compressive and shear stress in the meniscus on the inside of the knee, especially for the meniscus with anterior cruciate ligament rupture. According to the results obtained in ligament rupture, the amount of stress and stress distribution diagram increased. The prevalence of longitudinal rupture is higher in the internal meniscus. In a healthy knee, the maximum amount of tension in the internal meniscus is higher than in the external meniscus, so the internal meniscus will be more damaged. The areas receiving the maximum stresses are also different in these two, the maximum stresses are located in the inner meniscus in the posterior part and in the external meniscus in the anterior part of its edges. The amount of shear stress, displacement and strain is higher in the areas of the meniscus where more stress is applied. And weight gain strongly affects the amount of meniscus deformation and shear stress, but weight gain does not change the distribution and displacement diagrams.

4. Conclusions and Recommendations

The meniscus is known as the part of the knee joint that has limited regenerative capacity. The finite element method can be used to evaluate the load, to investigate the distribution of stress components and strain components, and finally to predict the mechanical behavior and stability of the knee meniscus and surrounding ligaments. This model provides a better understanding of the role of the meniscus in transmitting the force of weight on the knee.

The finite element method can be used to evaluate the load, to investigate the distribution of stress components and strain components, and finally to predict the mechanical behavior and stability of the knee meniscus and surrounding ligaments. This model provides a better understanding of the role of the meniscus in transmitting the force of weight on the knee. Nowadays, finite element method is used to evaluate the effect of meniscectomy, choosing the right place to perform meniscectomy, bone biomechanical behavior and structural analysis of orthopedic implants.

In fact, the precise three-dimensional finite element model of the knee joint can be used in many medical fields such as accident simulation, sports equipment design, orthopedic implant design and construction simulation, and surgical equipment improvement. Therefore, the results of stress distribution on the menisci at the clinical level are used in meniscectomy surgeries and artificial meniscus construction (Grassi, Dal Fabbro, & Di Paolo, 2021).

References

- Carter, T. E., Taylor, K. A., Spritzer, C. E., Utturkar, G. M., Taylor, D. C., Moorman III, C. T., ... & DeFrate, L. E. (2015). In vivo cartilage strain increases following medial meniscal tear and correlates with synovial fluid matrix metalloproteinase activity. *Journal of biomechanics*, 48(8), 1461-1468.
- Athanasίου, K. A., & Sanchez-Adams, J. (2009). Engineering the knee meniscus. *Synthesis lectures on tissue engineering*, 1(1), 1-97.
- Andr s, T. Evaluating the Roles of Sporting Activity and Biomechanical Risk Factors of the Lower Extremity in the Etiology of the Patellofemoral Pain Syndrome.
- Fan, H., Wang, J., Fu, Y., Dong, H., Wang, J., Tang, C., ... & Shi, Z. (2014). A security evaluation of the rigid-fix crosses pin system used for anterior cruciate ligament reconstruction in tibial fixation site. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 7(11), 4597.
- Pena, E., Calvo, B., Martinez, M. A., Palanca, D., & Doblar , M. (2005). Finite element analysis of the effect of meniscal tears and meniscectomies on human knee biomechanics. *Clinical biomechanics*, 20(5), 498-507.
- Dong, Y., Hu, G., Dong, Y., Hu, Y., & Xu, Q. (2014). The effect of meniscal tears and resultant partial meniscectomies on the knee contact stresses: a finite element analysis. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*, 17(13), 1452-1463.
- Devaraj, A. K., Acharya, K. K. V., & Adhikari, R. (2021). Experimental and finite element investigations on the biomechanical effects of meniscal tears in the knee joint: a review. *Journal of Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering*, 50, 1-14.
- Henry, S., Mascarenhas, R., Kowalchuk, D., Forsythe, B., Irrgang, J. J., & Harner, C. D. (2012). Medial meniscus tear morphology and chondral degeneration of the knee: is there a relationship?. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 28(8), 1124-1134.
- Li, M., Li, Z., Li, Z., Jiang, H., Lee, S., Huang, W., & Zheng, Q. (2022). Transtibial pull-out repair of lateral meniscus posterior root is beneficial for graft maturation after anterior cruciate ligament reconstruction: a retrospective study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23(1), 1-12.
- Balta, O., Zengin, E. C., Eren, M. B., Citir, O. C., Altinayak, H., & Demir, O. (2022). Posterior root tear of the medial and lateral meniscus on magnetic resonance imaging of 10,980 knee. *Medicine*, 11(2), 656-65.
- Jiang, P., Cui, J., Chen, Z., Dai, Z., Zhang, Y., & Yi, G. (2020). Biomechanical study of medial meniscus after posterior horn injury: a finite element analysis. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 23(4), 127-137.
- Espejo-Baena, A., Espejo-Reina, A., Espejo-Reina, M. J., & Ruiz-Del Pino, J. (2020). The Finochietto sign as a pathognomonic finding of ramp lesion of the medial meniscus. *Arthroscopy techniques*, 9(4), e549-e552.
- Devaraj, A. K., Acharya, K. K. V., & Adhikari, R. (2021). Numerical Investigation of the Effects of Bucket Handle Tears and Subtotal Medial Meniscectomies on the Biomechanical Response of Human Knee Joints. In *Journal of Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering* (Vol. 49, pp. 1-20). Trans Tech Publications Ltd.



Farklı Malzemelerle Biyel Kolunun Deformasyon ve Gerilme Analizi

Selahattin Budak^{1*}

^{1*} Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9718-8350),
selahattinbudakk@gmail.com

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1125053)

ATIF/REFERENCE: Budak, S. (2022). Farklı Malzemelerle Biyel Kolunun Deformasyon ve Gerilme Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (37), 12-16.

Öz

Günümüzün araç teknolojisi, içten yanmalı motorlara dayanmaktadır. Ancak son yıllarda hibrid modeller piyasaya sunulmuştur. Bu modellerin amacı yakıt tüketimini azaltmaktır. Hibrid araçlar, elektrikli ve benzinli bir motorun aynı anda çalışması prensibine dayanmaktadır. Bu çalışma prensibine göre içten yanmalı motorların kullanımının uzun bir süre daha devam edeceği öngörülmektedir. Bu nedenlerle fosil yakıtla çalışan motorlarla ilgili çalışmalar halen devam etmektedir ve gelecekte de devam edeceği düşünülmektedir. Motor ve motoru meydana getiren makine elemanlarıyla ilgili yapılan çalışmalarda uygun tasarım ve malzeme seçimi ön plana çıkmaktadır. Dolayısıyla motoru meydana getiren parçalarının üretiminde dikkat edilmesi gereken tasarım ve kullanılan malzemenin uygunluğu ve ağırlığıdır. Motor elemanlarının tasarımını yaparken dikkat edilmesi gereken en önemli kısım motorun araca olan etkisini yani performansını en üst düzeye çıkarabilmek ve bu seviyeye ulaşabilmek için gerekli olan çalışmaların yapılabilmesidir. Bunun için de motoru oluşturan elemanların ve bu çalışmanın konusu olan biyel kolunun tasarımı büyük bir önem teşkil etmektedir. Motorun bir kısmını teşkil eden ve motor içerisinde oluşan gerilmelere yeterli dayanım göstermesi beklenen ve tek başına bir biyel kolundaki tasarım faktörü etkili görünmese de, birden fazla elemanın bir araya gelmesiyle tasarım ve dolayısıyla ağırlık açısından motorun performansı da bu durumdan etkilenmektedir. Bu çalışmada biyel kolu tasarımı yapılarak performans açısından gerekli analizler yapılmıştır. Dört farklı malzeme kullanılarak; alüminyum alaşımı, titanyum alaşımı, çelik alaşımı ve dökme demir, bir ANSYS Workbench yazılımı kullanılarak tasarımı yapılan biyel kollarının analizi yapılmıştır. Yapılan analizlerde, stres ve deformasyon ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak alüminyum alaşımı malzemenin hem ağırlık hem de malzemenin temini açısından en uygun tasarım olduğu sonucu elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyel kolu, Deformasyon, Gerilim.

Deformation and Stress Analysis of Connecting Rod with Different Materials

Abstract

Today's vehicle technology is based on internal combustion engines. However, hybrid models have been introduced to the market in recent years. The purpose of these models is to reduce fuel consumption. Hybrid vehicles are based on the principle of simultaneous operation of an electric and gasoline engine. According to this working principle, it is predicted that the use of internal combustion engines will continue for a long time. For these reasons, studies on fossil fuel-powered engines are still ongoing and are expected to continue in the future. Appropriate design and material selection come to the fore in studies on the engine and the machine elements that make up the engine. Therefore, it is the design and the suitability of the material used and the weight that should be considered in the production of the parts that make up the engine. The most important part to be considered while designing the engine elements is to maximize the effect of the engine on the vehicle, namely the performance, and to carry out the necessary studies to reach this level. For this, the design of the elements that make up the engine and the connecting rod, which is the subject of this study, is of great importance.

* Sorumlu Yazar: selahattinbudakk@gmail.com

Although the design factor in a connecting rod alone, which is a part of the engine and is expected to withstand the stresses formed in the engine, does not seem to be effective, the performance of the engine in terms of design and therefore weight is also affected by this situation. In this study, necessary analyzes were made in terms of performance by designing the connecting rod. Using four different materials; aluminum alloy, titanium alloy, steel alloy and cast iron, connecting rods designed using an ANSYS Workbench software were analyzed. In the analysis, studies on stress and deformation were carried out. As a result, it was concluded that the aluminum alloy material is the most suitable design in terms of both weight and material supply.

Keywords: Connecting rod, Deformation, Stress.

1. Giriş

Motor biyel kolu pistondaki dönme kuvvetini kranka ileten motorun dinamik bir parçasıdır. Biyel kolları motorlarda kullanılmakta ve krank ile birlikte çalışmaktadırlar. Biyel kolu motorun içinde pistondan aldığı itme hareketini krank miline dönme hareketi olarak iletmektedir. Milyonlarca tekrar eden yüke maruz kalan biyelin, motor içerisinde hareket ederken meydana gelen gerilmelerin sonucunda yeterli performansı göstermesi gerekir. Bununla birlikte pistonun yaptığı her devirde yön değiştirme ve durma hareketlerinde atalet kuvvetlerini azaltmak için de yeterince hafif olmalıdır. Biyel kolları, en düşük ağırlıkta mümkün olan en yüksek sağlamlıkta olacak şekilde geliştirilmelidir (Özdemir, 2013; Charka ve Jaju, 2009).

Çelik ve alüminyum alaşımlı malzemeler, biyel kolu için literatür araştırmasına bağlı olarak uygun malzemeler arasından seçilmektedir. Biyel kolları genellikle çelik ve alüminyum alaşımlarından dövme yöntemiyle üretilir. Ancak son yıllarda bazı üreticiler farklı malzeme ve üretim yöntemleri kullanarak daha hafif, daha ucuz ve daha esnek tasarımlar üzerinde çalışmaktadırlar. Kullanıldığı yere bağlı olarak biyelerde genellikle karbonlu ya da alaşımlı çelikler kullanılır. Normalde günümüzde kullanılan alüminyum, metal matrisli kompozit (MMC) formunda olup, alüminyum ve silisyum karbür alaşımlarından oluşur. Bu tip alüminyum matrisli kompozitler yaygın olarak kullanılmaktadır, çünkü bu malzemeler % 29 oranında artan sertlik ile ağırlıkta % 25 azalma ve % 20 oranında mukavemet artışına sahiptirler (Joshi ve Sharma, 2021; Joshi ve Sharma, 2021; Ekici, 2016; Acar, 2016).

Bir biyel tasarımı için, farklı üretim yöntemleri ile farklı malzeme türleri kullanılabilir. Biyeler genellikle toz dövme, dövme ve döküm yöntemleriyle üretilir ve motor içerisinde farklı yüklere maruz kalırlar. Yanma odasındaki gaz basıncından kaynaklanan boyuna sıkıştırma yüklemesi, piston hızındaki değişikliklerden kaynaklanan karşılıklı çekme ve sıkıştırma kuvvetleri, serbest bırakma hareketi nedeniyle gövdede eğilme ve sıkıştırma kuvvetleri nedeniyle maruz kalan burulma yüklemesidir (Bulut ve Cihan, 2020; Singh vd., 2015; Sathish vd., 2020).

Araştırmacılar, biyel kolu üzerinde birçok çalışma yapmışlardır. Londhe vd, (2009), test koşullarını simüle eden, doğru yorulma ömrünü tahmin etmeye yardımcı olan ve en önemlisi sanal doğrulama için kolay bir prosedür sağlayan doğru bir sonlu elemanlar (FE) modelleme tekniği ve analiz prosedürü oluşturmuşlardır. Bu amaca ulaşmak için statik gerinim ölçümü ve yorulma testleri yapılmıştır. Shaari vd., (2010) biyel koluna topoloji optimizasyonu uygulamışlardır. Mevcut tasarımın yapısal analizinden sonra topoloji optimizasyonu yapılmıştır. Analiz sonucunda ağırlık % 11,7 oranında azalmış ve tasarım bu sonuca göre yapılmıştır. Hüseyin vd, (2014), alüminyum alaşımı 7068

T6, T6511 malzemesini kullanarak biyel kolunun tasarımını ve analizini gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, alüminyum alaşımı dövme çelik gibi diğer malzemelere göre daha fazla güvenlik faktörüne, daha az ağırlığa, daha az strese ve daha fazla rijitliğe sahiptir. Pathade vd., (2012), sonlu elemanlar yöntemiyle I.C Motor bağlantı çubuğunun stres analizini gerçekleştirmişlerdir. Teorik ve sonlu elemanlar analizinden, bağlantı çubuğunun küçük ucundaki gerilimin, büyük ucundaki gerilimden daha büyük olduğunu bildirmişlerdir. Jaju ve Charkha (2009), maliyet ve malzeme optimizasyonu için dört zamanlı tek silindirli motorun biyel kolunun modellemesini ve analizini gerçekleştirmiştir. Önce bağlantı çubuğunun statik yük stres analizi ve ardından ağırlık için ikinci optimizasyon olmak üzere iki konuda çalışma yapmışlardır.

Daha hızlı ürün geliştirme ihtiyacının artması ve buna rağmen optimum tasarıma ulaşma ihtiyacı ile birlikte, sonlu elemanlar yöntemlerinin (FEM) önemi ve gerekliliği artmaktadır. Doğru gerilim ve deformasyon tahmini, özellikle biyel kolunun analizi ve sayısal doğrulaması için basit bir prosedür sağlar. Daha önce yapılan çalışmalar ışığında, bir ANSYS Workbench yazılımı kullanılarak biyel kolu analizi yapılmıştır. Çalışmada biyel kolunun Von-Misses gerilme ve deformasyon analizleri sayısal olarak incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

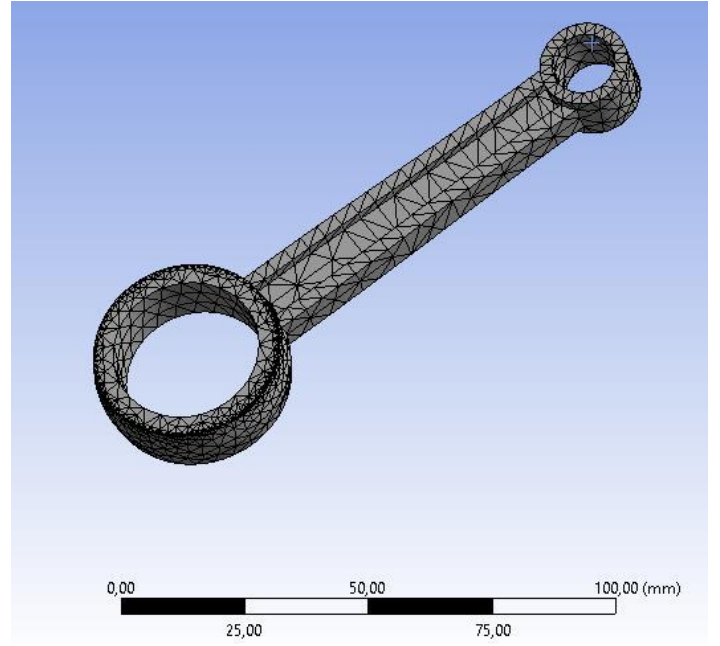
Bir biyel kolunun özellikleri tespit edilerek, yapısal olarak içinde bulunduğu çalışma koşullarını dikkate alınarak maruz kaldığı kuvvetler incelenmiş, bu kuvvetlere bağlı olarak analizler gerçekleştirilmiştir. Biyel tasarımı birçok parametre yardımıyla yapılabılır, elde edilen analiz sonuçları kullanılarak en uygun malzeme tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma yönteminde, öncelikli olarak karmaşık olan geometri sonlu elemanlar adı verilen daha basit birbirine bağlı küçük bölgelere ayrılmaktadır. Sonra, bu sonlu elemanlarda sürekli fonksiyonların tanımlanabileceği kabul edilmektedir. En son olarak da her bir elemanın düğüm noktalarındaki değerler sürekli olan denklemlerin çözümü ile elde edilmektedir (Acar, 2016).

Şekil 1'de bilgisayar destekli tasarım programıyla üretilmiş biyel kolu modeli verilmiştir. Daha sonra bu biyel kolu modeli ANSYS Workbench yazılımına, sayısal analizler gerçekleştirebilmek amacıyla aktarılmıştır. Uygulanan yükler için sonlu eleman analizleri (FEA) gerçekleştirilmiş olup, biyel kolunun tasarımında kullanılan AA6061-T6, Ti-6Al-4V, dökme demir ve yapısal çelik malzemelerin özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Modellemenin bir sonraki aşaması, oluşturulan modelin ağ modelinin oluşturulmasıdır. Dörtüzlü eleman tipi kullanılmıştır. Biyel kolunun ağ modeli, Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Biyel kolu katı modeli



Şekil 2. Biyel kolunun ağ modeli

Tablo 1. Biyel kolu malzemelerinin özellikleri

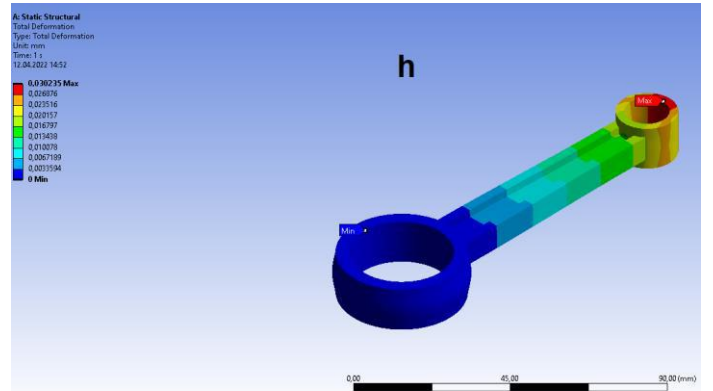
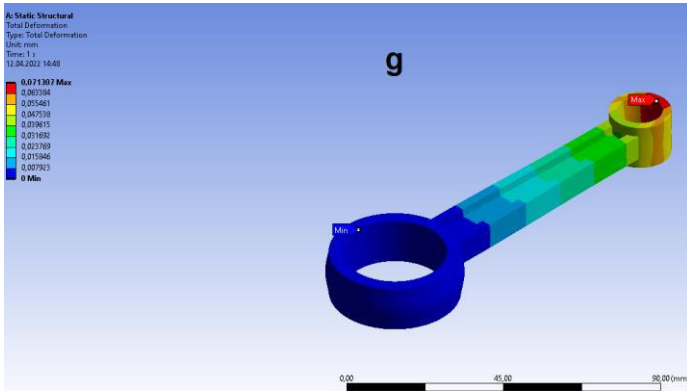
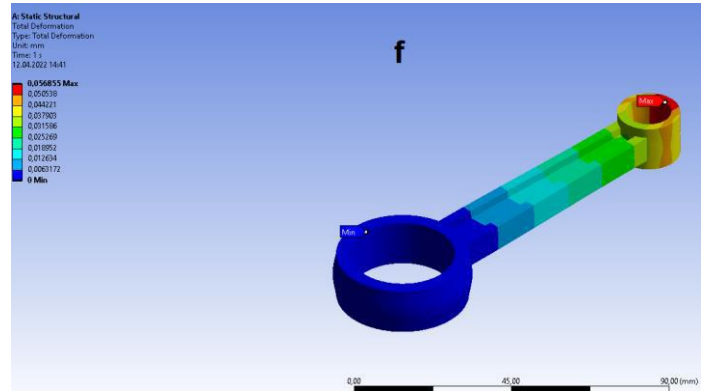
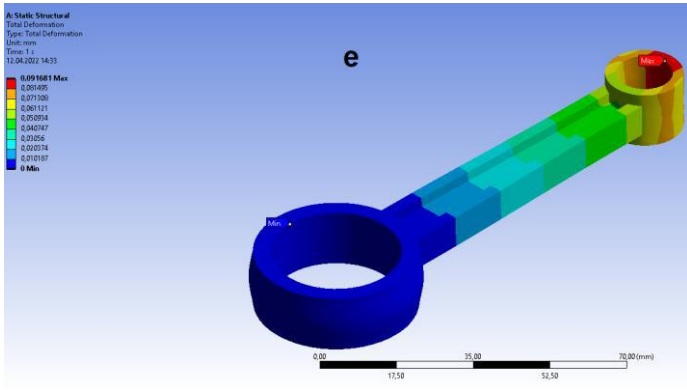
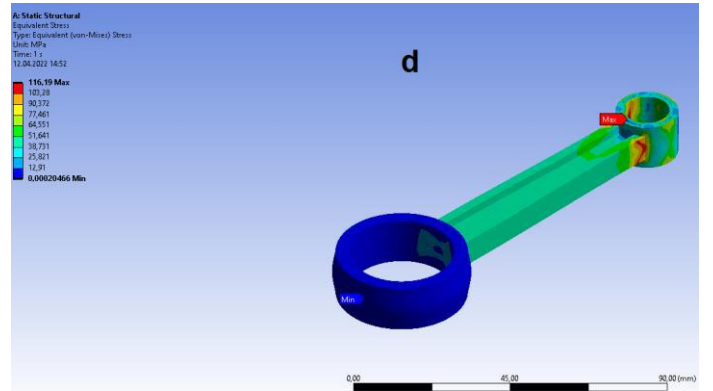
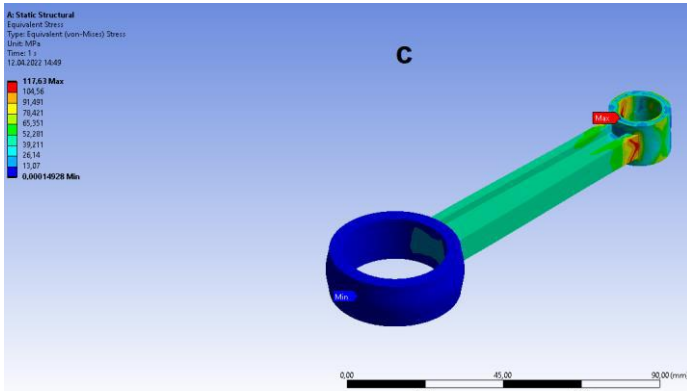
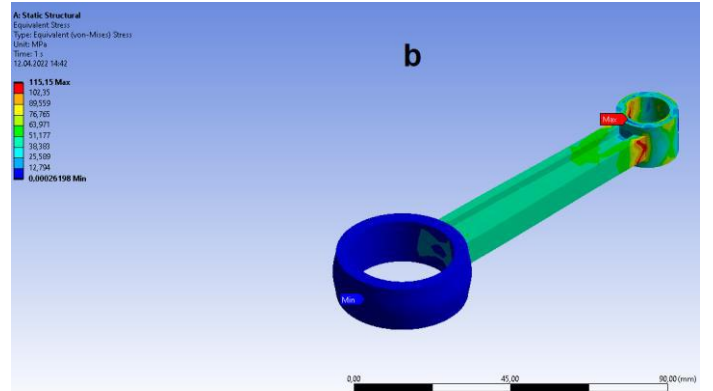
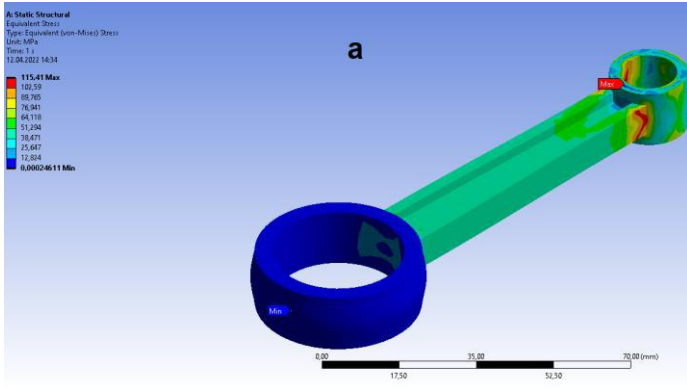
| Malzeme | UTS (Mpa) | Poisson Oranı | Young Modülü (GPa) | Yoğunluk (g/cc) | Kayma Modülü (GPa) |
|---------------|-----------|---------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| AA6061-T6 | 313 | 0.33 | 69.04 | 2.713 | 26 |
| Ti-6Al-4V | 918 | 0.3387 | 111.2 | 4.429 | 41.533 |
| Dökme demir | 141.4 | 0.26 | 89.44 | 6.999 | 35.492 |
| Yapısal çelik | 422.5 | 0.3046 | 210 | 7.850 | 80.484 |

Analizler için motor, motor hızı ve tork değerleri ile birlikte pistonu uygulanan kuvvet hesaplandığında; güvenlik faktörünün biyel tasarımında 5 ile 9 arasında kullanılması tavsiye edildiğinden, bu çalışmada güvenlik faktörü 5 olarak seçilmiş ve sonuç olarak 3420 N maksimum yükleme değeri elde edilmiştir (Ekici, 2016). Sonlu elemanların analizinde bu değer esas alınmıştır. Biyel kolları, motor içerisinde çalışırken çekme ve basma yüklerinin etkisi altındadır. Gaz ve atalet kuvvetlerinin etkisi açısından gaz kuvvetleri daha yüksek olduğundan basma gerilimi, çekme gerilimine göre daha etkilidir (Kumar ve Prajapati, 2017). Biyel kolunun krank mili ucu sabit tutularak piston pimi ucuna basma yükü uygulanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

FEA analizinin sonuçları bu bölümde hem görsel hem de sayısal olarak verilmiştir. Alüminyum alaşımı AA6061-T6, Ti-6Al-4V, dökme demir ve yapısal çelik malzemeler için basma analizleri yapılmıştır. Şekil 3’de gerilme dağılımı ve deformasyon analizlerine ait resimler verilmiştir.

FEM analizi sonucunda maksimum gerilmenin her zaman biyel kolunun küçük göz bölgesinde meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar literatürle de uyumludur. Delprete ve Carlo (2017), yaptıkları çalışmada maksimum stres değerini piston pimi uç bölgesinde tespit etmişlerdir. Pathade vd., (2012), tarafından yapılan analizlerde de gerilimin piston pimi bölgesinde daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. FEM analiz sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.



Şekil 3. Gerilme analizi; a) AA6061-T6, b) Ti-6Al-4V, c) Dökme Demir, d) Yapısal Çelik, Deformasyon Analizi; e) AA6061, f) Ti-6Al-4V, g) Dökme Demir ve h) Yapısal Çelik

Tablo 2. Analiz sonuçları

| Malzeme | Gerilme (MPa) | Deformasyon (mm) | Yoğunluk (g/cc) |
|---------------|---------------|------------------|-----------------|
| AA6061-T6 | 115.41 | 0.091 | 2.713 |
| Ti-6Al-4V | 115.15 | 0.056 | 4.429 |
| Yapısal çelik | 116.19 | 0.030 | 7.850 |
| Dökme demir | 117.63 | 0.071 | 6.999 |

4. Sonuç

Statik yapısal analizden, alüminyum alaşımı, titanyum alaşımı, dökme demir ve yapısal çelik için Eşdeğer Von-Misses gerilmeleri ve Toplam Deformasyon analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

Belirli bir yüklem altında alüminyum alaşımı ve titanyum alaşımının dökme demir ve yapısal çelik ile karşılaştırıldığında yüksek mukavemete sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Malzemelerin yoğunlukları dikkate alındığında, AA6061-T6 alaşımı, silindirde meydana gelen kuvvetleri diğerlerine göre daha az ağırlıkta karşılayabildiği ve bunun da motor performansı ve ağırlık açısından üstün olduğu düşünülmektedir. Ayrıca alüminyum malzemelerin teminindeki avantaj göz önüne alınırsa önemli faydalar sağlayacağı öngörülmektedir.

Ti-6Al-4V malzemesi ise demir ve çelik malzeme göre elde edilen sonuçlar ve yoğunluk farkı dolayısıyla kullanım açısından uygun görülmektedir.

Çelik ve demir malzemelerin analiz değerlerinin alüminyum ve titanyum alaşımı malzemeye yakın olmasına ve hatta çelik malzemenin deformasyon değerinin en az olmasına rağmen motorun ağırlığını arttırdığı için efektif olmadıkları düşünülmektedir.

Tasarım faktörleri dikkate alınarak; farklı tasarım ve farklı malzemeler kullanılarak, biyel kollarının geliştirilmesi amacıyla yeni çalışmalar yapılabilecektir.

Kaynakça

Acar, H. (2016). Biyel kolu analizi, optimizasyonu ve yorulma davranışının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bulut, M., & Cihan, Ö. (2020). Stress and deformation analysis of a connecting rod by using ANSYS. *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, 9(3), 154-160.

Charkha, P. G., & Jaju, S. B. (2009, December). Analysis & optimization of connecting rod. In *2009 Second International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology* (pp. 86-91). IEEE.

Delprete, C., & Rosso, C. (2017). Weight reduction through material changing in a commercial diesel engine: piston pin and connecting rod case studies. *International Journal of Automotive Composites*, 3(2-4), 83-100.

Ekici, H. N. (2019). Design and manufacturing of a connecting rod for gasoline engines made by high performance plastic. Ph. D. Thesis, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Hussin, M. A., Sinha, E. P. K., & Darbari, D. A. S. (2014). Design and analysis of connecting rod using aluminium alloy 7068 T6, T6511. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 5(10), 57-69.

Jaju, S. B., & Charkha, P. G. (2009). Modeling & analysis of connecting rod of four stroke single cylinder engine for optimization of cost & material. *International Journal of Applied Engineering Research*, 4(7), 1277-1286.

Joshi, S., & Sharma, S. (2021). Simulation and Modelling of Connecting rod of IC by Using Material C70S6. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 2(7), 204-208.

Joshi, S., & Sharma, S. (2021). Simulation and modelling of connecting rod of IC by using aluminium alloy. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 2(7), 209-214.

Kumar, M., & Prajapati, S. N. (2017). Design, buckling and fatigue failure analysis of connecting rod: a review. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 4(7), 237208.

Londhe, A., Yadav, V., & Sen, A. (2009). Finite Element Analysis of Connecting Rod and Correlation with Test (No. 2009-01-0816). SAE Technical Paper.

Özdemir, T. (2013). Motor biyel kolunun baş kısmının kırılmasının sonlu elemanlar yöntemi ile nümerik analizi üzerine bir çalışma. Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Pathade, V. C., Patle, B., & Ingale, A. N. (2012). Stress analysis of IC engine connecting rod by FEM. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 1(3), 12-15.

Singh, P., Pramanik, D., & Singh, R. V. (2015). Fatigue and structural analysis of connecting rod's material due to (CI) using FEA. *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, 4(4), 245-253.

Sathish, T., Kumar, S. D., & Karthick, S. (2020). Modelling and analysis of different connecting rod material through finite element route. *Materials Today: Proceedings*, 21, 971-975.

Shaari, M. S., Rahman, M. M., Noor, M. M., Kadirgama, K., & Amirruddin, A. K. (2010). Design of connecting rod of internal combustion engine: A topology optimization approach. *National Conference in Mechanical Engineering Research and Postgraduate Studies (2nd NCMER 2010)*, 155-166.



Reolojik Parametreleri Ölçülebilen Farklı C₃A Oranına Sahip Hamur Karışımlarında Optimum Su Azaltıcı Katkı Dozajının ve Su Muhtevasının Belirlenmesi

Kemal Karakuzu¹, Veysel Kobya², Ali Mardani^{3*}

¹ Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1023-3962), karakuzu.kemal@gmail.com

² Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1226-8405), v.kobya@gmail.com

³ Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0326-5015), ali.mardani16@gmail.com

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1125646)

ATIF/REFERENCE: Karakuzu, K. Kobya, V. & Mardani, A. (2022). Reolojik parametreleri ölçülebilen farklı C₃A oranına sahip hamur karışımlarında optimum su azaltıcı katkı dozajının ve su muhtevasının belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (37), 17-20.

Öz

C₃A oranı, çimentolu sistemlerin reolojik özelliklerini büyük oranda etkileyen parametrelerden birisidir. C₃A oranındaki artışla birlikte hedef yayılmayı sağlamak için su azaltıcı katkı ve/veya su ihtiyacı artmaktadır. Hamur karışımlarının reolojik parametrelerinin ölçümü için üretilen karışımların su/çimento (s/ç) oranı ve su azaltıcı katkı gereksiniminin belirlenmesinde; kullanılan reometrenin tipi, uygulanan yöntem, karışımın homojen hazırlanması ve su azaltıcı katkı içeriği gibi parametreler dikkate alınmaktadır. Üretilen karışımın aşırı katı (reometrenin ölçüm kapasitesini aşabilir/karışım homojen olmayabilir) ve aşırı akışkan (ayırışma riski olabilir) olmaması gerekmektedir. Bu sebeple, reolojik ölçüm alınabilen karışımlarda, optimum su azaltıcı katkı gereksinimi ve s/ç oranının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, farklı C₃A oranına sahip hamur karışımlarında reolojik ölçüm alınabilen ve segregasyona yol açmayan optimum polikarboksilat esaslı su azaltıcı katkı (PCE) dozajı ve s/ç oranı araştırılmıştır. Bu amaçla, %2, %3, %6, %9 olmak üzere 4 farklı oranda C₃A oranına sahip CEMI 42.5R tipi portland çimentosu kullanılmıştır. 5 farklı dozajda PCE (çimento ağırlığının %0, 0.05, 0.10, 0.15 ve 0.20'si) ilave ederek 4 farklı s/ç oranına (0.30, 0.32, 0.35 ve 0.40) sahip toplam 80 farklı hamur karışımı hazırlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, karışımların C₃A oranındaki artışla birlikte katkı ihtiyacının ve s/ç oranının arttığı gözlemlenmiştir. Öte yandan, düşük C₃A oranına sahip karışımlarda, PCE dozajının ve s/ç oranının artmasıyla segregasyon eğiliminin arttığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, hamur karışımlarında reolojik parametreler bakımından optimum PCE dozajı %0, %0.10 ve %0.15 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, optimum s/ç oranı 0.32 ve 0.35 aralığında elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: C₃A, Su/çimento oranı, Su azaltıcı katkı, Reoloji

Determination of Optimum Water Reducing Admixture Dosage and Water Content in the Measurement of Rheological Parameters of Paste Mixtures Having Different C₃A Ratios

Abstract

C₃A ratio is one of the parameters that greatly affects the rheological properties of cementitious systems. With the increase in the C₃A ratio, the water reducing admixtures and/or water requirement increases to achieve the target spread. Some parameters are taken into account such as the type of rheometer, application of the method, the homogeneous preparation of the mixture and the water reducing admixture content in determining the water/cement (w/c) ratio and water reducing admixture requirement in the mixtures produced for the measurement of the rheological parameters of paste mixtures. The mixture produced should not be too solid (it may exceed the measuring capacity of the rheometer / the mixture may not be homogeneous) and excessively fluid (there may be a risk of segregation). For this reason, it is of great importance to determine the optimum water reducing admixture requirement and water/cement (w/c) ratio in mixtures where rheological measurements can be taken. In this study, optimum polycarboxylate-based water reducing admixture (PCE) dosage and w/c ratio were investigated in paste mixtures having different C₃A ratios. For this purpose, CEMI 42.5R type portland cement with 4 different C₃A ratios as 2%, 3%, 6% and 9% was used. A total of 80 different paste mixtures with 4 different w/c ratios (0.30, 0.32, 0.35 and 0.40) were prepared by adding PCE (0, 0.05, 0.10, 0.15 and 0.20% by weight of cement) in 5 different dosages. According to the results, it was observed that the admixture requirement and w/c ratio increased with the increase in the C₃A ratio of the mixtures. On the other hand, it was determined that the segregation tendency increased with the increase of PCE dosage and w/c ratio in mixtures with low C₃A ratio. As a result, the optimum PCE dosage was determined as 0%, 0.10% and 0.15% in terms of rheological parameters in paste mixtures. Also, the optimum w/c ratio was obtained between 0.32 and 0.35.

Keywords: C₃A, Water/cement ratio, Water reducing admixture, PCE, Rheology

* Sorumlu Yazar: ali.mardani16@gmail.com

1. Giriş

Çimentonun C₃A bileşeni, karışımların reolojik özellikleri ve erken yaş dayanımı üzerinde büyük etkiye sahiptir. Çimentonun su ile temasıyla birlikte C₃A çok hızlı şekilde reaksiyona girerek suyu tüketir (Mardani-Aghabaglou, 2016; Karakuzu ve ark, 2021). Ayrıca, C₃A içeriğinin yüksek olması, su azaltıcı katkı varlığında çimento- katkı uyumu sorunlarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, çimentolu karışımlarda genellikle C₃A oranının düşük olması tercih edilmektedir (Zingg ve ark, 2009; Alonso ve Puertas, 2015; Altun ve ark, 2021). Su azaltıcı katkı ve çimento arasındaki uyumsuzluk, erken çökme kaybı, düşük yayılma performansı, belirli bir kıvam için yüksek PCE gereksinimi, şiddetli segregasyon ve hidrasyon gecikmesi gibi çeşitli şekillerde kendini gösterebilir (Han ve ark, 2011; Liu ve ark, 2021; Özen ve ark, 2021).

C₃A oranındaki artışla birlikte hedef yayılmayı sağlamak için su azaltıcı katkı ve/veya su ihtiyacı artmaktadır. Bu durumun, C₃A oranı yüksek çimentolu karışımlarda, optimum s/ç oranı ve PCE gereksiniminin belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu bağlamda, C₃A oranı değişiminin çimentolu sistemlerin taze hal, reolojik özelliklerine etkisi incelenirken, tüm karışımlar için, ölçüm alınabilir ve karşılaştırılabilir aralıkta optimum s/ç oranı ve PCE dozajı seçimi dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada, farklı C₃A oranına sahip hamur karışımlarında reolojik ölçüm alınabilen ve segregasyona yol açmayan optimum polikarboksilat esaslı su azaltıcı katkı (PCE) dozajı ve s/ç oranı araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Malzeme

Bu çalışmada, %2, %3, %6, %9 olmak üzere 4 farklı oranda C₃A içeriğine sahip CEMI 42.5R tipi portland çimentosu kullanılmıştır. Çimentolara ait bazı özellikler Tablo 1'de gösterilmiştir. 5 farklı dozajda PCE (çimento ağırlığının %0, %0.05, 0.10, 0.15 ve 0.20'si) ilave ederek 4 farklı s/ç oranına (0.30, 0.32, 0.35 ve 0.40) sahip toplam 80 farklı hamur karışımı hazırlanmıştır. Kullanılan PCE'ye ait bazı özellikler Tablo 2'de gösterilmiştir.

2.2. Metot

Hamur karışımları TS EN 196-1'e uygun olarak hazırlanmıştır. Bu amaçla, su ve çimento 62.5 rpm hızla 30 saniye boyunca karıştırılmıştır. Karıştırma kabının cidarı sıyrıldıktan sonra PCE ilave edilerek 125 rpm hızla 120 saniye daha karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi bitince karışım yavaşça ve örselemeden reometre kabına alınmıştır. Karışımların ölçüm alınabilirliğinin belirlenmesinde, Şekil 1'de gösterilen 8 mm'lik bilyeli ölçüm sistemine sahip (MCR52 Ball Measuring System-BMS) reometre kullanılmıştır. Ölçümün başlangıcında reometrenin maksimum tork kapasitesi olan 200 mN.m değerine ulaşması durumunda karışımın aşırı katı olduğu kabul edilerek deney sonlandırılmıştır. Ayrıca, reometre kabındaki karışımın yüzeyinde suyun birikmesi ve hava kabarcıklarının ortaya çıkması, bilyenin dönerken hamurda açtığı izin kapanma durumlarına göre segregasyon hali gözlemlenmiştir.

Karışımların isimlendirilmesinde çimento C₃A oranı dikkate alınmıştır. Örneğin, %3 oranında C₃A içeren çimento ile hazırlanan hamur karışımı, C3 ile isimlendirilmiştir.

Tablo 1. Çimentoya Ait Bazı Özellikler

| (%) | C2 | C3 | C6 | C9 | Fiziksel özellikler | C2 | C3 | C6 | C9 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| SiO ₂ | 18,94 | 19,58 | 19,73 | 20,15 | Özgül ağırlık | 3,21 | 3,20 | 3,17 | 3,1 |
| Al ₂ O ₃ | 4,33 | 4,72 | 5,19 | 5,53 | Blaine özgül yüzey (cm ² /g) | 3786 | 3754 | 3659 | 4259 |
| Fe ₂ O ₃ | 5,53 | 5,27 | 4,10 | 3,31 | 0.090 mm elek üstü kalan (%) | 4,8 | 0,2 | 0,2 | 0,0 |
| CaO | 61,67 | 60,62 | 62,62 | 62,68 | 0.045 mm elek üstü kalan (%) | 11 | 4,6 | 4,2 | 2,6 |
| MgO | 1,55 | 1,77 | 1,75 | 1,69 | Mekanik özellikler | C2 | C3 | C6 | C9 |
| SO ₃ | 2,82 | 2,66 | 2,36 | 3,10 | Basınç dayanımı (MPa) | 2 günlük | 25,8 | 24,6 | 26,3 |
| K ₂ O | 0,57 | 0,54 | 0,57 | 0,58 | | 28 günlük | 48,5 | 48,4 | 51,0 |
| Na ₂ O | 0,31 | 0,32 | 0,36 | 0,26 | | | | | |
| LOI | 3,33 | 3,34 | 3,01 | 4,31 | | | | | |

Tablo 2. Su Azaltıcı Katkıya Ait Bazı Özellikler

| Tür | Katı içeriği (%) | Yoğunluk (g/cm ³) | pH 25°C | Klorid içeriği (%) | Alkali oranı, Na ₂ O (%) |
|------------------------|------------------|-------------------------------|---------|--------------------|-------------------------------------|
| Polikarboksilat esaslı | 40 | 1.070 | 2-5 | <0.1 | <10 |



Şekil 1. BMS Ölçüm Sistemine Sahip Reometre

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Farklı C₃A oranına sahip hamur karışımlarında reolojik ölçüm alınabilen ve segregasyona yol açmayan optimum PCE dozajı ve s/ç oranının araştırıldığı bu çalışmada, elde edilen sonuçlar Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3'teki sonuçlara göre, çimento C₃A oranı ve su/çimento oranından bağımsız olarak, hamur karışımlarında

%0,05 oranında PCE kullanıldığında, katkısız karışımlara kıyasla karışımların akıcılık özelliğinde önemli bir değişiklik olmamıştır. Dozajın çok düşük olmasının, PCE'nin karışımlar üzerinde yeterli etkinlik gösterememesine yol açtığı düşünülmektedir. Ayrıca, %0,15'in üzerinde PCE kullanıldığında karışımlarda genellikle segregasyon meydana gelmiştir. PCE dozajı ve çimento C₃A içeriğinden bağımsız olarak, 0,40 su/çimento oranında hazırlanan karışımlarda genellikle segregasyon durumu görülmüştür.

0,30 su/çimento oranında hazırlanan C9 karışımında ise %0,15 oranında PCE ilavesine kadar karışımın aşırı katı olduğu görülmüştür. Çimentonun su ile temas etmesiyle birlikte, C₃A'nın hızlı şekilde suyu tüketmesi, karışımların katılaşmasına neden olmaktadır (Mardani-Aghabaglou, 2016; Karakuzu ve ark, 2021). %0,15'in altında PCE kullanılması ise, söz konusu çimento hamurunun ölçüm alınabilirliği için yeterli katkıyı sunmamıştır. 0,30 su/çimento ve %0,10 oranında PCE ile hazırlanan C9 çimentosuna ait hamur karışımının reometre kabındaki aşırı katı durumu Şekil 2'de gösterilmiştir.

Elde edilen tüm sonuçlar incelendiğinde segregasyon ve ölçüm alınabilirlik bakımından optimum PCE dozajının %0, 0,10 ve 0,15 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca söz konusu kriterler bakımından en uygun su/çimento oranı ise 0,32 ve 0,35 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3. Hamur karışımlarında optimum PCE dozajı ve su/çimento oranının belirlenmesi için yapılan tarama listesi

| PCE dozajı | su/çimento oranı | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|
| | 0,30 | | | | 0,32 | | | | 0,35 | | | | 0,40 | | | |
| | C2 | C3 | C6 | C9 | C2 | C3 | C6 | C9 | C2 | C3 | C6 | C9 | C2 | C3 | C6 | C9 |
| %0 | ✓ | ✓ | ✓ | Δ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | x | x | ✓ | ✓ |
| %0,05 | ✓ | ✓ | ✓ | Δ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | x | x | x | ✓ |
| %0,10 | ✓ | ✓ | ✓ | Δ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | x | x | x | ✓ |
| %0,15 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | x | x | x | x |
| %0,20 | x | x | ✓ | ✓ | x | x | ✓ | ✓ | x | x | ✓ | ✓ | x | x | x | x |

✓ :
uygun

Δ :
fazla katı

x :
ayrışma



Şekil 2. 0,30 su/çimento ve %0,10 PCE ile hazırlanan C9 çimentosuna ait aşırı katı hamur karışımının reometre kabındaki durumu
e-ISSN: 2148-2683

4. Sonuç

Farklı C₃A oranına sahip hamur karışımlarında reolojik ölçüm alınabilen ve segregasyona yol açmayan optimum PCE dozajı ve s/ç oranının incelendiği bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- PCE'nin %0,05 oranında kullanılması, karışımların ölçüm alınabilirliği üzerinde belirgin bir etkiye yol açmamıştır.
- C9 çimentosu kullanılarak 0,30 s/ç oranında hazırlan karışımlarda, PCE'nin %0,15'in altında kullanılmasının, karışımların reolojik ölçüm alınabilirliğine etkisi görülmemiştir.
- PCE'nin %0,20 oranında kullanılması veya s/ç oranının 0,40 olması, karışımlarda genellikle segregasyona neden olmuştur.
- C₃A oranının artışı, genellikle PCE ve/veya su ihtiyacını arttırmıştır.
- Tüm karışımlar için optimum PCE ve su/çimento oranları sırasıyla %0,10, %0,15 ve 0,32, 0,35 olarak belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) katkılarından dolayı teşekkür etmektedir (Proje No: 219M425).

Kaynakça

Alonso, M. M., & Puertas, F. (2015). Adsorption of PCE and PNS superplasticisers on cubic and orthorhombic C₃A.

Effect of sulfate. *Construction and Building Materials*, 78, 324-332.

Altun, M. G., Özen, S., & Mardani-Aghabaglou, A. (2021). Effect of Side Chain Length Change of Polycarboxylate-Ether-Based High-Range Water-Reducing Admixture on Properties of Cementitious Systems Containing Fly Ash. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 33(4), 04021015.

Han, S., Yan, P., & Kong, X. (2011). Study on the compatibility of cement-superplasticizer system based on the amount of free solution. *Science China Technological Sciences*, 54(1), 183-189.

Karakuzu, K., Kobya, V., Mardani-Aghabaglou, A., Felekoğlu, B., & Ramyar, K. (2021). Adsorption properties of polycarboxylate ether-based high range water reducing admixture on cementitious systems: A review. *Construction and Building Materials*, 312, 125366.

Liu, M., Gao, Y., Zhang, L., Jiang, G., Zeng, C., & Wang, P. (2021). The application of thermal analysis to study the hydration behavior of tricalcium aluminate-gypsum in the presence of polycarboxylate-based superplasticizers. *Thermochimica Acta*, 696, 178821.

Mardani-Aghabaglou, A. (2016). Investigation of cement-superplasticizer admixture compatibility (Doctoral dissertation, PhD Thesis. Turkey, Izmir, Ege University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department).

Özen, S., Altun, M. G., Mardani-Aghabaglou, A., & Ramyar, K. (2021). Effect of main and side chain length change of polycarboxylate-ether-based water-reducing admixtures on the fresh state and mechanical properties of cementitious systems. *Structural Concrete*, 22, E607-E618.

Zingg, A., Winnefeld, F., Holzer, L., Pakusch, J., Becker, S., Figi, R., & Gauckler, L. (2009). Interaction of polycarboxylate-based superplasticizers with cements containing different C₃A amounts. *Cement and Concrete Composites*, 31(3), 153-162.



Öznitelik-Odaklı Sensor Verisi Bazlı Uçak Motorları Geriye Kalan Faydalı Ömür Tahminleme

Kemal Çağlar Girgin^{1*}, Cemil Zalluhoğlu²

¹ Hacettepe Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Ankara, Türkiye, k.caglar.girgin@gmail.com

² Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8716-6297), cemilzalluhoglu@gmail.com

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1125433)

ATIF/REFERENCE: Girgin, K. Ç. & Zalluhoğlu, C. (2022). Öznitelik-Odaklı Sensor Verisi Bazlı Uçak Motorları Geriye Kalan Faydalı Ömür Tahminleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (37), 21-27.

Öz

Uçak motorunun durumu, uçağın güvenliğini, uçuş kalitesini ve çalışmasını doğrudan etkiler. Uçak motorları için belirti izleme faaliyetleri, motorun kalan faydalı ömrünü tahmin etmek için bir önceden önlem alınmasını sağlayabilecek bir avantaj yaratabilir. Uçak motoru yapıları hem soyut hem de somut bileşenlerle karmaşık olduğundan, motor faaliyet bozulma sürecini göstermek oldukça zahmetlidir. Bu yazıda, kalan faydalı ömür tahmini doğruluğunu iyileştirmek için öznitelik odaklı çerçeve geliştirilmiştir. Bu çerçeve, motorlardan gelen gereksiz duyuşal girdileri ortadan kaldırır ve hesaplama maliyetlerini düşürür. Bir uygulama örneği olarak, sensör verilerine dayalı olarak uçak motorunun kalan faydalı ömrünü tahmin etmek için geliştirilmiş öznitelik odaklı çerçeve kullanılmıştır. Sonuçlar, diğer yöntemleri uygulamadan önce, birçok girdi özelliğine sahip sistemlerin, maliyeti düşürmek için özellik uyarlama prosedürlerine ihtiyaç duyduğunu, ancak kalan faydalı ömrü tahmin etmek için kesinliği artırdığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Uçak Motor, Veri Madenciliği, Makine Öğrenmesi, Destek Vektör Makineleri, Lojistik Regresyon, Doğrusal Regresyon, NASA Turbofan Veri Seti, Öznitelik Seçme, PCA

Feature-Oriented Remaining Useful Life Prediction of Aircraft Engines Based on Sensor Data

Abstract

Aircraft engine's condition straightforwardly influences the security, unwavering quality, and operation of the aircraft. Prognostics and wellbeing administration for aircraft engines can give a advantage to estimate the remaining useful life of the engine and can enable to take precautionary actions in advanced. Be that as it may, aircraft engine frameworks are complex with both intangible and dubious components, it is troublesome to demonstrate the complex degradation process. In this article, the remaining useful life estimation is developed to improve feature -oriented framework. This frame eliminates unnecessary sensory inputs from engines and reduces calculation costs. As an application example, the developed feature -oriented frame has been used to estimate the remaining use of the aircraft engine based on sensor data. The results show that before applying other methods, systems with many input characteristics need feature adaptation procedures to reduce costs, but increase the certainty to estimate the remaining useful life.

Keywords: Aircraft engine, data mining, machine learning, support vector machines, logistics regression, linear regression, nasa turbofan data set, attribute selection, PCA

* Kemal Çağlar Girgin: Hacettepe Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Ankara, k.caglar.girgin@gmail.com

1. Giriş

Modern havacılık teknolojisinin hızlı gelişimi, güvenilirlik ve kalite endeksleri için daha yüksek ön koşullara sahip, giderek daha karmaşık mimarilere sahip olan uçak sistemlerine yol açmaktadır. Bu kapsamda, uçağın sahip olduğu motor birçok faktöre göre genel güvenliği, işletimi ve bakımı doğrudan etkilemektedir.

Erken teşhis ve sağlık izleme yetenekleri, sadece uçak motorlarında değil, performans gözetimlerini sağlayacak birçok özelliğe sahip tüm motorlarda giderek daha önemli hale gelmektedir. Motorlardan arıza erken teşhis ve sağlık izleme bilgilerini elde etmek için, teknik elemanların motorlarla ilgili titreşim, yağ sıcaklığı, motor sıcaklığı, likidite seviyesi vb. gibi verilere ulaşması gerekmektedir. Bu nedenle, uçak motorunun kalan faydalı ömrünün önceden tahmin edilerek arızalanmaması veya ilgili önlemlerin önceden alınması için sadece önemli sensör çıkış verilerinin alınması büyük önem arz etmektedir.

Kalan faydalı ömür (RUL) tespiti için mevcut birçok yöntemden öznitelik odaklı olan yöntemler, başarılı tahminleme konusunda en umut verici olan yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir uçak motorunun RUL'unu tahmin etmeye çalışırken önemli sayılabilecek birçok faktör bulunmaktadır. Model geliştirme için ilk önemli kural verilere nasıl yaklaşılabileceği ve değerlendirileceğinin belirlenmesidir. Modeller bu ifade etrafında geliştirileceğinden, neyin hedeflendiğini anlamak çok önemli olmaktadır.

Bu çalışmada seçili bir veri setine öznitelik odaklı bir yapı kurularak, farklı makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak modellerin eğitilmesiyle uçak motorunun geriye kalan faydalı ömür süresi tahminleme analizinin ne oranda başarılı bir şekilde yapabildiği araştırılmaktadır. Örnek çalışmaların bazılarında kullanılan bu yapı araştırılarak, bu çalışmada daha gelişmiş ve hızlı bir yapı kurulmaya çalışılmaktadır. Kurulan yapı, çok sayıda sensör bilgisinden çıkarılabilecek önemli verilerin toplamını en üst düzeye çıkarmayı, hem deneyime dayalı hem de veriye dayalı yaklaşımları entegre etmeyi amaçlamaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. İlgili Çalışmalar

Uçak motor RUL tahminleme konusunda gerçekleştirilen çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bunlardan bazıları doğru tahminlemeye ulaşmak için öznitelik özelliklerine [1-3] odaklanırken, bazıları çalışan ve arızalı motorlar arasındaki geçiş durumlarına odaklanmaktadır [4-6]. Bu çalışmaların amacı, arızalar hakkında önceden uyarı sağlamak, sistem ömrünü uzatmak ve arızalı motorları önceden teşhis etmektir.

Uçak motorları kalan faydalı ömür üzerine literatürde yapılmış çalışmaların bazıları raporun bu kısmında listelenmektedir:

Xu vd. [1] çalışmasında, sistem durumu tahmin doğruluğunu geliştirmek için prognostik ve sağlık yönetimi odaklı bir entegre füzyon prognostik çerçevesi geliştirilmektedir. Bu çerçeve, izleme sensörü verilerini stratejik olarak birleştirmektedir ve ilgili sınırlamalarını azaltırken veriye dayalı prognostik yaklaşımın ve deneyime dayalı yaklaşımın güçlü yanlarını bütünleştirmektedir.

Javed vd. [4] çalışmasında, başarısızlık prognostik için iyileştirmek için yeni bir yaklaşım önermektedir. Özetle, önerilen prognostik model, yıpranma davranışı tahmin etmek, yıpranan makinelerin durumlarını otomatik olarak belirlemek için bir Toplama Dalgacığı Aşırı Öğrenme Makinesi (SWELM)

ve Çıkarıcı-Maksimum Entropi Bulanık Kümeleme (S-MEFC) olmak üzere iki yeni algoritmayı bütünleştirmektedir.

Wang vd. [7] çalışmasında, Kalan Faydalı Ömür(RUL) tahmin etmek için benzerliğe dayalı bir yaklaşım sunulmaktadır. Yaklaşımında, özellikle tasarlanmış bir sistem için bol miktarda çalışmadan-arızaya verinin mevcut olduğu durumlar için uygunluğu belirtilmiştir. Aynı sistemin birden çok biriminden gelen veriler, çalışmanın bozulması şeklinde oluşturulan kalıpların kitaplığını oluşturmak için kullanılmaktadır. Bir test biriminin RUL'u tahmin edilirken, test biriminden gelen veriler kitaplıktaki bu kalıplarla eşleştirilmekte ve bu eşleşen birimlerin kalan gerçek ömrü tahminin temeli olarak kullanılabilir. Sonuçlar, benzerlik temelli yaklaşımın RUL tahminini gerçekleştirmede çok etkili olduğunu göstermektedir.

Liu vd. [8] çalışmasında, sensör teknolojisinin hızlı gelişimi ve bir mühendislik sisteminin durumunu izlemek için birden fazla sensörün kullanılmasına değinerek kalan kullanım ömrünü tahmin etmedeki doğruluğunu geliştirmek amacıyla birden fazla sensörden gelen veriyi entegre edebilen metodolojiler geliştirmenin önemini vurgulamaktadır. Bu çalışmada, çoklu bozulma tabanlı sensör verilerinin birleştirilmesi yoluyla sistemin performansını karakterize etmek için birleşik bir sağlık endeksi oluşturmak için bir metodoloji sunulmaktadır. Bu metodoloji, gelişmiş bir bozulmaya dayalı modele yol

açan veri seçimi, veri işleme ve veri birleştirme adımlarını içermektedir.

Moghaddass vd. [9] çalışmasında, etkin prognostik ve sistem durumu yönetimi (PHM) çerçevesi aracılığıyla arızaların ve arızaların zamanında tespitinin, yıkıcı arızaları önlemek ve sistemlerin genel bakım maliyetini en aza indirmek için proaktif olarak programlanabilecek uygun bakım eylemlerine yol açabileceğine değinilmektedir. Çalışmada, gözlemlenemeyen bozulma altında mekanik sistemlerin çevrimiçi teşhisi ve prognostik pratik zorluklarına değinilmektedir. İlk olarak, çok durumlu bir bozulma yapısının unsurları gözden geçirilmektedir ve ardından bir model seçim çerçevesi tanıtılmaktadır. Çevrimiçi teşhis ve prognostik için kullanılabilir önemli dinamik performans ölçüleri tanıtılmaktadır.

Tamilselvan vd. [10] çalışmasında, derin inanç ağı (DBN) kullanan yeni bir "çok sensörlü sağlık tanı yöntemi" sunulmaktadır. DBN, hızlı çıkarım, daha zengin ve daha yüksek dereceli ağ yapılarını kodlama yeteneği gibi vaat ettiği avantajları nedeniyle son zamanlarda makine öğreniminde popüler bir yaklaşım haline gelmektedir. DBN, birden çok yığılmış kısıtlı Boltzmann makinesiyle hiyerarşik bir yapı kullanılmaktadır ve katmanlar ardışık öğrenme süreci boyunca çalışmaktadır. DBN tabanlı durum sınıflandırmasını kullanan önerilen çok sensörlü sağlık tanı metodolojisi birbirini takip eden üç aşamada yapılandırılabilir: ilki, sağlık durumlarının tanımlanması ve DBN eğitimi ve testi için duysal verilerin ön işlenmesi; ikincisi, önceden tanımlanmış sağlık durumlarının teşhisi için DBN tabanlı sınıflandırma modelleri geliştirmek; üçüncüsü, duysal veri setini test ederek DBN sınıflandırma modellerini doğrulanmasıdır.

Javed vd. [11] çalışmasında, öğrenme süresini sınırlandırırken ve rastgele başlatma prosedürünün etkisini azaltırken, doğruluk ve genelleme performansları sağlayan yeni bir bağlantı ağ yapısı olan Summation Wavelet Extreme Learning Machine (SW-ELM) önerilmektedir. SW-ELM, hızlı toplu öğrenme için Extreme Learning Machine (ELM) algoritmasını temel almaktadır, ancak gizli katman

düğümlelerinde ikili etkinleştirme işlevleri bulunmaktadır. Bu, doğrusal olmayan durumlarla verimli bir şekilde başa çıkmayı geliştirmektedir. Dalgacıkların (gizli düğümlerin) ve sinir ağı parametrelerinin (giriş-gizli katmanın) başlatma aşaması, veriler modele sunulmadan önce gerçekleştirilmektedir. Tüm önerme, zaman serisi uygulamasıyla ilgili üç konuda testler gerçekleştirilerek gösterilmektedir ve tartışılmaktadır.

2.2. Öznitelik Odaklı Yaklaşım Yapısı

Birçok veri uygulamasında, özniteliklerin önemi ve katkıları model geliştirmede çok önemli bir rol oynamaktadır. Makine öğreniminde, veri kümesinin karmaşıklığının üstesinden gelmek ve etkili modeller oluşturmak için en iyi öznitelikleri analiz etmek ve seçmek için çeşitli yöntem türleri bulunurken, derin öğrenme gibi daha gelişmiş uygulamalarda oluşturulan yapı, sağlanan veri kümesinde en uygun özellikleri bulmaktadır. Yine de derin öğrenme modelinin gereksiz girdilerle beslenmesi, maliyet sorunları yaratabilmektedir ve yüksek hesaplama durumundan dolayı gereksiz zaman harcanmasına neden olabilmektedir.

Herhangi yararlı bir bilgi içermeyen öznitelikler ile başa çıkmanın birden fazla metodu bulunmaktadır. Bu metodlardan biri genellikle öznitelik seçimi diğeri ise boyut azaltmadır. Öznitelik seçme metodolojisinde, makine öğreniminde değerli bilgiler içeren en yararlı öznitelikleri seçmeye yönelik en çok bilinen yöntemler korelasyon matrisleri, varyans, ki-kare ve bilgi kazancı yöntemleridir.

Korelasyon yöntemi, değişkenler arasındaki korelasyon katsayılarını gösteren bir tablodur. Tablodaki her hücre, iki değişken arasındaki korelasyonu göstermektedir. Verileri özetlemek için, daha gelişmiş bir analize girdi olarak ve gelişmiş analizler için bir teşhis olarak bir korelasyon matrisi kullanılmaktadır. Varyans, bir veri setindeki sayılar arasındaki yayılmanın istatistiksel bir ölçümünü ifade etmektedir. Daha spesifik olarak, varyans, kümedeki her sayının ortalamadan ve dolayısıyla kümedeki diğer her sayıdan ne kadar uzakta olduğunu ölçmektedir. Ki-kare, iki değişkenin bağımsız olup olmadığını incelemesinde kullanılmaktadır. Bilgi kazanımı, bir veri kümesini bir şekilde dönüştürmenin entropisindeki azalmayı hesaplamaktadır.

Boyut azaltma metodolojisinde, makine öğrenmesinde en çok bilinen yöntemler genel olarak PCA, SVD ve LASSO'dur. PCA, verilere dayalı hiyerarşik bir koordinat sistemi kullanarak veri kümelerindeki istatistiksel varyasyonları temsil etmeye olanak tanımaktadır. SVD, veriye dayalı bir Fourier dönüşümü genellemesidir. LASSO ise öznitelik seçimi için temsili bir yöntemdir.

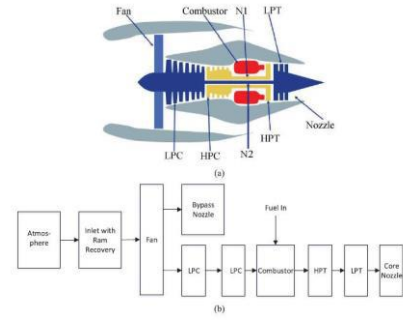
Bilgi içeren özniteliklerin analiz edilmesi ile daha hızlı sonuç ve maliyet azaltma imkânları karşımıza çıkmaktadır. Fakat her zaman görünürde bilgi içeren özniteliklerin kullanımı en optimal sonucu vermeyebilir. Örneğin 2 farklı öznitelik fazla bilgi içermediği analiz sonucunda belli olduğunu varsayalım. Fakat bu 2 öznitelik birleştirilmesi ile oluşturulan sentez öznitelik önemli bilgi içeriyor olabilir. Bu yüzden bu tip işlemlerin uygulanabilirliğinden de haberdar olmak gereklidir.

Yukarıda belirtilen yöntemler tekil olarak kullanıldığı gibi, entegre yöntemler olarak da kullanılabilir. Bu araştırmada belirtilen yöntemlerden seçilenler tekil olarak uygulanarak etkileri gözlemlenmeye çalışılmaktadır. Kurulan yapının değerlendirilmesi için ise aşağıdaki modeller kullanılmakta olup, skor olarak MAE ve R2 değerleri ele alınmaktadır:

- Doğrusal Regresyon,
- Optimize Edilmiş Doğrusal Regresyon,
- Doğrusal Support Vector Regression (SVR),
- Optimize Edilmiş Doğrusal Support Vector Regression (SVR),
- Optimize Edilmiş Poly Support Vector Regression (SVR),
- Optimize Edilmiş RGF Support Vector Regression (SVR).

2.3. Veri Seti Özellikleri

Makine öğrenme tekniklerini kullanarak uçak motor Kalan Faydalı Ömür tahmini yapılabilmesi için güvenilir kaynaktan edilen bir veri seti olması gerekmektedir. NASA'nın Turbofan motor bozulma veri seti, Ticari Modüler Hava Tahrik Sistemindeki model Simülasyon (C-MAPSS) test yatağı [12] simülasyonu tarafından birçok arıza ile sonuçlanan yörüngelerden oluşmaktadır. Farklı sorunlardan ve 4 alt veri kümesinden oluşan C-MAPSS veri kümesi, veriye dayalı prognostiklerin geliştirilmesi için iyi bir şekilde uyarlanmış olduğu kanıtlanmıştır. Her alt veri kümesi, kendi içlerinde belirli motor sayısı içeren eğitim ve test setinden oluşmaktadır. Her bir motor basınçlı kompressörler, türbinler, vb. gibi komponentlerden oluşmaktadır. Motor modelinin ana bileşenleri ve simülasyonda çeşitli alt rutinlerin nasıl birleştirildiğine ilişkin akış şeması Şekil 1'de sunulmaktadır.



Şekil 1 – (a)C-MAPSS'de simüle edilen motorun basitleştirilmiş diyagramı.(b)Simulasyondaki çeşitli modüller arasındaki bağlantıları gösteren diagram [13]

| Dataset | FD001 | FD002 | FD003 | FD004 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Fault mode | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Operational condition | 1 | 6 | 1 | 6 |
| Engines in train set | 100 | 260 | 100 | 249 |
| Engines in test set | 100 | 259 | 100 | 248 |
| Train minimum lifespan(cycles) | 128 | 128 | 145 | 128 |
| Train maximum lifespan(cycles) | 362 | 378 | 525 | 543 |
| Minimum test length(cycles) | 31 | 21 | 38 | 19 |
| Maximum test length(cycles) | 303 | 367 | 475 | 486 |

Şekil 2 – C-MAPSS veri kümesinin temel bilgileri[13]

Her bir motorun bozulma davranışları, bir operasyonel döngü periyodu boyunca 21 sensör çıkışından örneklenen çok değişkenli zamansal veri noktalarına karşılık gelen yörüngeler sağlanarak temsil edilmektedir. Ayrıntılı olarak, her veri noktası, yalnızca sensör bileşenlerinin çalışmasını kaydeden 21 sensör sinyali değil, aynı zamanda çalışma ayarlarını, motor kimliklerini ve çalışma döngüsünü de içeren bir anlık görüntüdür. Şekil 2, hem tek operasyonel koşulu hem de birden fazla operasyonel koşulu içeren dört alt veri kümesinin bazı temel bilgilerini özetlemektedir. Her motor sağlıklı bir hal ile başlamaktadır ve sistem arızası vermeden önce belirli bir

zamanda motor arızası oluşmaya başlamaktadır. Sistemin çeşitli bölümlerinden toplanan veriler, bozulma zamanında basınç, sıcaklık, hız gibi sensör ölçümleri üzerindeki etkilerini kaydetmektedir. Daha fazla ayrıntı için okuyucular [14]'e başvurabilir. Sensör verileri doğrusal olmadığı, yüksek düzeyde gürültü içerdiği ve farklı geniş zaman aralıklarına dağıldığı için, RUL tahmini oldukça karmaşık ve zor olmaktadır.

Şekil-2'de belirtilen 4 farklı veri alt kümesinden, çalışma kondisyonu olarak daha az, üzerinde analiz gerçekleştirilmesi daha uygun ve veri setini daha rahat tanıma olanağı sunduğundan RUL analiz ve model çalışmaları için FD001 alt veri seti seçilmektedir. FD001 alt veri setine ait olan .csv uzantılı bu dosyalar aşağıda belirtilmektedir:

- train_FD001
- test_FD001
- RUL_FD001

Eğitim seti olarak train_FD001 ve test seti olarak test_FD001 kullanılmaktadır. Eğitim ve test setleri ile bilgi Şekil-2'de verilmektedir. Eğitim setinde RUL değeri rasgele bir değerden başlamaktadır ve 0'a kadar birer olarak azalmaktadır. Değer 0'a ulaşınca ilgili motorun arızaya girdiğini göstermektedir. Test setinde ise RUL değeri 0'a kadar gitmeyip, belirli rasgele bir değere kadar gitmektedir. Amaç ise test setindeki RUL'un kaç adım sonra arızaya geçeceğini, yani 0'a geleceğini bulmaktır. Bu kesin değer ise RUL_FD001 setinde bulunması gereken değer şeklinde sunulmaktadır.

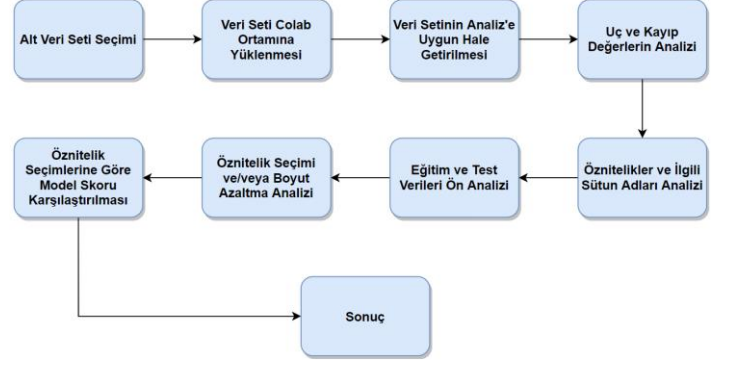
Veri kümesine NASA sitesinden (NASA n.d.) [15] ulaşılabilir.

2.4. Yaklaşım ve Uygulama

NASA Turbofan Motor Veri Setini analiz edebilmek ve RUL tahminlemesi yapabilmek için Python programlama dili kullanılarak proje hazırlanmaktadır. Bu programın yazımı için Google Colab ortamı Python 3.7.13 versiyonu kullanılmış olup, alt bölümlerde bahsedilecek Python kütüphaneleri de gerektiğince kullanılmaktadır.

Projenin özet niteliğini taşıyan aşamaları aşağıda belirtilmektedir:

- İlk adım hangi alt veri setinin kullanılacağını seçmek olmaktadır. Belirtildiği üzere sadelik ve anlaşılabilirlik adına FD001 alt veri seti kullanılmaktadır.
 - Alt veri kümesi analiz ortamına yüklenmektedir.
 - Veri kümesi veri analizine uygun yapıda değilse uygun yapıya getirilmektedir.
 - Alt veri kümesi uç değerler ve kayıp değerler için analiz edilmektedir.
 - Öznitelik sütunlarda sütun adları kontrol edilmektedir. Yoksa eklenmektedir.
 - Eğitim ve test verileri uygun formata getirilmektedir. Bunun için ulaşılmaya çalışılan değerler göz önünde bulundurulacaktır.
 - Öznitelik seçimleri ve boyut azaltma metodları uygulanmaktadır.
 - Daha sonra veri setindeki eğitim verileri SciKit-Learn kütüphanesindeki makine öğrenmesi algoritmaları titizlikle uygulanıp, farklı parametrelerle iterasyonlara sokularak modellerin sonuçları elde edilmektedir.
 - Seçilen algoritmalar test verileri ile karşılaştırılarak, mutlak sapma(MAE) ve model uygunluğu(R2) parametrelerine bakılarak en uygun öznitelik-boyut indirgeme yöntemi ile model belirlenmektedir.
- Bu aşamalar Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3 – Proje Aşamaları

2.4.1. Python Geliştirme Ortamının Belirlenmesi ve Hazırlanması

Analiz için gerekli kodlar Google COLAB platformu üzerinde yazılmıştır. COLAB üzerinde mevcut Python sürümü 3.7.13'tür.

2.4.2. Veri Setinin Hazırlanması

Geliştirme ortamı hazırlandıktan sonra, alt veri seti seçilerek COLAB ortamına .csv uzantılı dosyalar olarak eklenmektedir. FD001 alt veri setine ait olan .csv uzantılı bu dosyalar aşağıda belirtilmektedir:

- train_FD001
- test_FD001
- RUL_FD001

Dosyalar COLAB ortamına yüklendikten sonra veri yapısı şekline ilgili kütüphaneler ile getirilmektedir. Bu işlem sonrasında özniteliklere ilişkin belirleyici sütun başlıkları olmadığından dolayı sütun adlandırma işlemi yapılmaktadır.

2.4.3. Veri Ön Analizi Gerçekleştirilmesi

Öznitelik sütun tanımlamasından sonra değeri olmayan satır ve sütunlar analiz edilmektedir. CSV formatındaki verinin son sütununun boş veri içerdiği tespit edilmektedir ve son sütun kaldırılmaktadır.

Ardından eğitim seti aşama(cycle) sayısı'nın en büyük değeri, başlangıçtan başlayacak şekilde ve 0'a inene kadar azalacak şekilde her bir motor numarası için yeniden düzenlenmektedir ve RUL sütunu oluşturularak buraya eklenmektedir. Test verisinde gerçek sonuç bilgisi RUL_FD001 veri dosyasında olduğundan, buradaki hedef sonuç, motor numarası ile ilişkilendirilerek RUL sütunu oluşturularak buraya eklenmektedir.

Eğitim veri setinin aynı zamanda karactersitikliklerini görmek adına *describe()* fonksiyonu çağırılmıştır. *Describe* fonksiyonu veri setinde seçilen her bir öznitelikğin ortalamasını, standart sapmasını, yüzdelik dağılım ağırlığını ve öznitelikğin veri setindeki minimum ve maksimum değerlerini gösteren açıklayıcı bir fonksiyondur.

Yukarıdaki görsellerden görüldüğü üzere net bir şekilde *Setting3*, *S1*, *S5*, *S10* ve *S16*'da veriler değişmemekte ve standart sapma(std)'leri çok düşük gözükmektedir. Bunun yanında özniteliklerin birbirleriyle olan korelasyonuna bakmak uygun gözükmektedir. Şekil 5'de 0.7'den büyük korelasyonlar gösterilmektedir.



Şekil 5–0.7’den büyük korelasyonlar

Yukarıdaki şekilden görüldüğü üzere 0.8’den büyük olarak yansıyan korelasyonlar (s14-s9), (s11- s4), (s11-s7), (s11-s12), (s4-s12), (s8-s13) ve (s7-s12)’dir. Bu bilgi öznelik seçiminde kullanılmaktadır.

2.4.4. Makine Öğrenmesi Regresyon Algoritmaları ve Öznelik İşlemleri

Sağlanan veri dosyalarında eğitim ve test veri setleri hazır olduğundan herhangi bir ayırma yapılmamaktadır. Belirlenen öznelikler ilgili verilerden çıkartılıp veya boyut indirgeme yapıp, farklı modellere sokulmaktadır. Algoritmalar bazda doğrusal tahminleyici algoritmalar seçilmektedir. Bundaki temel neden verinin sürekli bir yapıya sahip olması ve net bir değer bulma amacından kaynaklanmaktadır. Kullanılan modellemelerde aşağıdaki algoritmalar tabanlı modeller kullanılmaktadır:

- Doğrusal Regresyon,
- Optimize Edilmiş Doğrusal Regresyon,
- Doğrusal Support Vector Regression (SVR),
- Optimize Edilmiş Doğrusal Support Vector Regression (SVR),
- Optimize Edilmiş Poly Support Vector Regression (SVR),
- Optimize Edilmiş RGF Support Vector Regression (SVR).

Doğrusal Regresyon

Doğrusal regresyon analizi, bir değişkenin değerini başka bir değişkenin değerine dayalı olarak tahmin etmek için kullanılmaktadır. Tahmin etmek istenilen değişkene bağımlı değişken denirken diğer değişkenin değerini tahmin etmek için kullanılan değişkene bağımsız değişken denmektedir. Bu analiz biçimi, bağımlı değişkenin değerini en iyi tahmin eden bir veya daha fazla bağımsız değişkeni içeren doğrusal denklemin katsayılarını tahmin etmektedir. Doğrusal regresyon, tahmin edilen ve gerçek çıktı değerleri arasındaki tutarsızlıkları en aza indiren düz bir çizgiye veya yüzeye uymaktadır. Bir dizi eşleştirilmiş veri için en uygun doğruyu bulmak için "en küçük kareler" yöntemini kullanan basit doğrusal regresyon hesaplayıcıları bulunmaktadır.

SVR

Destek Vektör Makinesi, algoritmayı karakterize eden tüm ana özellikleri (maksimum marj) koruyarak bir regresyon yöntemi olarak kullanılabilir. Destek Vektör Regresyonu (SVR), sınıflandırma için SVM ile aynı prensipleri kullanmaktadır, sadece birkaç küçük farklılık bulunmaktadır. Her şeyden önce, çıktı gerçek bir sayı olduğundan, sonsuz olasılıklara sahip olan eldeki bilgiyi tahmin etmek çok zor hale gelmektedir. Gerileme durumunda, problemde zaten talep etmiş

olacak olan SVM'ye yaklaşık olarak bir tolerans marjı (epsilon) belirlenmektedir. Ana fikir her zaman aynı olmaktadır: hatayı en aza indirmek, marjı en üst düzeye çıkaran hiperdüzlemi bireyselleştirmek, hatanın bir kısmının tolere edildiğini akılda tutmaktır. SVR algoritması, doğrusal(doğrusal), polinomiyal çekirdek(poly)ve radyal tabanlı fonksiyon çekirdeği(rbf) yöntemlerini uygulayabilmektedir.

Yukarıda belirtilen algoritmalar temel alınarak özneliklerin 10 farklı seçim oluşturulmaktadır. Oluşturulan 9 seçim, bölüm 5.3 öznelik analizleri ve bazı yayınlar temel olarak oluşturulmuş olup sırası ile belirtilen 6 farklı algoritmaya sokulmuş olup sonuçları karşılaştırılmaktadır. Geriye kalan 1 seçim ise tüm veri setine uygulanan boyut indirgeme yöntemi olup, PCA metodu kullanılmaktadır. Özneliklerin metotlara göre seçimi Şekil 6’da gösterilmektedir.

| ID | Metot-1 | Metot-2 | Metot-3 | Metot-4 | Metot-5 | Metot-6 | Metot-7 | Metot-8 | Metot-9 | Metot-10 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| | Feature | Feature | Feature | PCA | Feature | Feature | Feature | Feature | Feature | Feature |
| Cycle | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Setting-1 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Setting-2 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Setting-3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| S1 | | | | | | | | | | |
| S2 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| S3 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| S4 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| S5 | | | | | | | | | | |
| S6 | | | | | | | | | | |
| S7 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| S8 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| S9 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| S10 | | | | | | | | | | |
| S11 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| S12 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| S13 | | | | | | | | | | |
| S14 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| S15 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| S16 | | | | | | | | | | |
| S17 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| S18 | | | | | | | | | | |
| S19 | | | | | | | | | | |
| S20 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| S21 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

Şekil 6– Değerlendirecek öznelik temelli metotlar (X’ler seçilen öznelikleri göstermektedir)

Yukarıda belirtilen metotlardaki seçimi etkileyen faktörler aşağıda belirtilmektedir:

- **Metot-1:** Tercihen seçilen sadece değişmeyen-önemsiz veri içeren özneliklerin çıkartıldığı metot,
- **Metot-2:** Metot-1’in farklı bir versiyonu olarak düzenlenen metot,
- **Metot-3:** “PHM-Oriented Integrated Fusion Prognostics for Aircraft Engines Based on Sensor Data” araştırmasının temel aldığı öznelikleri içeren metot [1],
- **Metot-4:** Tüm veriler ile yapılan boyut indirgeme (PCA) içeren metot,
- **Metot-5:** “Making use of partial knowledge about hidden states in HMMs: an approach based on belief functions.” araştırmasının temel aldığı öznelikleri içeren metot [2] (Değerlendirme kriteri bulunmamaktadır),
- **Metot-6:** Metot-5’in Setting-2 ve Setting-3’ün dâhil olmadığı olarak düzenlenen metot,
- **Metot-7:** “A Similarity-Based Prognostics Approach for Remaining Useful Life Estimation of Engineered Systems” araştırmasının temel aldığı öznelikleri içeren metot [7] (Değerlendirme kriteri bulunmamaktadır),
- **Metot-8:** Metot-7’nin Setting-2 ve Setting-3’ün dâhil olmadığı olarak düzenlenen metot,
- **Metot-9:** Öznelik analizleri sonucu kişisel öznelik seçimlerini içeren metot,
- **Metot-10:** Metot-9’un Setting-2 ve Setting-3’ün dâhil olmadığı olarak düzenlenen metot.

Veri setlerinin farklı formasyonlarda analizi için sete model analizi sırasında bir takım işlemler uygulanmaktadır. Bunlardan

biri verinin dağılımının homojen olmasını sağlayan *Minmax* ölçeklendirmesidir. *Minmax* ölçeklendirmesinde değerler 0 ile 1 arasına, aralarındaki ölçek bozulmadan dağıtılmaktadır. Bir diğer işlem ise RUL değerlerinin kırpma işlemi olmaktadır. Kırpma işleminde RUL değerlerinin dağılımına bakıldığında değerlerin çoğunun belirli bir değerden fazla olmayacağı benimsenmektedir. Bu nedenden dolayı üst değer olarak döngü değeri 125 olarak alınmaktadır ve kırpma işlemi olması durumunda bu değer üstünde belirtilen değerler 125 değerine eşitlenerek işlem yapılmaktadır [16].

Metotlar algoritmalara 3 farklı şekilde sokulmaktadır:

- Ölçeklendirme olmadan, kırpma olmadan
- Ölçeklendirme olmadan, kırpma ile
- Ölçeklendirme olarak, kırpma ile

Sonuç Değerlendirme-Karşılaştırma Parametresi Seçimi

Eğitim ve test verilerine seçilen öznelik metotları uygulandıktan sonra, veri setleri algoritma modellerine sokularak algoritmanın ne kadar başarılı olduğunun ölçülmesi gerekmektedir. Veriler sürekli veri olduğundan ve tahmin etmeye çalışılan değer kümesi bir tam sayı kümesi olduğundan buna uygun sonuç karşılaştırma, yani skor parametresi seçimi olmaktadır. Bu projede uygun görülen sonuç karşılaştırma-değerlendirme parametreleri olarak Ortalama Mutlak Hata (MAE) ve Ortalama Kare Hatası (R2) olarak belirlenmiştir.

Ortalama Mutlak Hata (MAE)

Ortalama Mutlak Hata, regresyon modelleriyle birlikte kullanılan bir model değerlendirme metriğidir. Bir test setine göre bir modelin ortalama mutlak hatası, test setindeki tüm örnekler üzerindeki bireysel tahmin hatalarının mutlak değerlerinin ortalaması olmaktadır. Her tahmin hatası, örneğin gerçek değeri ile tahmin edilen değeri arasındaki farktır. Modelin ortalama mutlak hatası, test setindeki tüm örnekler üzerindeki bireysel tahmin hatalarının mutlak değerlerinin ortalamasıdır.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \hat{x}|$$

Şekil 7– MAE Formül [17]

R-Kare (R2)

R-kare (R2), bir bağımsız değişken veya bir regresyon modelindeki değişkenler tarafından açıklanan bir bağımlı değişken için varyansın oranını temsil eden istatistiksel bir ölçüdür. R-kare değerleri 0 ile 1 arasında değişmektedir ve genellikle %0 ile %100 arasındaki yüzdeler olarak belirtilmektedir. Dolayısıyla, bir modelin R2'si 0,50 ise, gözlemlenen varyasyonun yaklaşık yarısı modelin girdileriyle açıklanabilmektedir. %100'lük bir R-kare, bağımlı bir değişkenin tüm hareketlerinin, ilgilenilen bağımsız değişkenin hareketler tarafından tamamen açıklandığını belirtmektedir.

$$R^2 = 1 - \frac{\text{Unexplained Variation}}{\text{Total Variation}}$$

Şekil 8– R-Kare Formül [18]

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Öznelik odaklı sensör verisi bazlı uçak motorları geriye kalan faydalı ömür tahminleme projesi kapsamında; eğitim ve test verilerinin analiz ortamına aktarılması, eğitim ve test verilerinin analiz için uygun formata getirilmesi, verilerin eksik değer ve diğer ön analizlerinin yapılması, kullanılacak özneliklerin seçilmesi ve belirlenmesi ve oluşturulan farklı öznelik metotları üzerinde farklı algoritmaların etkinliğinin nasıl değiştiğinin gözlemlenmesi işlemi yapılmaktadır. Bu algoritmaların skorunun R-kare ve Ortalama Mutlak Hata ile ölçülerek veri setine en uygun model algoritması ve öznelik seçimi değerlendirilmiş olup, sonuç tablosu Şekil 9'de sunulmaktadır.

| | Lineer Regr. | | Lineer Regr. | | Lineer SVR | | Lineer SVR | | Poly SVR | | RBF SVR | |
|-----------------------|--------------|-------|-----------------------|-------|------------|----------------------|------------|-------|----------------------|-------|---------|-------|
| | Ölç. | Kırp. | Ölç. | Kırp. | Ölç. | Kırp. | Ölç. | Kırp. | Ölç. | Kırp. | Ölç. | Kırp. |
| Metot-1 Eğitim | 30,99 | 0,65 | 16,27 | 0,77 | 19,72 | 0,67 | 17,74 | 0,71 | 13,76 | 0,81 | 11,93 | 0,83 |
| Metot-1 Test | 25,46 | 0,45 | 17,61 | 0,70 | 20,62 | 0,66 | 19,92 | 0,66 | 16,01 | 0,76 | 14,48 | 0,77 |
| Metot-2 Eğitim | 31,20 | 0,64 | 16,92 | 0,74 | NA | NA | 16,96 | 0,74 | 14,94 | 0,79 | 12,88 | 0,80 |
| Metot-2 Test | 26,15 | 0,42 | 18,84 | 0,67 | NA | NA | 18,92 | 0,67 | 17,66 | 0,72 | 15,84 | 0,72 |
| Metot-3 Eğitim | 31,29 | 0,64 | 17,05 | 0,74 | 17,18 | 0,73 | 16,99 | 0,74 | 15,05 | 0,78 | 13,07 | 0,80 |
| Metot-3 Test | 26,58 | 0,40 | 19,25 | 0,67 | 19,90 | 0,65 | 19,96 | 0,65 | 17,98 | 0,71 | 16,64 | 0,72 |
| Metot-4 Eğitim | 32,45 | 0,62 | 17,71 | 0,71 | 18,69 | 0,68 | 17,64 | 0,71 | 18,28 | 0,68 | 14,17 | 0,77 |
| Metot-4 Test | 29,12 | 0,27 | 22,00 | 0,56 | 23,16 | 0,52 | 22,44 | 0,55 | 23,93 | 0,47 | 20,02 | 0,61 |
| Metot-5 Eğitim | 32,46 | 0,62 | 17,71 | 0,71 | 20,85 | 0,60 | 17,64 | 0,71 | 19,71 | 0,64 | 14,18 | 0,77 |
| Metot-5 Test | 29,24 | 0,27 | 22,00 | 0,56 | 23,09 | 0,50 | 22,44 | 0,55 | 24,18 | 0,77 | 20,01 | 0,61 |
| Metot-6 Eğitim | 33,04 | 0,78 | 17,04 | 0,74 | 17,07 | 0,74 | 16,97 | 0,74 | 15,02 | 0,78 | 13,05 | 0,80 |
| Metot-6 Test | 18,13 | 0,71 | 19,07 | 0,67 | 19,29 | 0,67 | 19,16 | 0,66 | 18,18 | 0,71 | 16,36 | 0,72 |
| Metot-8 Eğitim | 31,27 | 0,64 | 17,05 | 0,74 | 17,05 | 0,74 | 16,98 | 0,74 | 15,04 | 0,78 | 13,08 | 0,80 |
| Metot-8 Test | 26,64 | 0,41 | 19,16 | 0,67 | 19,27 | 0,67 | 19,14 | 0,66 | 18,13 | 0,71 | 16,35 | 0,72 |
| Metot-9 Eğitim | 31,08 | 0,65 | 16,30 | 0,76 | 18,75 | 0,76 | 16,46 | 0,76 | 13,94 | 0,81 | 12,10 | 0,83 |
| Metot-9 Test | 26,00 | 0,42 | 18,20 | 0,68 | 18,20 | 0,68 | 18,59 | 0,67 | 15,98 | 0,74 | 14,95 | 0,74 |
| Metot-10 Eğitim | 31,08 | 0,65 | 16,31 | 0,76 | 21,44 | 0,56 | 16,26 | 0,76 | 13,95 | 0,81 | 12,13 | 0,83 |
| Metot-10 Test | 25,88 | 0,42 | 18,17 | 0,68 | 21,17 | 0,41 | 18,56 | 0,67 | 15,85 | 0,75 | 14,95 | 0,75 |
| Tüm Öznelikler | | | | | | | | | | | | |
| PCA, Korelasyon>0,7 | | | PCA, Korelasyon>0,8 | | | PCA, Korelasyon>0,9 | | | PCA, Korelasyon>0,95 | | | |
| Öznelik Dahil | | | Öznelik Dahil | | | Öznelik Dahil | | | Öznelik Dahil | | | |
| En İyi Sonuç Poly SVR | | | En İyi Sonuç Poly SVR | | | En İyi Sonuç RBF SVR | | | En İyi Sonuç RBF SVR | | | |
| Metot-4 Eğitim | 12,62 | 0,81 | 12,54 | 0,81 | 11,87 | 0,83 | 11,79 | 0,83 | | | | |
| Metot-4 Test | 18,80 | 0,65 | 15,10 | 0,74 | 14,41 | 0,76 | 14,05 | 0,77 | | | | |

Şekil 9– Metot-Model Algoritma Sonuç Karşılaştırması (Ölçeklendirme: Ölç. ; Kırpma: Kırp. ; X: Mevcut)

Şekil 9 sonuç tablosuna bakıldığında, gerçek sonuç veri kümesine en az hata ile yakınlık gösteren ilk 5 metot ve algoritma: Metot-1/RBF SVR, Metot-4/PCA>0,9, Metot-4/PCA>0,95, Metot-10/RBF SVR olarak görülmektedir. Burada ayrıca Metot-3 ile elde edilen sonuç olan MAE=17,98 ile referans verilen çalışmada elde edilen DSR, SVM ve RNN algoritmalarının performanslarından (sırası ile 26,19 / 31,14 / 29,00) daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Ayrıca yine Metot-3'teki referans araştırma ile karşılaştırdığında, PCA bazlı boyut indirgeme işleminin RBF SVR ile elde edilen sonuç olan MAE=14,05'in, referansta verilen Comentropy-based fusion algoritmasından elde edilen sonuç olan MAE=14,1997'den daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Burada öznelikler aynı olmasına rağmen, uygulanan kırpma ve ölçeklendirme işleminin elde edilen performans katkısının yüksek olduğu çıkarılabilmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışma kapsamında NASA Turbofan veri seti ile alınarak öznelik odaklı makine öğrenmesi modelleri ile RUL tahminleme çalışması sunulmaktadır. RUL tahminlemesinin yapılmasının nedeni hataya açık olan uçak motorlarının hatanın daa fazla ilerleyip, motorun çalışmasına engel olacak aşamaya gelmeden önce önleyici aksiyonlar alınmasını sağlayabilmektir.

Çalışma kapsamında öznelik seçimi ve boyut indirgeme işlemleri gerçekleştirilerek, takibinde farklı makine öğrenmesi modelleri eğitilmiş olup sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda öznelik seçiminin ve boyut indirgemenin önemi bir kez daha anlaşılmış olup, RBF SVR modellerinin genel anlamda bu veri setinde sunulan diğer modellere nazaran daha iyi performans gösterdiği gözlemlenmiştir.

İlerleyen çalışmalarda öznelik seçimi ve boyut indirgeme uygulanarak veriler derin öğrenme modellerine sokulacak ve

derin öğrenme modellerinin uygun eğitimi parametrelerini bulması beklencektir.

5. Teşekkür

Çalışma kapsamında önce kendime sonra her zorlukta yanımda olan ailem Mustafa Girgin, Candan Girgin ve İremsoy Girgin'e ve son olarak çalışmaya olan tüm yardımlarından dolayı Cemil Zalluhoğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

Kaynakça

- [1] J. Xu, Y. Wang and L. Xu. (April 2014). *PHM-Oriented Integrated Fusion Prognostics for Aircraft Engines Based on Sensor Data*. (2014 IEEE Sensors Journal, vol. 14, no. 4, pp. 1124-1132). <https://doi.org/10.1109/JSEN.2013.2293517>.
- [2] E. Ramasso and T. Denoeux. (April 2014). *Making Use of Partial Knowledge About Hidden States in HMMs: An Approach Based on Belief Functions*. (2014 IEEE Transactions on Fuzzy Systems, vol. 22, no. 2, pp. 395-405). <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2013.2259496>.
- [3] P. Tamilselvan, Y. Wang and P. Wang. (2012). *Deep Belief Network based state classification for structural health diagnosis*. (2012 IEEE Aerospace Conference, pp. 1-11). <https://doi.org/10.1109/AERO.2012.6187366>.
- [4] K. Javed, R. Gouriveau and N. Zerhouni. (2013). *Novel failure prognostics approach with dynamic thresholds for machine degradation*. (IECON 2013 - 39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, pp. 4404-4409). <https://doi.org/10.1109/IECON.2013.6699844>.
- [5] Chao Hu, B. D. Youn and Pingfeng Wang. (2011). *Ensemble of data-driven prognostic algorithms for robust prediction of remaining useful life*. (2011 IEEE Conference on Prognostics and Health Management, pp. 1-10). <https://doi.org/10.1109/ICPHM.2011.6024361>.
- [6] Gouriveau, Rafael et al. (2013). *Strategies to Face Imbalanced and Unlabelled Data in Phm Applications*. Chemical engineering transactions 33: 115-120.
- [7] T. Wang, Jianbo Yu, D. Siegel and J. Lee. (2008). *A similarity-based prognostics approach for Remaining Useful Life estimation of engineered systems*". (2008 International Conference on Prognostics and Health Management, pp. 1-6). <https://doi.org/10.1109/PHM.2008.4711421>.
- [8] K. Liu, N. Z. Gebraeel and J. Shi. (July 2013). *A Data-Level Fusion Model for Developing Composite Health Indices for Degradation Modeling and Prognostic Analysis*. (2013 IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, vol. 10, no. 3, pp. 652-664). <https://doi.org/10.1109/TASE.2013.2250282>.
- [9] Ramin Moghaddass, Ming J. Zuo. (2014). *An integrated framework for online diagnostic and prognostic health monitoring using a multistate deterioration process*, *Reliability Engineering & System Safety*. (Volume 124, Pages 92-104, ISSN 0951-8320). <https://doi.org/10.1016/j.ress.2013.11.006>.
- [10] Tamilselvan, P & Wang. (2013). *Failure diagnosis using deep belief learning based health state classification*. (P 2013, Reliability Engineering and System Safety, vol. 115, pp. 124-135). <https://doi.org/10.1016/j.ress.2013.02.022>
- [11] Javed, Kamran & Gouriveau, Rafael & Zerhouni, Nouredine. (2013). *SW-ELM : A summation wavelet extreme learning machine algorithm with a priori initialization*. (2014, Neurocomputing, 123). <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2013.07.021>.
- [12] D. K. Frederick, J. A. Decastro, and J. S. Litt. (2007). *Users guide for the commercial modular aero-propulsion system simulation (c-mapss)*". (Tech. Rep. NASA/TM2007-215026).
- [13] C. Liu, L. Zhang, Y. Liao, C. Wu and G. Peng. (2019). *Multiple Sensors Based Prognostics With Prediction Interval Optimization via Echo State Gaussian Process*. (2019 IEEE Access, vol. 7, pp. 112397-112409). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2925634>.
- [14] A. Saxena, G. Kai, D. Simon, and N. Eklund. (Oct. 2008). *Damage propagation modeling for aircraft engine run-to-failure simulation*. (Proc. Int. Conf. Prognostics Health Manage, pp. 1-9).
- [15] National Aeronautics and Space Administration. (Mayıs,2022). PCoE Datasets. <https://ti.arc.nasa.gov/tech/dash/groups/pcoe/prognostic-data-repository/#turbofan>
- [16] Fitzgerald E. (Ağustos, 2021) <https://4cda.com/intro-to-predictive-maintenance-on-nasa-turbofan-engine-dataset-using-machine-learning/> .(Mayıs, 2022)
- [17] Stephanie. (Ekim, 2016). <https://www.statisticshowto.com/absolute-error/> .(Mayıs,2022)
- [18] Fernando J. (Eylül, 2021). <https://www.investopedia.com/terms/r/r-squared.asp> .(Mayıs, 2022)



Feedback Linearization Based Flow Rate Control for Centrifugal Pump in Coupled-Tank Water Meter Testing System

Bahadır Yeşil^{1, 2*}, Savaş Şahin³

¹ İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9622-2593),

² Baylan Ölçü Aletleri Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi, Arge Merkezi, İzmir, Türkiye, b.yesil@baylanwatermeters.com

³ İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-2065-6907),

phd.savas.sahin@gmail.com

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1128945)

ATIF/REFERENCE: Yeşil, B. & Şahin, S. (2022). Feedback Linearization Based Flow Rate Control for Centrifugal Pump in Coupled-Tank Water Meter Testing System. *European Journal of Science and Technology*, (37), 28-35.

Abstract

A permanent magnet direct current (PMDC) motor centrifugal pump is intended to be used as the water supply unit in a feedback linearization based coupled-tank water meter testing system. Flow rate generated by the pump corresponds to the input variable for implementing the input-output feedback linearization to this single-input-single-output (SISO) system. The pump motor is driven by an Arm Cortex M7 based microcontroller applying the pulse-width modulation (PWM) strategy at various frequencies and pwm methods. It is aimed to determine a suitable PWM frequency and driving method in order to provide a stable flow rate at the desired duty cycle values. An H-Bridge driver integrated circuit (L298N) is used in both fast decay and slow decay modes for driving the pump motor. Flow rate measurements are carried out at 4 range of frequencies between 100 Hz and 20 kHz for each mode. Fast decay mode in low pwm frequency (100Hz) results in higher deviations at the steady-state flow rate. However, slow decay mode provides a faster reduction in motor speed despite the slower current decay, which improves the flow rate stability and minimize deviations at constant pwm duty cycle values. High pwm switching frequencies increase the energy losses resulting in a lower driving voltage range, which reduces the effective range of selection for pwm duty cycle setting of flow rate adjustment. 1 kHz PWM frequency combined with the slow-decay driving mode achieves good performance in terms of linear regression and wider range for pwm duty cycle to flow rate transformation.

Keywords: PMDC Centrifugal Pump, Flow Regulation, Pwm Motor Control, Water Meter Test System.

Birleşik Tanklı Su Sayacı Test Sisteminde Geribeslemeli Doğrusallaştırma Tabanlı Santrifüj Pompa Akış Hızı Kontrolü

Öz

Daimi mıknatıslı doğru akım (PMDC) motorlu santrifüj pompası, geri besleme doğrusallaştırılmalı birleştirilmiş tanklı su sayacı test sisteminde su besleme ünitesi olarak kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Pompa tarafından üretilen akış hızı, bu tek girişli tek çıkışlı (SISO) sisteme giriş-çıkış geri besleme doğrusallaştırmasını uygulamak için gerekli giriş değişkenine karşılık gelmektedir. Pompa motoru, darbe genişlik modülasyonu (PWM) stratejisini çeşitli frekanslarda ve pwm yöntemlerinde uygulayan Arm Cortex M7 tabanlı bir mikro denetleyici tarafından yönetilmektedir. İstenilen görev döngüsü değerlerinde kararlı bir akış hızı sağlamak için en uygun pwm frekansı ve sürüş yönteminin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Pompa motorunu sürmek için hem hızlı hem de yavaş düşme modlarında bir H-Bridge sürücü entegre devresi (L298N) kullanılmıştır. Debi ölçümleri, her mod için 100 Hz ile 20 kHz arasındaki 4 frekans değerinde gerçekleştirilmiştir. Düşük pwm frekansında (100 Hz) hızlı düşme modu, kararlı durumdaki su akış hızında daha fazla sapmalara neden olmaktadır. Yavaş düşme modunda ise, motor akımının daha yavaş azalmasına rağmen motor dönüş hızında frenleme etkisi ile daha hızlı bir azalma sağlamakta, bu da pompanın akış hızı stabilitesini iyileştirmekte ve arzu edilen pwm görev döngüsü değerlerinde sapmaları istenildiği şekilde en aza indirmektedir. Buna karşın, pwm anahtarlama frekansı arttırıldıkça, enerji kayıpları da arttığı için sürücünün kontrol edilebildiği gerilim aralığı azalmaktadır. Sonuç olarak 1 kHz Pwm frekansı, yavaş düşmeli sürüş moduyla birleştirildiğinde, doğrusal regresyon başarısı ve geniş kontrol edilebilme aralığı açısından en iyi performans elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: PMDC Santrifüj Pompa, Akış Düzenleme, Pwm Motor Kontrolü, Su Sayacı Test Sistemi.

* Bahadır Yeşil: İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9622-2593), b.yesil@baylanwatermeters.com

1. Introduction

Smart electronic meters that accurately measure water, electric and gas consumption are the main interest areas of internet of things implementations. In addition to the high-accuracy measurement features of smart meters, communication capabilities in various technology infrastructures are also available. These meters can store and transmit the consumption data repeatedly in a preconfigured period (Ramos et al., 2019). The ultrasonic water meter segment becomes the fastest growing smart liquid metering market in terms of meter physical type and measurement technology. Many researchers focus on this technology, for the reason that ultrasonic meters provide more precise and accurate flow values than mechanically constructed water meters. Santhosh & Roy (2012) introduced a brilliant flow measurement approach by using optimized neural network model on an ultrasonic flow meter. Hamouda et al. (2016) proposed a new method for measuring ultrasonic transit time difference with a precision as low as 10 picoseconds. Least-square-sine-fitting principle was used on the steady state receive signals at upstream and downstream directions which opened a new door in low flow rate measurement field. Lee et al. (2017) proposed a time of flight (TOF) type ultrasonic water meter that is applicable to residential water consumption measurement in low-to-medium flow rates. Suñol et al. (2018) presented the cross-correlation method for high precision TOF measurement in order to measure lower flow rates than other methods used in the metering industry. Since very low flow values can be measured in new generation meters, both the efficiency of water companies increases, and subscribers are directed towards better management of their own water consumption. Therefore, the choice of correct meter type plays an important role in preventing water losses.

As smart water meters enter our lives, their production processes and efficiency gain more importance. The test and calibration processes of these meters which have the ability to measure very low flow rates starting at 1 l/h require long cycle times and reduce the efficiency of industrial production line. Therefore, finding alternative solutions to traditional production and test systems is an important research and development area. Dutta & Komar (2017) stated two major drawbacks of conventional calibration techniques for smart water meters as time consuming process and exact dependency on the test system parameters. Any change in the pipe diameter, temperature or pressure at the system requires recalibration at full scale of input range. High precision and time saving methods are essential to be adapted to water meter test systems.

Flow-controlled variable speed water pumps are frequently used in industrial applications. Pumps with high power and high flow capacity are generally centrifugal and the flow rate of the pump is adjusted with frequency control. Since the flow rate in centrifugal pumps is directly proportional to the impeller speed, the control process is easier than other pump types. Janevska (2013) stated the linear mathematical model of a centrifugal pump system by using state variables method to describe the dynamics of the system. Goppelt et al. (2018) modeled a simple theoretical centrifugal pump system based on using lumped parameters, they showed that the centrifugal pump system could be modeled with a linear first order transfer function depending on the needed model accuracy. Shablovskiy & Kutoyov (2019) showed that pressure characteristic of a small pump can be considered as linear using the hydrodynamic modeling method and approximations.

Applications which require steady flow rates can be implemented by using conventional PMDC motor based centrifugal pumps together with advanced control techniques.

Gevorkov et al. (2018) simulated and analyzed a pump model in Simulink for a wide range of flow settings, which can be used for working on various control methods of centrifugal pump constructions. Ivanov & Erkaev (2021) constructed a mathematical model of centrifugal pump based on calculations in ANSYS Fluent software. Gogolyuk et al. (2004) modeled a pump together with a synchronous motor by using the electrical analogy equivalent diagram of centrifugal pump. Naresh et al. (2012) modeled and simulated the PMDC pumping system fed by solar cell. Wang et al. (2021) established a mathematical model by using the basic parameters of the pump. In a different approach, A Aly (2007) studied a pump and dc motor system as a black box, applying Neural Network based on the conventional PID controller.

2. Material and Method

In order to apply feedback linearization based nonlinear control strategy to a coupled-tank water meter test bench, it is necessary to obtain exact system parameters to achieve best results. Flow rate corresponds to the input variable for such a single-input-single-output (SISO) system. It is mandatory to define input parameter correctly in the transformations to be applied for the input-output feedback linearization. The volumetric flow is transferred from the pump outlet directly to the first tank, so the inlet flow rate of the coupled tank system is directly proportional to the pump's rotational speed.

A PWM controlled pump is used to supply water to the 1st tank, so that the 2nd tank is not affected by the irregular flow caused by the pump dynamics. Feedback linearization method is used for controlling the water level h_2 at the 2nd tank (Figure 1). Calculation of the change of water level in the tank is implemented by using the principle of conservation of mass, which is based on the change of mass in the tank. The dynamic change is proportional to the difference between masses of water entering and leaving the tank, in terms of internal cross-sectional area:

$$A_1 \frac{dh_1}{dt} = Q_1 - Q_2$$

$$A_2 \frac{dh_2}{dt} = Q_2 - Q_3 - k_{bv}Q_4$$

At equilibrium, flow coefficient of the ball valve k_{bv} is at preset value, and due to the constant water level set point, the derivatives of the water height in each tank must be zero.

$$u_1 = Q_1 = k_{PWM}w_{max}, u_2 = s_4, y_1 = h_2$$

$$Q_2 = s_2 a_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$$

$$Q_3 = s_3 a_3 \sqrt{2gh_2}$$

$$y_2 = Q_4 = k_{bv} * s_4 a_4 \sqrt{2gh_2}$$

Given as $h_1(t)$ and $h_2(t)$ are the water levels in the 1st and 2nd tanks respectively. $Q_1(t)$ is the inlet flow rate, $Q_2(t)$ is the flow rate between two tanks, $Q_3(t)$ is the stabilization flow rate from 2nd tank to reservoir, and $Q_4(t)$ is the flow rate from 2nd tank to test

bench which is turned on during water meter test. The cross-sectional areas of the tanks are given as A_1 and A_2 , and the orifice areas of the inlets and outlets of the tanks given with the flow coefficients for Q_2 , Q_3 and Q_4 as s_2a_2 , s_3a_3 and s_4a_4 , respectively. The system is defined by the following nonlinear differential equations:

$$\frac{dh_1}{dt} = \frac{1}{A_1} (k_{PVM}W_{max}u_1 - s_2a_2\sqrt{2g(h_1 - h_2)})$$

$$\frac{dh_2}{dt} = \frac{1}{A_2} (s_2a_2\sqrt{2g(h_1 - h_2)} - s_3a_3\sqrt{2gh_2} - k_{bv} * s_4a_4\sqrt{2gh_2})$$

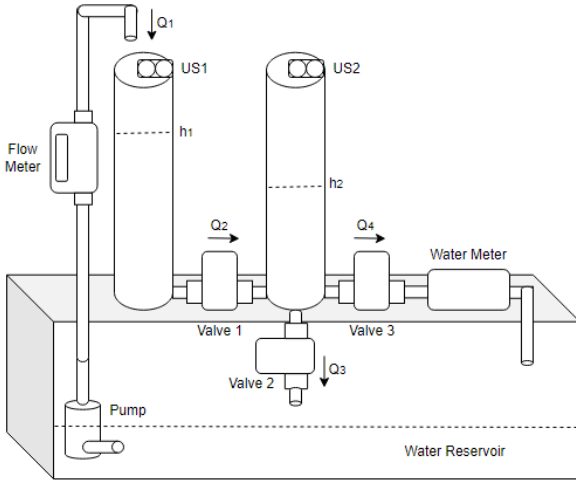


Figure 1. Block Diagram of Modeled System

By defining state variables as $x_1 = h_2$ and $x_2 = h_1 - h_2$, dynamic model of the meter test bench is obtained, and state equations can be given as:

$$\dot{x}_1 = \frac{dh_2}{dt} = -\frac{(s_3a_3 + k_{bv} * s_4a_4)\sqrt{2g}}{A_2} \sqrt{x_1} + \frac{s_2a_2\sqrt{2g}}{A_2} \sqrt{x_2}$$

$$\dot{x}_2 = \frac{(s_3a_3 + k_{bv} * s_4a_4)\sqrt{2g}}{A_2} \sqrt{x_1} - \frac{(A_1 + A_2)s_2a_2\sqrt{2g}}{A_1A_2} \sqrt{x_2} + \frac{k_{PVM}W_{max}}{A_1} u$$

$$y = h_2 = x_1$$

In order to obtain the relative degree of output in proposed system, output is differentiated repeatedly until the input variable appears explicitly in the result:

$$\dot{y} = \frac{dh(x)}{dt} = \frac{\partial h(x)}{\partial x} * \frac{dx}{dt} = \frac{\partial h(x)}{\partial x} * \dot{x}$$

By using the functional representation of the dynamic model:

$$\dot{x} = f(x) + g(x) * u$$

Differentiation of the output can be simplified in terms of Lie derivatives of $h(x)$ with respect to f and g :

$$\dot{y} = \frac{\partial h(x)}{\partial x} * [f(x) + g(x) * u] = L_f h(x) + L_g h(x) * u$$

The first derivative of the output is equal to the state equation \dot{x}_1 of the system, which does not include an input term in it:

$$\dot{y} = \dot{x}_1 = \frac{dh_2}{dt} = -\frac{(s_3a_3 + k_{bv} * s_4a_4)\sqrt{2g}}{A_2} \sqrt{x_1} + \frac{s_2a_2\sqrt{2g}}{A_2} \sqrt{x_2}$$

Therefore \dot{y} is independent of u . In terms of Lie derivative:

$$L_g h(x) = 0 \text{ and } \dot{y} = L_f h(x)$$

Taking the second derivative of the output results in a form which includes both state equations \dot{x}_1 and \dot{x}_2 :

$$y^{(2)} = \dot{x}_1^{(2)} = -\frac{(s_3a_3 + k_{bv} * s_4a_4)\sqrt{2g}}{A_2 * 2\sqrt{x_1}} \dot{x}_1 + \frac{s_2a_2\sqrt{2g}}{A_2 * 2\sqrt{x_2}} \dot{x}_2$$

After substituting the state equations into $y^{(2)}$ and simplifying them:

$$y^{(2)} = \frac{2gs_2a_2(s_3a_3 + k_{bv} * s_4a_4)}{2A_2^2} \left(\frac{\sqrt{x_1}}{\sqrt{x_2}} - \frac{\sqrt{x_2}}{\sqrt{x_1}} \right) + \frac{2g(s_3a_3 + k_{bv} * s_4a_4)^2}{2A_2^2} - \frac{2g(s_2a_2)^2(A_1 + A_2)}{2A_1A_2^2} + \frac{s_2a_2\sqrt{2g} k_{PVM}W_{max}}{2A_1A_2} \frac{u}{\sqrt{x_2}}$$

Input is obtained in the 2nd derivative, so the relative degree of the output is 2. The proposed system is fully feedback linearizable, because the relative degree of the output is equal to the order of the system.

$$k = n = 2, y^{(2)} = L_f^2 h(x) + L_g L_f h(x) * u, y^{(2)} = v$$

A transformation is implemented in order to form a linear system with the new input v :

$$\dot{z}_1 = z_2, \dot{z}_2 = v, y = z_1$$

$$\dot{z} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} z + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} v$$

$$y = [1 \quad 0]z$$

$$y^{(2)} = v = f(x) + \Phi(x) * u$$

$$f(x) = \frac{2gs_2a_2(s_3a_3 + k_{bv} * s_4a_4)}{2A_2^2} \left(\frac{\sqrt{x_1}}{\sqrt{x_2}} - \frac{\sqrt{x_2}}{\sqrt{x_1}} \right) + \frac{2g(s_3a_3 + k_{bv} * s_4a_4)^2}{2A_2^2} - \frac{2g(s_2a_2)^2(A_1 + A_2)}{2A_1A_2^2}$$

$$\Phi(x) = \frac{s_2a_2\sqrt{2g}k_pw_{max}}{2A_1A_2\sqrt{x_2}}$$

Here, u is the original input to the nonlinear system. Simply by taking it to the left side of the equation, it can be defined in terms of new input of the system v and non linear states:

$$u = \frac{v - f(x)}{\Phi(x)}$$

Finally the original input u can be stated as:

$$= \frac{2A_1A_2^2v - (2A_1gs_2a_2(s_3a_3 + k_{bv} * s_4a_4)) \left(\frac{\sqrt{x_1}}{\sqrt{x_2}} - \frac{\sqrt{x_2}}{\sqrt{x_1}} \right)}{\frac{A_1s_2a_2\sqrt{2g}k_pw_{max}}{1\sqrt{x_2}}}$$

$$+ \frac{2A_1g(s_3a_3 + k_{bv} * s_4a_4)^2 - 2g(s_2a_2)^2(A_1 + A_2)}{\frac{A_1s_2a_2\sqrt{2g}k_pw_{max}}{1\sqrt{x_2}}}$$

Which means that, if the input flow rate from the centrifugal pump is applied as $u = \frac{1}{\Phi}(-f + v)$ to the proposed system where v is the new input, then the nonlinearity is avoided. So, a simple relationship is obtained between output and new input v :

$$y^{(2)} = v$$

2.1. Experimental Setup

Experimental setup consists of a flow generator submersible pump and a frequency-output reference flow meter connected to the embedded control system of coupled tank (Figure 2), which communicates with PC via serial port.

2.1.1. Main Control Unit

Arm Cortex M7 32-Bit Microcontroller is used for the control system, which operates at 216 MHz with FPU support for complex mathematical operations. A high-resolution TFT display is used in the embedded control system to provide a clear, instantaneous display of variables in the experiments (Figure 3). Pwm signal generation is implemented by the internal general purpose timer, which works in non-blocking mode without interrupting the cpu during the state transitions of duty cycle. Duty cycle change is executed in the PWM on-the-fly mode without blocking the cpu and not requiring time-delay for peripheral init – deinit operations. STM32F7-Discovery board is connected to the PC via USB serial port, which is used as both debugging and virtual com port. Virtual com port is used for obtaining flow rate

information to the PC through a serial port terminal application during real time running mode. Cortex-M7 processor with 216MHz CPU speed, full duplex Uart and I/O configurable Timer with Direct Memory Access (DMA) controller form the basis of the main hardware layer.

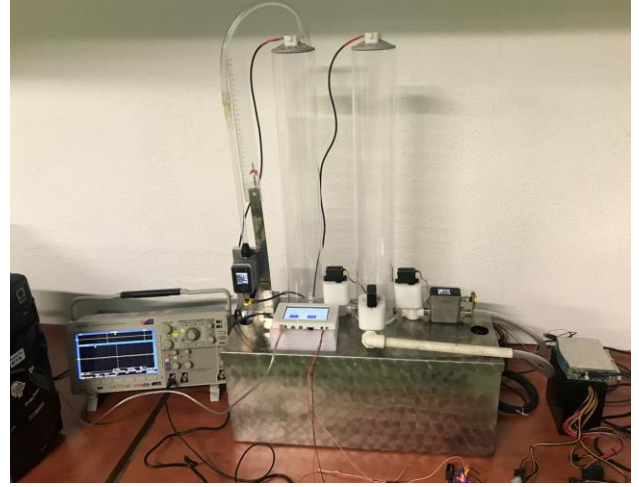


Figure 2. Photo of Experimental Setup

Non-blocking coding method is implemented in the bare-metal control firmware. Serial communication (UART) port is initialized in DMA mode and connected to the PC through the virtual com port of debugger. Direct memory access capability eliminates the need for the CPU for transmitting the measured data to the PC. Any other methods i.e. input polling or interrupt relies on CPU operations to stop by and execute communication, conversely the DMA functionality releases the CPU for other tasks completely.

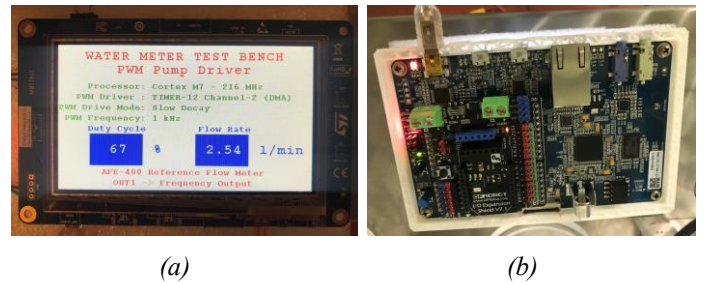


Figure 3. Main Control Unit Display (a), STM32F7 Discovery Board (b)

2.1.2. Motor Pump

Water meter test system requires a constant flow rate during the test cycle. When the flow is supplied directly by the pump, internal dynamics of pump motor and small variations in the impeller angular frequency cause flow disturbances which reduces the accuracy and reliability of the measurement system. Instead of direct feeding the meter under test, coupled-tank drain method is studied to generate a constant flow. Therefore, a pwm controlled pump is used to supply water to the first tank of coupled system, so that the second tank is not affected by the irregular flow caused by the pump dynamics (Figure 5).

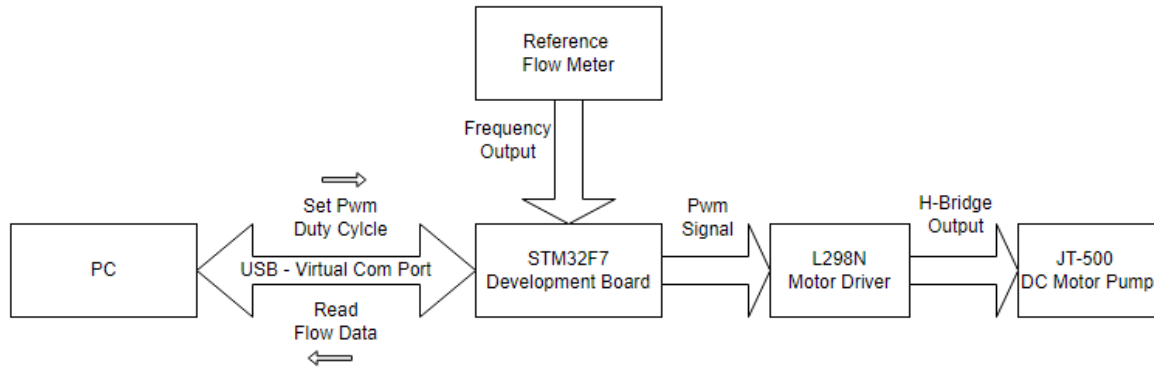


Figure 4. Control System Block Diagram

DC Brushed Motor pump is driven by the pwm signal generated from an embedded Arm Cortex M7 microcontroller development platform. Logical drive signal is amplified and applied to the motor pump by using an integrated H-bridge driver circuit. The effect of pwm frequency over the relationship between the duty cycle and flow rate is explored in this study. Both outputs of the L298N dual H-bridge driver circuit are connected and used in parallel as a single H bridge output, in order to increase the maximum drive current from 2A to 4A. PWM voltage at 100% duty cycle is applied as +12V DC (which is the nominal operating voltage of the DC pump, and will be defined as the input voltage value at maximum flow rate).



Figure 6. Flow Meter Connection

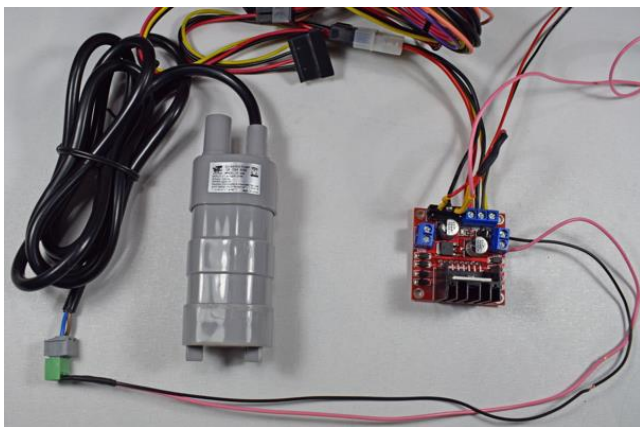


Figure 5. PMDC Motor Pump and L298N Driver Module

DC motor pump is supplied by the H-Bridge Motor driver with 4 different pwm signals selected from 100 Hz to 20 kHz. For each frequency value, generated pulse width is adjusted from 10% to 100% with each step of 1 percentage by the controller software. Total dynamic pump head and the flow rate is recorded at each step. As a rule of thumb, the flow rate does not start until the pump head reaches to the height of the U-shaped flow pipe.

2.1.2. Reference Flow Meter

An electromagnetic flow meter is used as reference flow measurement unit in the experimental setup (Figure 6). Flow rate is obtained from the frequency output of the reference flow meter, which is connected to the timer/counter input of the microcontroller through a system clock prescaler. Measurement range and flow output frequency are configured according to the physical limit of the maximum pump flow which is equal to 10 l/min.

2.1.2. H-Bridge Pump Motor Driver

H-Bridge circuits are mainly used in motor drivers, inverter circuits and new generation battery charging devices for electrical vehicles. Gupta (2010) presented three alternative circuits of H-Bridge for driving a DC motor, with comparison in terms of current consumption and efficiency. Mori et al. (2016) worked on a new strategy to reduce high-frequency harmonics by modifying the slope of transients during switching in a step-down converter which is designed with H-Bridge. Drgona & Stefun (2018) studied the application of stepper motors with H-bridge drivers in CNC machines. El-Saadawi et al. (2020) modeled a DC motor and applied fractional order PID for speed control through L298N H-bridge motor driver using fast decay mode. In this study, H-Bridge circuit of L298N is activated with a general “ENABLE” port which drives one input of each AND Gate to logic high. The other input of each AND gate is driven by the IN1 and IN2 ports. As the rotation of the pump should be always in the same direction, IN2 port is tied to ground - logic low. Driving the pump by switching the Enable port causes all the Gates to be disabled during pwm low cycles (signal path 2 in Figure 7), which generates a fast decay mode. On the other hand, switching the IN1 port keeps the low side Gates activated and a slow decay mode is observed (signal path 3 in Figure 7).

2.1.3. Test and Measurement

First, L298N motor driver circuit is first configured to work in fast decay mode with the command sent from the computer. (IN1 input port is hold at logic high level, pwm signal is applied to ENABLE A port.) In fast decay mode, pwm duty cycle is increased by one percent starting from 1% for 5 seconds measurement at each frequency value. 5 samples were taken from the reference measuring instrument where the flow rate is

calculated within 1 second intervals. This is implemented by the timer/counter peripheral of the microcontroller by setting to 1 second overflow value to count the pulses received from the frequency output of the reference meter within this period. Total 5*100 samples were obtained at each frequency value up to 100% pwm duty cycle. The mean and standard deviation of the obtained samples are calculated and given in table-3 by multiples of 10 percent.

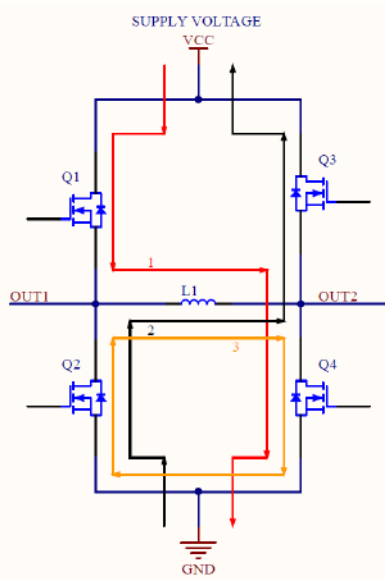


Figure 7. Fast and Slow Decay Mode Current Paths in a H-Bridge Driver

Subsequently, switching to the slow decay mode command was sent to the drive circuit where the remaining test conditions were kept unchanged, and samples were taken again. (ENABLE A port is hold at logic high level and the pwm signal is applied to the IN1 input port of the motor driver). The mean and standard deviation of new samples are given in table-4.

3. Results and Discussion

Fast decay mode and slow decay mode current paths are shown in Figure 7. In fast decay mode, reverse current flows through Q₂ and Q₃ transistors, related current path is given in black colour. Fast decay mode in low pwm frequencies (100 Hz – 1 kHz) has more deviations in the flow rate at constant duty cycle values. In slow decay mode, both transistors at the low side (Q₂ and Q₄) are still active during the pwm signal off cycles. This current path through Q₂ and Q₄ results in a slower decay in current, which causes a rapid decrease in the motor speed. Slow decay mode provides better performance in terms of efficiency and stable flow at these frequency levels. At higher range pwm frequencies (10 kHz – 20 kHz), decay mode does not affect the overall performance of the flow supply system. However, high pwm switching frequencies increase the energy losses resulting in a lower driving voltage range, similar to the findings of Van Der Geest et al. (2014) that investigated the losses in the rotor, windings and laminations of a permanent magnet machine caused by the PWM switching frequency.

Table 3. Fast Decay Mode Flow Characteristics (ENABLE_A=1, pwm signal applied to IN1)

| PWM Frequency | | | | | | | | |
|----------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| 100 Hz | | | 1 kHz | | 10 kHz | | 20 kHz | |
| Duty Cycle (%) | Water Height (cm) | Flow Rate (l/min) | Pump Head (cm) | Flow Rate (l/min) | Pump Head (cm) | Flow Rate (l/min) | Pump Head (cm) | Flow Rate (l/min) |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 29.0±1.8 | 0 | 16.3±0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 40 | 56.5±1.4 | 0 | 45.0±0.3 | 0 | 9.0±0.4 | 0 | 9.5±0.3 | 0 |
| 50 | 66.5 | 0.96±0.04 | 66.5 | 0.45±0.02 | 35.5±0.3 | 0 | 39.0±0.2 | 0 |
| 60 | 66.5 | 2.14±0.06 | 66.5 | 1.78±0.02 | 66.5 | 0.31±0.01 | 66.5 | 0.35±0.02 |
| 70 | 66.5 | 3.17±0.10 | 66.5 | 2.81±0.03 | 66.5 | 2.02±0.02 | 66.5 | 2.07±0.03 |
| 80 | 66.5 | 3.99±0.08 | 66.5 | 3.59±0.02 | 66.5 | 3.29±0.02 | 66.5 | 3.31±0.02 |
| 90 | 66.5 | 4.69±0.09 | 66.5 | 4.40±0.02 | 66.5 | 4.25±0.03 | 66.5 | 4.22±0.03 |
| 100 | 66.5 | 5.20±0.10 | 66.5 | 5.12±0.02 | 66.5 | 5.13±0.01 | 66.5 | 5.12±0.02 |

Radsanjani & Astharini (2017) studied control application of a DC motor, and compared the results at different frequency levels presenting an efficient range between 400 and 600 Hz in their setup, while the experiments in this research give out optimum performance at 1 kHz as the dc motor is coupled to the pump.

Maximum driving voltage (100% duty cycle) is DC 12V. Due to the internal physical construction of permanent magnets and coils of DC motor, rotation starts after 24% pwm duty cycle which is equal to an average driving voltage of 2.88V. Regardless of the pwm frequency, lower voltage levels at duty cycle less than 24% can not deliver adequate current to the motor coils resulting an insufficient electromagnetic force, so the motor does not start to rotate.

4. Conclusions and Recommendations

PMDC motor centrifugal pump is driven by an Arm Cortex M7 based microcontroller applying the PWM method at different frequencies and driving modes. Flow rate measurements are carried out at 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz and 20 kHz for each mode. Fast decay mode in low pwm frequency (100Hz) results in higher deviations which is not the optimum setting for a regular flow supply. Better than this setting, slow decay mode provides a faster reduction in motor speed despite the slower current decay, which improves the flow rate stability and minimize deviations at constant pwm duty cycle values. However, high pwm switching

frequencies reduces the effective range of selection for pwm duty cycle setting of flow rate adjustment.

1 kHz Pwm frequency in slow-decay driving mode achieved leading performance within 4 frequency (100Hz, 1kHz, 10kHz, 20kHz) values and 2 decay (fast, slow) modes, in terms of improved linearization and wider range for pwm duty cycle to flow rate transformation. This setting assures exact knowledge of dynamic input parameter (Q_1) for feedback linearization.

Internal floating point unit availability and high CPU speed (up to 216MHz) of Cortex M7 microcontroller used in the

Table 4. Slow Decay Mode Flow Characteristics ($IN1=1$, pwm signal applied to $ENABLE_A$)

| Duty Cycle (%) | PWM Frequency | | | | | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|--|
| | 100 Hz | | 1 kHz | | 10 kHz | | 20 kHz | |
| Water Height (cm) | Flow Rate (l/min) | Pump Head (cm) | Flow Rate (l/min) | Pump Head (cm) | Flow Rate (l/min) | Pump Head (cm) | Flow Rate (l/min) | |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 30 | 28.5±0.5 | 0 | 16.0±0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 40 | 55.0±0.3 | 0 | 44.8±0.2 | 0 | 9.0±0.3 | 0 | 9.5±0.3 | |
| 50 | 66.5 | 0.95±0.01 | 66.5 | 0.44±0.01 | 35.5±0.3 | 0 | 39.0±0.1 | |
| 60 | 66.5 | 2.11±0.02 | 66.5 | 1.76±0.01 | 66.5 | 0.30±0.01 | 66.5 | |
| 70 | 66.5 | 3.10±0.02 | 66.5 | 2.80±0.02 | 66.5 | 2.02±0.02 | 66.5 | |
| 80 | 66.5 | 3.85±0.01 | 66.5 | 3.60±0.01 | 66.5 | 3.28±0.02 | 66.5 | |
| 90 | 66.5 | 4.48±0.02 | 66.5 | 4.37±0.02 | 66.5 | 4.26±0.03 | 66.5 | |
| 100 | 66.5 | 5.15±0.03 | 66.5 | 5.10±0.01 | 66.5 | 5.14±0.01 | 66.5 | |

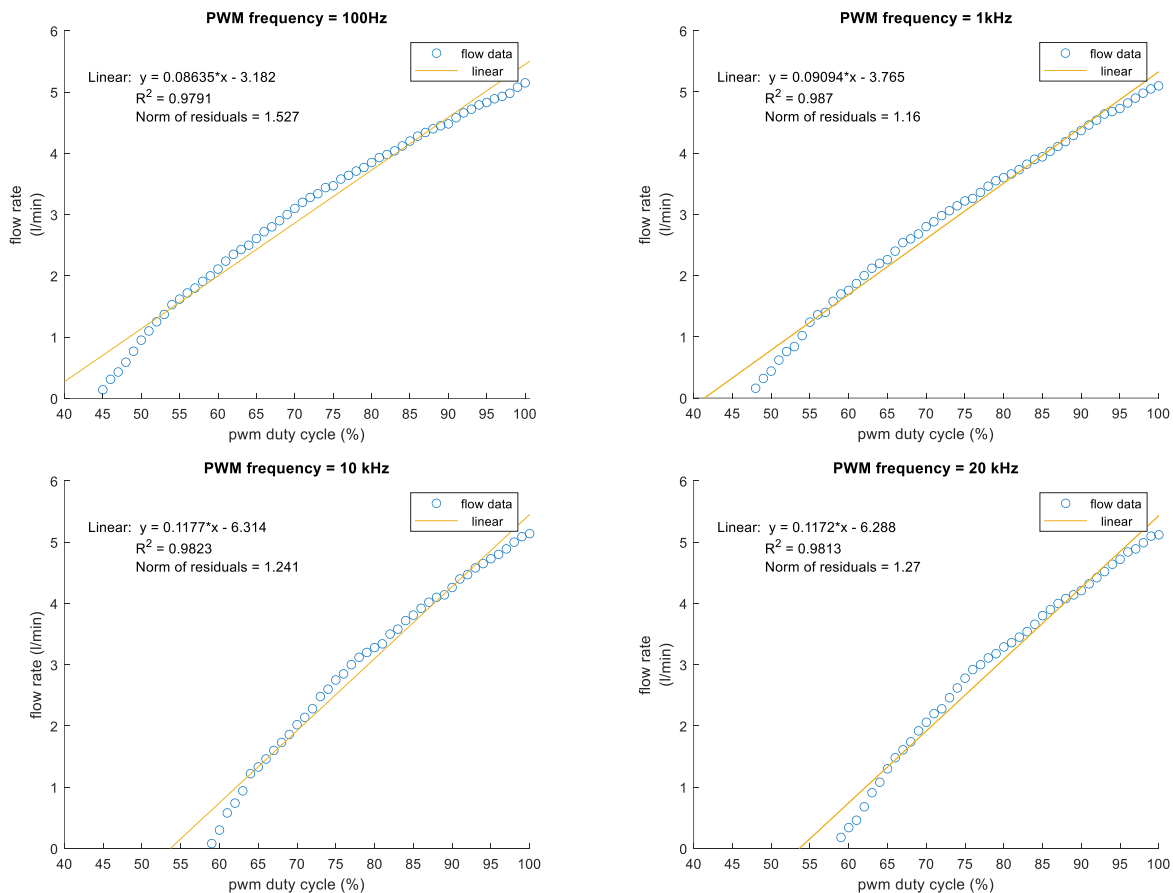


Figure 8 - Linearity Evaluation Between Duty Cycle and Flow Rate at Different Frequencies

experiments are highly sufficient for medium-to-large scale control applications. Compatibility with the other microcontrollers in the same family of Arm Cortex Mx Core allows a wide spectrum of applications without changing the main controller design concept. State feedback and coordinate transformation algorithms for feedback linearization and advanced control strategies of complex non-linear systems can be implemented on-board without the processing support of additional high-performance computers.

References

- A Aly, A. (2007). Flow rate control of variable displacement piston pump with pressure compensation using neural network. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 35(6), 1401-1412.
- Drgona, P., & Stefun, R. (2018, October). Application of Stepper Motors in CNC Device. In *2018 International Conference and Exposition on Electrical And Power Engineering (EPE)* (pp. 241-246). IEEE.
- Dutta, P., & Kumar, A. (2017). Intelligent calibration technique using optimized fuzzy logic controller for ultrasonic flow sensor. *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, 4(2), 91-94.
- El-Saadawi, M. M., Gouda, E. A., Elhosseini, M. A., & Essa, M. S. (2020). Identification and Speed Control of DC Motor Using Fractional Order PID: Microcontroller. *European Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 4(1).
- Gevorkov, L., Rassölkin, A., Kallaste, A., & Vaimann, T. (2018, January). Simulink based model for flow control of a centrifugal pumping system. In *2018 25th International Workshop on Electric Drives: Optimization in Control of Electric Drives (IWED)* (pp. 1-4). IEEE.
- Gogolyuk, U., Lysiak, V., & Grinberg, I. (2004, October). Mathematical modeling of a synchronous motor and centrifugal pump combination in steady state. In *IEEE PES Power Systems Conference and Exposition, 2004.* (pp. 1444-1448). IEEE.
- Goppelt, F., Hieninger, T., & Schmidt-Vollus, R. (2018, December). Modeling centrifugal pump systems from a system-theoretical point of view. In *2018 18th International Conference on Mechatronics-Mechatronika (ME)* (pp. 1-8). IEEE.
- Gupta, V. (2010, March). Working and analysis of the H-bridge motor driver circuit designed for wheeled mobile robots. In *2010 2nd International Conference on Advanced Computer Control* (Vol. 3, pp. 441-444). IEEE.
- Hamouda, A., Manck, O., Hafiane, M. L., & Bouguechal, N. E. (2016). An enhanced technique for ultrasonic flow metering featuring very low jitter and offset. *Sensors*, 16(7), 1008.
- Janevska, G. (2013, September). Mathematical modeling of pump system. In *Electronic International Interdisciplinary Conference* (No. September 2013, pp. 455-58).
- Ivanov, V. A., & Erkaev, N. V. (2021). Numerical and analytical modeling of centrifugal pump.
- Lee, C. H., Jeon, H. K., & Hong, Y. S. (2017). An implementation of ultrasonic water meter using dToF measurement. *Cogent Engineering*, 4(1), 1371577.
- Mori, T., Funato, H., Ogasawara, S., Okazaki, F., & Hirota, Y. (2016). Improved Modified Switching Transient Pulse Width Modulation (MT-PWM) Method Applied to H-Bridge Type Step-Down Converter. *Electrical Engineering in Japan*, 194(3), 59-69.
- Naresh, B., Madhu, P., & Prasad, K. R. K. (2011). Analysis of DC solar water pump and generalized photovoltaic model using Matlab/Simulink. *UACEE International Journal of Advancements in Electronics and Electrical Engineering*, 1(1).
- Radsanjani, M. F., & Astharini, D. (2018). PC Based Real Time Control of DC Motor. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 4(2), 66-69.
- Ramos, H. M., McNabola, A., López-Jiménez, P. A., & Pérez-Sánchez, M. (2019). Smart water management towards future water sustainable networks. *Water*, 12(1), 58.
- Santhosh, K. V., & Roy, B. K. (2012). An intelligent flow measurement technique using ultrasonic flow meter with optimized neural network. *International journal of control and automation*, 5(4), 185-195.
- Shablovskiy, A., & Kutovoy, E. (2019, March). Obtaining the head characteristic of a Low Flow Centrifugal Pump by numerical methods. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 492, No. 1, p. 012035). IOP Publishing.
- Suñol, F., Ochoa, D. A., & Garcia, J. E. (2018). High-precision time-of-flight determination algorithm for ultrasonic flow measurement. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 68(8), 2724-2732.
- Van Der Geest, M., Polinder, H., & Ferreira, J. A. (2014, September). Influence of PWM switching frequency on the losses in PM machines. In *2014 International Conference on Electrical Machines (ICEM)* (pp. 1243-1247). IEEE.
- Wang, Y., Zhang, H., Han, Z., & Ni, X. (2021). Optimization design of centrifugal pump flow control system based on adaptive control. *Processes*, 9(9), 1538.



Bioplastics / Biopolymers: How Aware Are We?

Arzum Işıtan^{1*}, Cem Gök², Mine Sulak³, Fatma Kırmızı⁴, Volkan Onar¹, Ramazan Çağrı Kutlubay⁵

^{1*} Pamukkale University, Faculty of Technology, Department of Mechanical Engineering, Denizli, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5228-9788), aisitan@pau.edu.tr

¹ Pamukkale University, Faculty of Technology, Department of Mechanical Engineering, Denizli, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6585-198X), vonar@pau.edu.tr

² Pamukkale University, Faculty of Technology, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Denizli, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8949-8129),
cemgok@pau.edu.tr

³ Pamukkale University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Denizli, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1300-8661),
msulak@pau.edu.tr

⁴ Pamukkale University, Faculty of Education, Department of Primary Education, Denizli, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0426-1908), fatmas_30@yahoo.com

⁵ Pamukkale University, Faculty of Technology, Department of Biomedical Engineering, Denizli, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1093-2448), rckutlubay@pau.edu.tr

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1129490)

ATIF/REFERENCE: Işıtan, A., Gök, C., Sulak, M., Kırmızı, F. & Kutlubay, R.Ç. (2022). Bioplastics / Biopolymers: How Aware Are We?. *European Journal of Science and Technology*, (37), 36-41.

Abstract

Today, polymers have found a wide range of uses from kitchen utensils to artificial heart valves, thanks to their lightness, easy shaping, corrosion resistance, and cheapness. A large number of polymers are used in the packaging of food, textiles, and machinery, and they are an important part of solid waste disposed of in landfills. In addition, microplastics, which are small particles under 5 mm, pose a major problem in the pollution of rivers, lakes, seas, and oceans and increase our carbon footprint. Many strategies are being developed in parallel with the Green Deal to reduce both all the negative effects caused by polymers and our carbon footprint. According to the European Green Deal, reducing waste, compensating for carbon footprint emissions, and protecting resources and sustainability are key priorities for the EU now and in the future. Reusability and biodegradable polymer production are important parts of these strategies. The scientific works demonstrated the opportunity for renewable, biodegradable biopolymers to replace their synthetic counterparts in a variety of application. Biopolymer is a type of polymer and a biodegradable chemical compound that is produced by living beings in the ecosystem. Biopolymers obtained from natural materials (e.g. alginate, zein, gelatin, agar, and chitin/chitosan) are highly abundant but underexploited renewable biomasses. Besides their natural biological and structural functions, the biopolymers can be tailored to new biomaterials with novel functionalities. The roles of biopolymers in obtaining environmentally friendly materials are very important for the future of the world.

So, are we aware of plastic pollution and ways to reduce it? Is there enough awareness in academia, industry, and society for biopolymers that are so important for a sustainable environment? In this study, the answers to these questions are researched and discussed.

Keywords: Biopolymer, Bioplastic, Green Deal, Sustainable Environment, Pollution.

Biyoplastikler / Biyopolimerler: Ne Kadar Farkındayız?

Öz

Günümüzde polimerler, hafiflikleri, kolay şekillendirilmeleri, korozyona dayanıklılıkları ve ucuz olmaları nedeniyle mutfak gereçlerinden yapay kalp kapakçıklarına kadar geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Gıda, tekstil ve makinelerin paketlenmesinde çok sayıda polimer kullanılmaktadır ve bunlar çöplüklere atılan katı atıkların önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Ayrıca 5 mm'nin altında küçük parçacıklar olan mikroplastikler nehirlerin, göllerin, denizlerin ve okyanusların kirlenmesinde büyük sorun teşkil etmekte ve karbon ayak izimizi arttırmaktadır. Hem polimerlerin neden olduğu tüm olumsuz etkileri hem de karbon ayak izimizi azaltmak için Yeşil Mutabakata paralel olarak birçok strateji geliştiriliyor. Avrupa Yeşil Mutabakatına göre, atıkları azaltmak, karbon ayak izi emisyonlarını telafi etmek ve kaynakları ve sürdürülebilirliği korumak AB için şimdi ve gelecekte temel önceliklerdir. Yeniden kullanılabilirlik ve biyolojik olarak parçalanabilen polimer üretimi bu stratejilerin önemli parçalarıdır. Bilimsel çalışmalar, yenilenebilir, biyolojik olarak parçalanabilen biyopolimerlerin çeşitli uygulamalarda sentetik muadillerinin yerini alma fırsatını göstermiştir. Biyopolimer, ekosferde canlılar tarafından üretilen bir tür polimer ve biyolojik olarak parçalanabilen bir kimyasal bileşiktir. Doğal malzemelerden (örneğin aljinat, zein, jelatin, agar ve kitin/kitosan) elde edilen biyopolimerler oldukça boldur ancak yeterince kullanılmamış yenilenebilir biyokütledir. Doğal biyolojik ve yapısal işlevlerinin yanı sıra biyopolimerler, yeni işlevselliklere sahip yeni biyomalzemelere uyarlanabilir. Biyopolimerlerin çevre dostu malzemeler elde etmedeki rolleri dünyanın geleceği için oldukça önemlidir.

Peki, plastik kirliliğinin ve bunu azaltmanın yollarının farkında mıyız? Sürdürülebilir bir çevre için bu kadar önemli olan biyopolimerler için akademi, endüstri ve toplumda yeterli farkındalık var mı? Bu çalışmada bu soruların cevapları araştırılmakta ve tartışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyopolimer, Biyoplastik, Yeşil Mutabakat, Sürdürülebilir Çevre, Çevre Kirliliği.

*Sorumlu Yazar: aisitan@pau.edu.tr

1. Introduction

It can be said that the meeting of the modern world with plastics started in the 1400s after Christopher Columbus encountered a ball made of natural rubber in Haiti. Charles Goodyear had added sulfur to natural rubber, making its properties incredibly change. After the first synthetic polymer was obtained in the early 1900s, the properties of its molecules were discovered in the 1920s, and nylon was invented in 1928. Since the early 1950s, many different types of polymeric materials have been developed [1].

Today, plastics have an important place of our lives. It has found a wide range of usage for many reasons such as lightness, easy formability, mixing ability with different additives and changing properties easily, and having good corrosion resistance. Except the naturals, polymers can also be classified as thermoplastics and thermosets. A thermoset cannot be reprocessed due to its cross-links, so it is not recyclable. However, a thermoplastic material can be reprocessed and recycled by heating it to the appropriate temperature. Polymeric materials find a wide range of uses, from kitchenware to car bumpers, from chairs to artificial heart valves. But especially a large amount of polymeric material is used in packaging (food, textile, machinery, etc.) processes. The disappearance of plastics in nature begins after 450 years.

In the EU, around 25.8 million tonnes of plastic waste are produced in every year. The collected plastic waste is less than 30% of all generated plastic in total [2]. Only 6% of plastic products are demanded in Europe as recycled plastics. Around 5 to 13 million tons of plastics, 1.5 to 4% of global plastic production worldwide, are transported to the oceans. It is estimated that 150 000 to 500 000 tonnes of this amount originates from the European Union [3,4]. This ratio is frightfully increased by the increasing amount of plastic waste produced each year. The most important factor on this increase is the increase in the amount of 'single-use' plastics which are used to produce small packaging, bags, disposable cups, etc.

Plastic wastes are important part of solid waste disposed to solid waste landfills. Most of these wastes are packaging plastics. In this environment, they can remain intact for many years, which causes the landfill to be filled prematurely. Reuse in manufacturing, incineration for energy generation, biodegradation in compost or in soil in natural environment can be counted as disposal processes of plastic wastes. However, large quantities of plastic (millions of tons per year), especially packaging plastics, are still being thrown into landfill, where they take up a large amount of space and contribute to capacity shortages. Plastic packaging parts are represented about 8% of the overall refuse in the landfills [5].

Microplastics can be defined as tiny fragments below 5 mm in size. Their leakage and pollution are also increasing day by day and are almost a part of the food chain in the oceans. Approximately 75000 to 300000 tons of microplastic emissions are estimated in the European Union per year [6].

As explained above, plastics and microplastics represent one of the biggest environmental and health problems in the world and Europe. To reduce all negativities caused by plastics, Europe needs a sustainable and innovative plastic strategy. For this purpose, EU has developed "A European Strategy for Plastics in a Circular Economy" [7]. Reusability and nature-degradable

plastic production are an important part of this strategy. Actions on compostable and biodegradable plastics are included in this strategy, also.

In the ASTM document D883-00, "Standard Terminology Relating to Plastics" necessary definitions are made related to degradable plastic materials [8]:

-Biodegradable plastic: A degradable plastic in which the degradation results from the action of naturally occurring microorganisms such as bacteria, fungi, and algae.

Biodegradation of organic materials is the result of the activities of microorganisms such as fungi, yeasts, actinomycetes, and bacteria. Fungi and bacteria represent a wide range of possibilities [5]. Biodegradable plastics, "Green plastics", typically can be produced in various forms such as film and fibers, and are compatible with extrusion and moulding which are easy-to-apply production forms. Except some application area like starch-based loose-fill packaging market, Green plastics comprise less than 1% of today's plastics [9].

For a more livable world, biodegradable plastics should be recognized and used. Although research on green plastics is increasing day by day, their use is not at the desired level. Most people and most manufacturers either have no knowledge of these plastics or know very little.

For this reason, the FutureBio project idea is developed, supported by the Turkish National Agency with project number 2021-1-TR01-KA220-HED-000032160 within the scope of Strategic Partnerships in the Field of Higher Education. FutureBio aims:

For society

-To raise social awareness that plastic pollution is an issue that needs urgent and immediate action

-To give information about biodegradable and compostable products

-To obtain awareness about biodegradable and compostable products

- To raise awareness of young people, especially at secondary and higher education levels

- To increase the usage of bio bags by replacing and selling plastic bags throughout the country and Europe.

For academics

-To give information about biodegradable and compostable products

-To obtain awareness about biodegradable and compostable products

- Encourage and guide the development of biodegradable and compostable materials and products

-To guide them to prioritize these issues in their academic career planning

-To increase the competencies of trainers for vocational education

For manufacturers

-To give information about biodegradable and compostable products and their usage areas

-To obtain awareness about biodegradable and compostable products' advantageous

- Encourage and guide the manufacturing of biodegradable and compostable products

-To help the people who are working/will work in these manufacturers to gain the right professional knowledge and competence

The project outputs and the events to be organized in line with the European strategies within the scope of the FutureBio idea can be summarized as follows:

- To prepare a curriculum and training materials for both higher education and companies related to green polymers

-To prepare a guide on the usability of methods and machines instead of today's plastic material for the production of biodegradable plastics

-To prepare dissemination materials for raising social awareness (leaflet, website, social media platforms, etc)

-To prepare dissemination activities for raising social awareness

-To contribute to the training and development of the academic staff of the project partners in applications and products in different fields

-To contribute to the training and development of the employees of companies engaged in applications and products in different fields

-To prepare webinars for academics and employees

- Creating a value chain extending from the laboratory to the industry, from industry to the environment and the economy.

Despite the importance of biopolymeric/biodegradable materials in technology and the impact on our life the knowledge and implications related to them seem not so common. This is why a short survey was created to guide the project idea and to analyze the initial needs. A total of 347 people from Turkey, Romania, Italy, Denmark, and the other EU countries answered the survey. In this study, the results of the survey study are given and the general awareness level about biopolymeric/biodegradable materials is discussed.

2. Material and Method

The survey prepared to measure the level of knowledge at basic level and awareness about bioplastics/biopolymers consists of a total of 13 questions and two parts. No personal data was requested from those who filled out the survey and the survey was filled on a voluntary basis. A permission was obtained from Pamukale University Social and Human Sciences Research and Publication Ethics Committee for the survey application.

The first part of the survey prepared for university students, academicians and industrial workers was included the following information:

1. the country of the participants,
2. the last school level from which he/she graduated,
3. whether they are students, academics, scientists or industrial workers

4. working area

The second part of survey was included following questions related to bioplastics/biopolymers basic knowledge:

1. Your level of knowledge on Polymers / Plastics

2. Do you use plastic bags while shopping?

3. Do you separate plastic waste for recycling?

4. Your level of knowledge on biopolymers

5. Do you know the difference between biopolymer and conventional plastics / polymers?

6. Do you want to take online courses related Biopolymer?

7. Do you want to attend a seminar related Biopolymer?

8. If there is a social media account about Biopolymer, would you follow it?

9. Would you like to do a scientific study after you have enough information about biopolymers?

After completing the questionnaire prepared and filled using Google Forms, analysis was made for each question. **3. Results and Discussion**

The survey was filled by a total of 347 participants from Turkey, Romania, Italy, Denmark, and the other EU countries answered the survey (Figure 1).

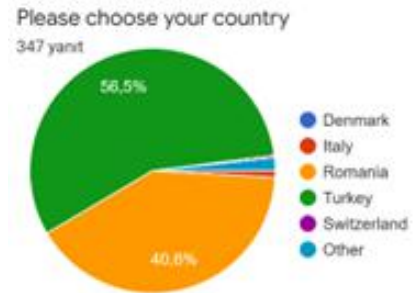


Figure 1. Distribution of respondents by country

As can be seen in Figure 2, 43.8% of the respondents have a high school degree, 20.7% have a bachelor degree, 11.2% have a master's degree, and 24.2% have a PhD.

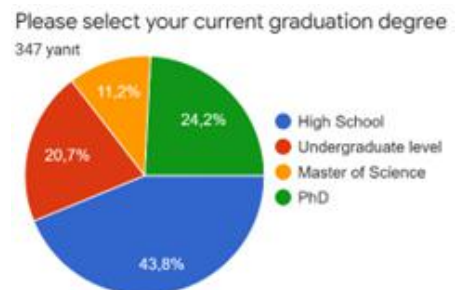


Figure 2. Distribution of respondents by graduation degree

The rate of students, academic staff/scientists, and industrial workers who responded to the survey were 52.2%, 31.8%, and 16%, respectively (Figure 3).

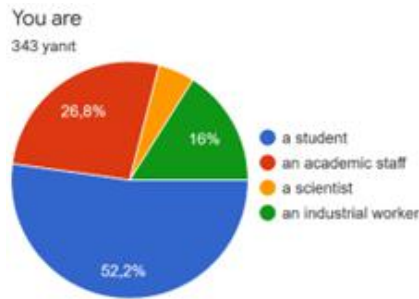


Figure 3. The rate of students, academic staff/scientists, and industrial workers who responded to the survey

As can be seen in Figure 4, fields of study of participants are engineering (159), educational sciences (66), social sciences (22), economic and administrative sciences (41), Science and Mathematics (24), architecture (7), Medicine and health sciences (9) and other professional branches (19). Thus, an awareness study was carried out in a wide range of professional groups.

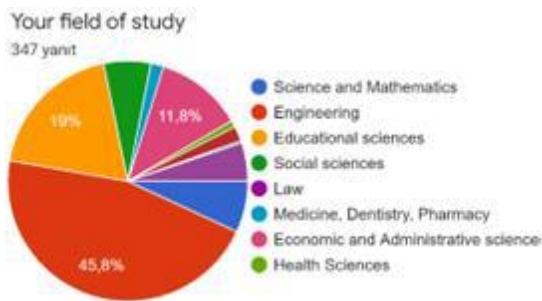


Figure 4. Fields of study of respondents

The level of knowledge on polymer/plastic materials question showed that only 10.1% of the participants have good knowledge of polymeric materials (Figure 5).

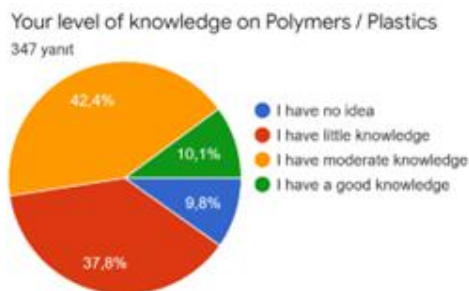


Figure 5. The level of knowledge on polymer/plastic materials of respondents

Only 10.1% of respondents answered that they do not use plastic bags in shopping, while the remaining participants stated that they rarely use plastic bags (Figure 6).



Figure 6. The level of plastic bags using

Only 11.8% of the participants gave a negative answer to the question about the separate of plastic wastes for recycling. While 16.4% of the respondents seldom sorted garbage, the remaining participants stated that they usually sorted the garbage for recycling (Figure 7).

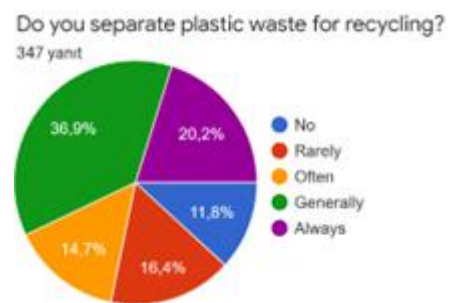


Figure 7. Separation rate of plastic wastes

Figure 8 shows that the level of knowledge on biopolymer materials. It can be seen that only 6.4% of the participants have good knowledge.

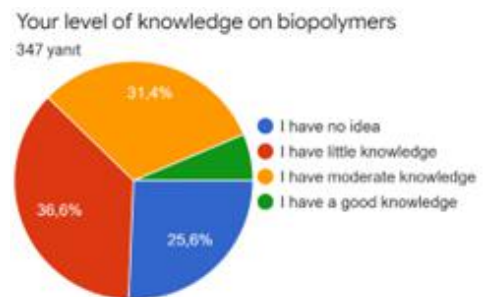


Figure 8. The level of biopolymer materials knowledge

The results showed that only 37.8% of the participants know enough about biodegradable polymers and only 13.8% of them know the difference between traditional plastics and biodegradable polymers very well (Figure 9).

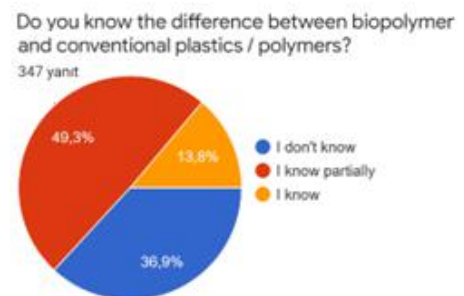


Figure 9. The level of knowledge between biodegradable polymers and traditional plastics

The respondents except 17% of the participants stated that if there are courses and seminars related to biodegradable polymers, they can participate in these (Figure 10 and Figure 11).

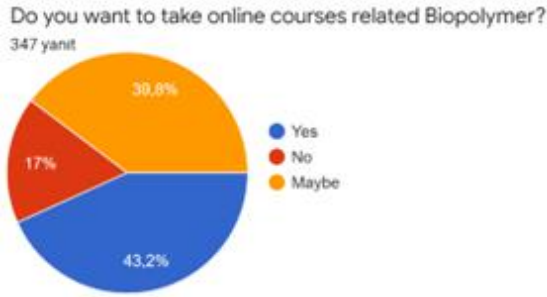


Figure 10. Responders' willingness to join online courses related biopolymer

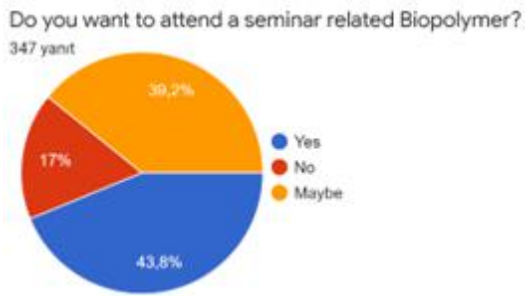


Figure 11. Responders' willingness to join seminars related biopolymer

Approximately 57,1% of the responders seem to be able to follow the issue effectively if sufficient awareness is created (Figure 12).

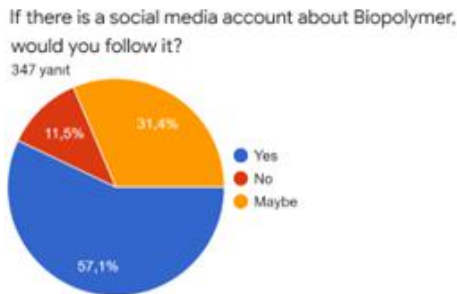


Figure 12. Responders' willingness to follow social media accounts related biopolymer

Figure 13 shows that the responders' answered ,48,4% rate, if they will have enough information on biopolymers, they would like to do scientific study.

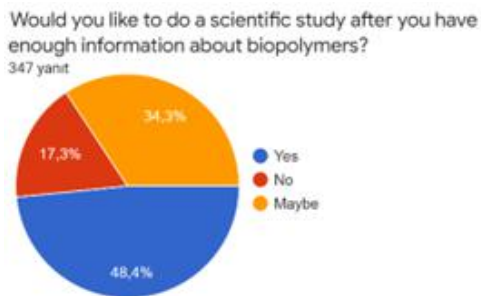


Figure 13. Willingness to do scientific work on biopolymer after having sufficient knowledge

4. Conclusions and Recommendations

Polymeric waste is frightfully increased with 'single-use' plastics each year. For reducing this rate, reusability and naturedegradable polymer production are important. According to the European Green Deal Communication [10], reducing wastes, compensating carbon footprint emissions, saving resources, and sustainability are key priorities for the Europe now and in the future. For a more liveable and green world, biopolymers should be developed and used.

The preliminary studies carried out within the scope of the FutureBio project supported by the Turkish National Agency show that the knowledge and awareness of all segments of the society about biopolymer is not at the desired level. For this reason, information and awareness studies should be carried out in especially in universities, industrial institutions, employees in these institutions, and in every part of the society.

In the efforts to increase awareness and knowledge level, digital training materials, whose importance has become more evident with the Covid-19 pandemic, should also be used. In order to attract the attention of the Z generation, educational materials and social media platforms containing high-performance and interesting digital technology should be prepared, and more importance should be given to environmental activities.

5. Acknowledge

FutureBio project is supported by the Turkish National Agency with project number 2021-1-TR01-KA220-HED-000032160 within the scope of Strategic Partnerships in the Field of Higher Education. The project is “Funded by the Erasmus+ Programme of the European Union. However, European Commission and Turkish National Agency cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein”.

References

- 1.Harper, C. A. (2000). Modern plastics handbook. McGraw Hill Professional.
- 2.Discussing the EU Strategy on Plastic Waste. Available at: <https://www.efeca.com/discussing-the-eu-strategy-on-plastic-waste/>
3. Zhongming, Z., Linong, L., Xiaona, Y., Wangqiang, Z., & Wei, L. (2019). The plastic waste trade in the circular economy.
- 4.European Environment Agency (2019). Preventing plastic waste in Europe. Available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/preventing-plastic-waste-in-europe>
- 5.Swift, G. (2015). Degradable Polymers and Plastics in Landfill Sites. In Encyclopedia of Polymer Science and Technology, (Ed.). <https://doi.org/10.1002/0471440264.pst457.pub2>
- 6.Microplastics: sources, effects and solutions. Available at: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20181116STO19217/microplastics-sources-effects-and-solutions>
- 7.Communication From the Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions (2018). A European Strategy for Plastics in a Circular Economy. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal->

[content/EN/TXT/?qid=1516265440535&uri=COM:2018:28:FIN](https://www.ejst.com/content/EN/TXT/?qid=1516265440535&uri=COM:2018:28:FIN)

8. ASTM document D883-00. (2017). “Standard Terminology Relating to Plastics”.
9. Stevens, E. S. (2002). Environmentally degradable plastics. Encyclopedia of Polymer Science and Technology.
10. European Commission. (2020). The European Green Deal.



Makine Öğrenmesi Algoritmaları Kullanılarak Türkiye ve AB Ülkelerinin CO₂ Emisyonlarının Tahmini

Serpil Aydın^{1*}, Gül Aydoğdu²

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6985-6120)

² Gazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3395-3321)

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1129958)

ATIF/REFERENCE: Aydın, S. & Aydoğdu, G. (2022). Makine Öğrenmesi Algoritmaları Kullanılarak Türkiye ve AB Ülkelerinin CO₂ Emisyonlarının Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (37), 42-46.

Öz

Özellikle 20. ve 21. yüzyıllarda sanayi devriminin hızlanması ve bundan dolayı Dünya'nın küresel ısınması ile sıcaklık miktarlarının artması, yeryüzünde mevsimlerin döngü ve şiddetlerinin değişmesine sebep olmuştur. Hayatın her alanında ihtiyaç duyulan enerji kullanımının artması, özellikle de fosil yakıtlara yönelim, sera gazları arasında önemli bir paya sahip olan CO₂'nin salınımının artmasına ve iklim değişikliklerine neden olmuş ve olmaya da devam etmektedir. Dolayısıyla Dünya üzerindeki tüm ülkeler için insan faaliyetlerinden kaynaklı CO₂ emisyon miktarlarının yönetimi, takibi ve tahlili önem kazanmıştır. Bu çalışmada, iklim değişikliği ile ilişkili sera gazı olan CO₂'nin Türkiye ve AB ülkelerinin tahmini ve eğilimlerinin irdelenmesi hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda, makine öğrenmesi algoritmalarından karar ağacı modellemesi, yapay sinir ağları ve destek vektör makineleri kullanılarak enerji elde edilirken ortaya çıkan CO₂ salınım miktarları için tahmin yapılmıştır. Makine öğrenme metodlarının başarı performansı karar ağacı modellemesi skor değeri, ortalama hata karesi (MSE) ve ortalama hata karesinin kökü (RMSE) kullanılarak değerlendirilmiştir. Ülkeler için 2010-2019 yıllarındaki nüfus, CO₂ emisyon miktarı, enerji tüketim miktarları kullanılarak, destek vektör makineleri (DVM) ile yapay sinir ağları (YSA) metodları uygulanmış ve tahminler yapılmıştır. Sonuçlara göre DVM yönteminin, YSA yöntemine göre daha başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Avrupa Birliği ülkelerine toplu olarak bakıldığında, CO₂ emisyon miktarının azalarak arttığı yani artış hızının azaldığı görülmüştür. Ayrıca Almanya, Hollanda, İtalya, Fransa ülkelerinde CO₂ emisyon miktarlarında azalma beklenmektedir. Türkiye için ise durum farklıdır. Türkiye'de 2010-2019 yılları arasındaki karbondioksit salınım miktarı her yıl artmakta olup önümüzdeki yıllarda da alternatif, CO₂ salınımı olmayan enerji kaynaklarına yönelinmez ise bu artışın devam edeceği yapılan çalışmada görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenmesi, Emisyon, Destek Vektör Makineleri, Karar Ağacı, Yapay Sinir Ağları

CO₂ Emissions in Turkey and EU Countries Using Machine Learning Algorithms

Abstract

Especially in the 20th and 21st centuries, the acceleration of the industrial revolution, the global warming of the world, and the increase in the amount of temperature caused the cycles and intensities of the seasons on earth to change. The increase in the use of energy needed in all areas of life, especially the orientation to fossil fuels, has caused and continues to cause an increase in the emission of CO₂, which has an important share among greenhouse gases, and climate changes. Therefore, the management, follow-up, and analysis of CO₂ emissions caused by human activities have gained importance for all countries in the world. This study, it is aimed to examine the estimation and trends of CO₂, a greenhouse gas associated with climate change, in Turkey and EU countries. In line with this goal, an estimation was made for CO₂ emissions that occur when energy is obtained by using decision tree modeling, artificial neural networks, and support vector machines from machine learning algorithms. Success performance of machine learning methods was evaluated using decision tree modeling score value, mean square error (MSE) and root mean square error (RMSE). Support vector

* Sorumlu Yazar: serpil.gumustekin@omu.edu.tr

machines (SVM) and artificial neural networks (ANN) methods were applied, and estimations were made by using the population, CO₂ emission amount, and energy consumption amount for the countries in the years 2010-2019. According to the results, it has been determined that the SVM method gives more successful results than the ANN method. When the European Union countries are considered as a whole, it has been observed that the amount of CO₂ emissions have decreased and increased, that is, the rate of increase has decreased. In addition, reductions in CO₂ emissions are expected in Germany, the Netherlands, Italy, and France. For Turkey, the situation is different. The amount of carbon dioxide emissions between 2010-2019 in Turkey is increasing every year, and it has been seen in the study that this increase will continue if alternative energy sources that do not emit CO₂ are not used in the coming years.

Keywords: Machine Learning, Emission, Support Vector Machines, Decision Tree, Artificial Neural Networks

1. Giriş

İklim değişikliği Dünya üzerindeki tüm canlı hayatı üzerinde yaşamı farklılaştıracak büyük bir değişimdir. Mevsimlerin süreleri, sıcaklık ortalamaları değişmektedir. Genel olarak; okyanus sıcaklık artışları, yükselen deniz seviyeleri, kutuplarda buzulların erimesi, kasırgalar, sıcak hava dalgaları, orman yangınları, kuraklıklar, seller ve yağışlar gibi aşırı hava koşullarında sıklık ve şiddet değişiklikleri ile bitki örtüsü değişikliklerini kapsar. Isınma olayları buharlaşmayı etkilemekte ve kuraklığa neden olmaktadır. Dolayısıyla bitkilerin hasat zamanı verimlilikleri değişmektedir. Yüksek CO₂ seviyeleri ürünlerin verimi üzerinde olumsuz etkilere sahip olabilmektedir. İklim değişikliği bitkileri, hayvanları ve insanları etkileyen yeni zararlı hastalıkların ortaya çıkmasına ve insan sağlığı için yeni riskler oluşturmasına neden olabilmektedir.

Küresel enerji talebi 2020'nin ilk çeyreğinde %3,8 azalmakla birlikte doğalgazın kullanımına dayalı ekonomik faaliyetler üzerinde pandemiden kaynaklı olarak, 2020'nin ilk çeyreğinde fazla bir etki yaratmamıştır. Ayrıca bazı ülkelerde tam kapanma döneminde elektrik enerji talebinde yaklaşık %20 oranında düşüşler görülmüştür [1]. COVID-19'dan kaynaklanan aksaklıklara rağmen, küresel sera gazı emisyonları 2020'de artmıştır. Küresel olarak, deniz seviyesi 2020'de zirve yaparak yılda ortalama 3,29 (+/-0,3) mm yükselmiştir [2].

Son dönemlerde yapay zekâ çalışmaları karmaşık problemler için bağlantı kurma, gruplandırma ve tahmin çalışmalarında bir hayli uygulanmakta ve güvenilir sonuçlar vermektedir. Gelişen teknoloji, hızlı bilgi kaydı hem veri miktarlarını çok arttırmış hem de çok çeşitli, karmaşık veri yığınlarının oluşmasına neden olmuştur ve olmaya da devam etmektedir. Artık veri analizlerinde sadece istatistiksel yöntemler yeterli olmamakta bunun yanında veri madenciliği yöntemlerine de ihtiyaç duyulmaktadır [3]. Makine öğrenmesi ise yapay zekâ çalışmalarının yaklaşım türlerinden biri olup, yeni bir yaklaşım türüdür. Makine öğrenmesindeki temel amaç, elimizdeki veriler ile bu verilerin sonuçları arasındaki ilişkiyi bulmaktır. Dolayısıyla, denemeler gerçekleştirilmeden mevcut verilere uygun bir makine öğrenme yöntemi belirlenmemektedir. Mevcut veri hacmi arttıkça ve veriler üzerinde farklı yöntem denemesi mümkün olduğunca arttırılırsa en doğru yöntemin bulunması sağlanır. Makine öğrenimi uygulamaları ile kalite denetim süreçlerinde, reklam ve promosyon çalışmalarında, bankacılık işlemlerinde, metin çalışmalarında, görüntü ve ses tanımlamaları gibi pek çok alanda çalışabilmektedir [4].

Sözen ve ark. (2007) sektörlerden kaynaklı CO₂ emisyon miktarlarını yapay sinir ağlarıyla gelecek için CO₂ salınım miktarı tahmininde bulunmuştur. Çalışma CO₂ emisyon verilerinin trendi üzerinden yapılmıştır [5]. Yılmaz ve Yılmaz (2013) 1990 – 2009

yıllarındaki CO₂ verileri ile 2010 – 2020 yıllarındaki tahmini CO₂ salınım miktarlarını hesaplamışlardır. Çalışmada gri tahmin metodu kullanılmıştır [6]. Papuççu ve Bayramoğlu (2016) enerji üretimi ile tüketimi ile endüstriyel üretim ve ulaşım amaçlı enerji kullanım miktarlarını, CO₂ emisyon tahmini için kullanmışlardır. CO₂ salınım miktarları, yapay sinir ağları yöntemi ile AB – 28 ülkeleri ve Türkiye için tahmin edilerek 2020, 2025 ve 2030 yılları için CO₂ miktarları hesaplanmıştır [7]. Behdioğlu ve Çelik (2016), 1996 – 2013 yılları arasında OECD ülkelerine ait AR-GE harcamaları ile emisyon verileri arasındaki ilişkiyi, STIRPAT modeli üzerinden yapay sinir ağları kullanarak analiz etmişlerdir. Sonuçlara göre, OECD ülkelerinde yapılan Ar-Ge harcamaları, emisyonları negatif yönde etkilemiştir [8]. Kılınç ve Altıparmak (2020), 2020 yılında çevre vergilerinin, CO₂ emisyonu üzerindeki etkisine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Analiz sonuçlarına göre 21 AB ülkesi ile Türkiye’de, çevre vergileri ve Ar-Ge enerji harcamaları, CO₂ emisyon salınımını negatif yönde, GSYH miktarı ile enerji tüketimi ise CO₂ emisyon salınımını pozitif yönde etkilemektedir [9].

Bu çalışmada, Türkiye ve AB ülkeleri için makine öğrenmesi yöntemleri ile çeşitli yakıt tiplerine göre tüketilen enerji miktarları ve ülkelerin nüfus miktarları kullanılarak, iklim değişikliğine sebep olan CO₂ emisyonu tahmininin yapılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada, Türkiye ve Avrupa Birliği ülkeleri incelenmiştir. Ülkelerin CO₂ emisyonlarının tahmininin yapılması için 2010-2019 yılları arasındaki “Toplam Nüfus, Katı Fosil Yakıt Tüketimi, Doğalgaz Tüketimi, Petrol Tüketimi, Güneş Enerjisi Tüketimi, Biyogaz Tüketimi, Birincil Katı Biyoyakıt Tüketimi, Yenilenebilir Belediye Atık Tüketimi, Jeo Termal Enerji Tüketimi, Hidro Elektrik Üretimi” verileri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenlerden, tüketilen enerji miktarlarının yanması sonucu açığa çıkan CO₂ emisyonu verileri %80’i öğrenme, %20’si ise test amaçlı kullanılmıştır. Makine öğrenme metodlarından karar ağacı modellemesi, destek vektör makineleri ve yapay sinir ağları teknikleri kullanılarak uygulama yapılmıştır. Makine öğrenme metodlarının başarı performansı karar ağacı modellemesi skor değeri, MSE ve RMSE kullanılarak değerlendirilmiştir.

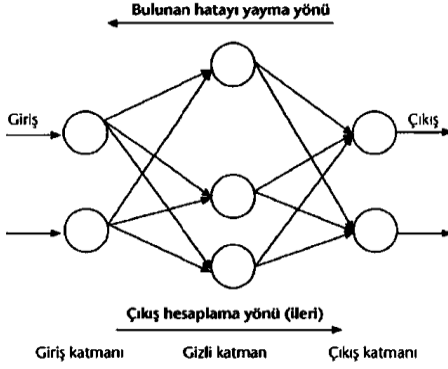
2.1. Makine Öğrenmesi

Makine öğreniminin temeli, belirli bir konudaki veriler üzerinden algoritmalar oluşturarak, çıktılarını yeni veriler çıktıkça güncelleyerek, sonuçların tahmini için istatistiksel analizleri kullanmaya dayanmaktadır. Makine öğrenimi danışmanlı (gözetimli), danışmansız (gözetimsiz), yarı danışmanlı ve takviyeli öğrenme olarak dört gruba ayrılır. Danışmanlı (gözetimli) öğrenmede, model geliştirmek için sonuçları belli bir eğitim verisi bilgisi bulunmaktadır. Danışmansız (gözetimsiz) öğrenmede ise veri setindeki bilgiler kullanılarak, değişkenler

arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılması sağlanır. Makine öğreniminde en çok kullanılan öğrenme algoritmaları; yapay sinir ağları, destek vektör makinaları, karar ağaçları ve lojistik regresyon olarak sıralanabilir [10].

2.2. Yapay Sinir Ağları

Temelde yapay sinir ağları, insan beyninin çalışma şeklinin örnek alınarak geliştirilmiş, bağlantılar aracılığıyla birbirleri arasında bağlanan, her biri kendi belleğine sahip, biyolojik sinir ağları gibi karar alıp hareket eden bilgisayar programlarıdır [11].



Şekil 1. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları mevcut verilerle bilgi sağlamakta, bu bilgiler üzerinden genel bir çıkarım yapmakta sonrasında yeni durumlar ile karşılaştırılınca elde ettiği bilgilerden faydalanarak yeni durumlar için bir sonuç çıkarmaktadır. Yapay sinir ağları, öğrenebilme-genelleştirme özellikleri sayesinde pek çok alanda uygulanabilmekte ve karmaşık sorunları çözebilme imkânı sunmaktadır [12]. Yapay sinir ağlarının öğrenebilme yeteneği farklı olup, farklı farklı algoritmalarla öğrenebilirler. Bilinmeyen çıktılar için sonuç bilgisi üretebilirler. Örüntüleri kavrayıp, çözebilir ve sınıflandırma yapabilirler. Net olmayan ya da eksik bilgi ile çalışabilirler.

2.3. Destek Vektör Makineleri

Destek Vektör Makineleri (DVM), hem sınıflandırma hem de regresyon çalışmaları konusunda uygulanan, güçlü bir denetimli makine öğrenmesi algoritmasıdır. Genellikle sınıflandırma problemlerinde, örüntü tanıma çalışmalarında, hastalık teşhisi konulmasında, zaman serisi analizi gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. DVM'nin asıl amacı iki farklı gruba göre etiketlenmiş bir eğitim verisi için geliştirilen algoritması ile yeni bir gözlem verildiğinde bu gözlemin hangi grupta olması gerektiğini belirten bir model oluşturulmasıdır. Yani iki grubun ayrımını en iyi yapabilen hiper düzlemin bulunmasıdır [13].

2.4. Karar Ağacı Algoritması

Verilerin sınıflandırılması, makine öğreniminde iki aşamalı bir süreç olup, bu aşamalar; öğrenme ve tahmin aşamalarıdır. Öğrenme aşamasında, model eğitim verileri kullanılarak geliştirilmiştir. Tahmin aşamasında ise model, verilen veriler ile tahmin için kullanılır. Karar ağacı, anlaşılması ve yorumlanması

en kolay, yaygın sınıflandırma algoritmalarından biridir. Karar ağacı algoritması, danışmanlı öğrenme algoritmaları grubuna aittir. Diğer danışmanlı öğrenme algoritmalarının aksine, karar ağacı algoritması regresyon ve sınıflandırma problemlerini çözmek için de kullanılabilir. Bir karar ağacı kullanmanın amacı eğitim verilerinden çıkarılan basit karar kurallarını öğrenerek hedef değişkenin sınıfını veya değerini tahmin etmek için kullanılacak bir eğitim modeli oluşturmaktır. Karar ağaçlarında, sınıf etiketini tahmin etmek için ağacın kökünden işleme başlanır. Kök özneliğinin değerleri, kaydın özneliğiyle karşılaştırılır. Karşılaştırmaya dayanarak, bu değere karşılık gelen dalı takip edilir ve bir sonraki düğüme geçilir. Karar ağaçlarının türleri, sahip olunan hedef değişkenin türüne göre kategorik ve sürekli değişkenli karar ağacı olmak üzere iki türdür [14].

2.5. Tahminler için Performans Metrikleri

Makine öğrenmesi çalışmaları tamamlandıktan sonra kullanılan metotların, veriler üzerindeki başarı skorunun değerlendirilmesi gerekmektedir. Yapılan tahminlerin, başarı durumlarının sayısal bir değer olarak yorumlanabilmesi için karar ağacı modellemesi skoru, 'ortalama mutlak hata (MAE), ortalama hata karesi (MSE), ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) ve ortalama hata karesinin kökü (RMSE) gibi yöntemler bulunmaktadır.

2.5.1. Ortalama Hata Karesi (MSE)

Ortalamadan sapmaların karelerinin toplanması ve bu değerinin ortalamasının alınması ile "Ortalama Hata Karesi (MSE)" bulunup, performans değeri ifade edilmektedir. Eşitlik (1)'e göre çıkış sayısı "n" ile gösterilir. Burada, e_t , gerçek değerden tahmin edilen değer çıkarılmasıyla elde edilir.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad (1)$$

2.5.2. Ortalama Hata Karesinin Kökü (RMSE)

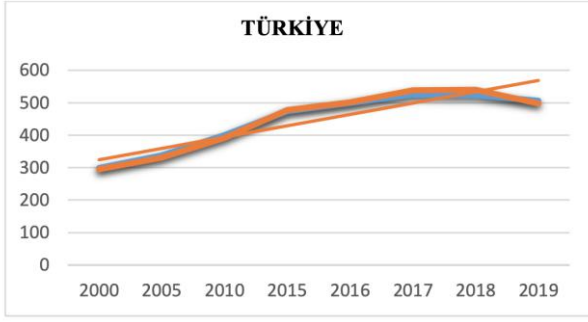
Ortalama hata karesinin kökü çok kullanılan performans ölçütlerinden biridir. Eşitlik (2)'de gösterildiği gibi hesaplanır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (2)$$

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Bulgular

Türkiye'nin 2010 - 2019 yıllarındaki CO₂ emisyon verilerinin tahmininde, enerji tüketim verilerine, karar ağacı modellemesi, yapay sinir ağları yöntemi ve destek vektör makineleri yöntemi uygulanmıştır. Verinin %80' i öğrenme, %20' si ise test için kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada, tahminlerin başarı performansı değerlendirmesi için karar ağacı modellemesi skor değeri, ortalama hata karesi (MSE) ve ortalama hata karesinin kökü (RMSE) kullanılmıştır. Tablo 1'de Türkiye'nin CO₂ emisyonu performans sonuçları ve Şekil 2'de CO₂ tahmin değeri ile CO₂ gerçek değeri gösterilmektedir.

Şekil 2. CO₂ tahmin değeri ve CO₂ gerçek değeri

AB ülkelerinin CO₂ emisyonu performans sonuçları Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 1. Türkiye CO₂ emisyonu performans değerlendirilmesi

| | Karar Ağacı Test Verisi Skoru | MSE | RMSE |
|-------------------------|-------------------------------|----------|--------|
| Karar Ağacı Modellemesi | 0,96 | * | * |
| YSA | * | 7477,06 | 86,47 |
| DVM | * | 27483,00 | 165,78 |

Tablo 2. AB Ülkeleri CO₂ emisyonu performans değerlendirilmesi

| | Karar Ağacı Test Verisi Skoru | MSE | RMSE |
|-------------------------|-------------------------------|----------|--------|
| Karar Ağacı Modellemesi | 0,98 | * | * |
| YSA | * | 8608,12 | 92,78 |
| DVM | * | 71765,05 | 267,89 |

Ülkeler için 2010-2019 yıllarındaki nüfus, CO₂ emisyon miktarı, enerji tüketim miktarları kullanılarak, destek vektör makineleri (DVM) ile yapay sinir ağları (YSA) metotları uygulanmış ve tahminler yapılmıştır. Sonuçlara göre DVM yönteminin, YSA yöntemine göre daha başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Avrupa Birliği ülkelerine toplu olarak bakıldığında, CO₂ emisyon miktarının azalarak arttığı yani artış hızının azaldığı görülmüştür. Ayrıca Almanya, Hollanda, İtalya, Fransa ülkelerinde CO₂ emisyon miktarlarında azalma beklenmektedir. Türkiye için ise durum farklıdır. Türkiye’de 2010-2019 yılları arasındaki karbondioksit salınım miktarı 2019 yılına kadar her yıl artmakta olup önümüzdeki yıllarda da alternatif, CO₂ salınımı olmayan enerji kaynaklarına yönelmez ise bu artışın devam edeceği yapılan çalışmada görülmüştür.

4. Sonuç

Ülkemizde ve Dünya’da karbondioksit miktarının artışı durdurulamaz ya da azaltılmaz ise, mevsim kaymaları, çok yüksek sıcaklık değerleri, yoğun yağış sebebi ile sel ve su baskınları artarak devam edecektir. CO₂ salınım miktarındaki yükselişin temel sebebi tüm Dünya’da olduğu gibi Türkiye’de de enerji talebinin artmasıdır. En çok kullanılan ve CO₂ salınımını en çok etkileyen fosil enerji kaynakları; kömür, petrol, doğal gaz olup bunların dışında nükleer enerji, hidro elektrik enerjisi ve

Yenilenebilir enerji kaynakları bulunmaktadır. Bu nedenle, Türkiye dâhil tüm ülkelerin karbondioksit salınım miktarlarını geriye çekmek için gerekli önlemler alınmalıdır. Ülkelerin fosil yakıtları kullanmak yerine, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi gerekmektedir.

Literatürde CO₂ emisyonları tahmini konusunda pek çok çalışma mevcuttur. Ancak bu tahminlerin büyük bir bölümü istatistiksel yöntemler ile gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada karbondioksit salınım miktarını ön görmek için makine öğrenmesi yöntemleri uygulanmıştır. Sonrasında ise tahmin metotlarının başarı skoruna göre metotlar kıyaslanmıştır. Gelecek çalışmalarda değişken sayısı artırılarak büyük veri çalışmaları yapılabilir.

Kaynakça

- [1] IEA 2020: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>
- [2] Küresel İklim Durumu 2020; <https://www.mgm.gov.tr/FILES/Haberler/2021/WMO->
- [3] Aktan, E. (2018). Büyük veri: Uygulama alanları, analitiği ve güvenlik boyutu. Bilgi Yönetimi, 1(1), 1-22.
- [4] Garip, E. (2017). OECD ülkelerindeki karbondioksit (co2) emisyonunun makine öğrenmesi ile tahmin edilmesi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

- [5] Sözen, Adnan & Gülseven, Zafer & Arcaklıoğlu, Erol, 2007. " Türkiye'de sera gazlarının sektörel enerji tüketimine dayalı tahmin ve azaltım politikaları" *Energy Policy*, Elsevier, vol. 35(12), sayfa 6491-6505, Aralık.
- [6] Yılmaz, H., & Yılmaz, M. (2013). Forecasting CO2 emissions for Turkey by using the grey prediction method. *Sigma*, 31, 141-148.
- [7] Papuçcu, H. ve Bayramoğlu, T. (2016). Yapay Sinir Ağları ile CO2 Tahmini: Türkiye Örneği, *İktisadi İdari Bilimler Dergisi*, 18, s. 762–778.
- [8] Behdioğlu, S., & Çelik, F. (2016). Ar-Ge Harcamaları Ve Emisyonu: Yapay Sinir Ağı Yaklaşımı. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 136-150.
- [9] Kılınç, E. C., & Altıparmak, H. (2020). Çevre Vergilerinin Co2 Emisyonu Üzerindeki Etkisi Üzerine Bir Uygulama. *Odü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi(ODÜSOBİAD)*, 10(1), 217-227.
- [10] Alpaydın, E. (2021). *Machine learning*. MIT Press.
- [11] Elmas, Ç. (2007), *Yapay Zeka Uygulamaları*, Ankara, Seçkin Yayıncılık
- [12] Ergezer, H., Dikmen, M., & Özdemir, E. (2003). *Yapay sinir ağları ve tanıma sistemleri*. PiVOLKA, 2(6), 14-17.
- [13] Noble, W. S. (2006). What is a support vector machine?. *Nature biotechnology*, 24(12), 1565-1567.
- [14] Brijain, M., Patel, R., Kushik, M. R., & Rana, K. (2014). A survey on decision tree algorithm for classification. *International Journal of Engineering Development and Research*, 2(1), ISSN:2321 – 9939.



Digital Recommendations for Dementia and Alzheimer's Patients: REMEM Example

Şahin Kapıkıran¹, Ayşe Çakır², Arzum Işıtan^{3*}, Evren Çağlarer⁴, and İbrahim Çakır²

¹Pamukkale University, Faculty of Education, Psychological Counseling and Guidance Department, Denizli, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9693-7660), skkiran@pau.edu.tr

²Denizli Innovation Association, Denizli, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-2353-5265 and ORCID: 0000-0003-1614-0537), ayseguler135@gmail.com and info@ibrahimcakir.com.tr

³*Pamukkale University, Faculty of Technology, Mechanical Engineering Department, Denizli, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-5228-9788), aisitan@pau.edu.tr

⁴Kırklareli University, Faculty of Technology, Mechatronics Engineering Department, Kırklareli, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-1343-4751), ecaglarer@gmail.com

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1129642)

ATIF/REFERENCE: Kapıkıran, Ş., Çakır, A., Işıtan, A., Çağlarer, E., & Çakır, İ. (2022). Digital Recommendations for Dementia and Alzheimer's Patients: REMEM Example. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (37), 47-51.

Abstract

Dementia and Alzheimer's disease are affecting more and more people worldwide. According to the World Health Organization, 60-70% of the approximately 55 million people diagnosed with dementia worldwide suffer from Alzheimer's, adding 9.9 million new cases diagnosed each year. While the annual global cost of dementia exceeds \$1 billion, its cost is estimated to double by 2030.

It is stated that new digital technologies and e-health solutions for dementia patients have a strong potential to help individuals face the challenges related to dementia and neurodegenerative disorders. Some examples of e-health solutions for people with dementia are reported as wearable, portable, or implantable devices, depending on appropriate platforms and services, and to support interaction between patients and doctors. New digital technologies are powerful tools to help individuals overcome the challenges of dementia and neurodegenerative disorders. Communication difficulties are common in people with dementia. Meaningful communication initiatives using technology and the Internet can help alleviate symptoms and perhaps lessen their severity. To develop and implement this potential, it is essential to produce solutions that combine health sciences, social sciences, and engineering solutions. With the idea of REMEM, developed with this in mind, with the support of the Turkish National Agency and the European Union, mobile applications aimed at improving memory that can be used not only by dementia and Alzheimer's patients but also by others were examined and a new mobile application called REMEM was developed.

Keywords: Mobile application, E-health solution, Dementia, Alzheimer's, Digital technology.

Demans ve Alzheimer Hastaları için Dijital Öneriler: REMEM Örneği

Öz

Demans ve Alzheimer hastalığı dünya çapında giderek daha fazla insanı etkiliyor. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, dünya çapında demans teşhisi konan yaklaşık 55 milyon kişinin %60-70'i Alzheimer'dan muzdariptir ve buna her yıl teşhis edilen 9,9 milyon yeni vaka eklenmektedir. Demansın yıllık küresel maliyeti 1 milyar doları aşsa da, maliyetinin 2030 yılına kadar iki katına çıkacağı tahmin ediliyor.

Demans hastalarına yönelik yeni dijital teknolojilerin ve e-sağlık çözümlerinin, bireylerin demans ve nörodejeneratif bozukluklarla ilgili zorluklarla yüzleşmelerine yardımcı olacak güçlü bir potansiyele sahip olduğu belirtilmektedir. Demanslı kişiler için e-sağlık çözümlerinin bazı örnekleri, hastalar ve doktorlar arasındaki etkileşimi desteklemek için, uygun platformlara ve hizmetlere bağlı olarak giyilebilir, taşınabilir veya implante edilebilir cihazlar olarak bildirilmektedir. Yeni dijital teknolojiler, bireylerin demans ve nörodejeneratif zorluklarının üstesinden gelmelerine yardımcı olacak güçlü araçlardır. Demanslı kişilerde iletişim güçlükleri yaygındır. Teknolojiyi ve interneti kullanan anlamlı iletişim girişimleri, semptomları hafifletmeye ve belki de ciddiyetlerini azaltmaya yardımcı olabilir. Bu potansiyeli geliştirmek ve uygulamak için sağlık bilimleri, sosyal bilimler ve mühendislik çözümlerini birleştiren çözümler üretmek esastır. Bu düşünceyle geliştirilen REMEM fikri ile Türkiye Ulusal Ajansı ve Avrupa Birliği desteği ile sadece demans ve Alzheimer hastalarının değil, başkalarının da kullanabileceği hafızayı geliştirmeye yönelik mobil uygulamalar incelenmiş ve REMEM adlı yeni bir mobil uygulama geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mobil Uygulama, E-sağlık Çözümü, Demans, Alzheimer, Dijital Teknoloji.

*Sorumlu Yazar: aisitan@pau.edu.tr
<http://dergipark.gov.tr/ejosat>

1. Introduction

Alzheimer's disease is the most well-known form of dementia and has been known for about 110 years. While it is common for the disease to begin after the age of 65, there are cases where it occurs after the age of 40-50 [1]. In parallel with the increase in the elderly population, the number of Alzheimer's patients is increasing day by day and this situation increases the emotional, social, and economic problems in the society. Alzheimer's disease gradually begins to affect the areas of the brain that control thinking, memory, and language, and the patient's condition usually deteriorates gradually. Although the exact cause of Alzheimer's disease is not known, the disease does not consider gender, geographical location, social class, and ethnicity. There is no definitive treatment for this neurodegenerative disease. Not all forgetfulness should be perceived as dementia and not all dementia is Alzheimer's.

Alzheimer's does not yet have a cure, but treatments for the symptoms are available. Although the current Alzheimer's treatments cannot prevent disease progression, they can slow the worsening of dementia symptoms and improve the quality of life for Alzheimer's patients and their caregivers. Today, there is a worldwide effort to find ways to treat the disease, delay the onset of the disease, and prevent its development.

In addition to the prescription drugs known, today, to delay memory lapses, dementia patients including Alzheimer's, use herbal remedies, dietary supplements, or other alternative treatments such as diet, physical activity, and mental activities. Studies have shown that mental exercises such as puzzles and brain training games can help slow the progression of cognitive problems such as memory loss and decrease in thinking skills.

Although dementia creates communication difficulties in people, it is known that effective communication increases the quality of life of people. The inability to remember the correct words and object names may be due to reduced communication ability. The person may replace a wrong word or find no words at all. As the disease progresses, communication difficulties gradually turn into a lack of communication. Dementia symptoms such as depression, aggression, anxiety, and sleep difficulties are associated with this loss of communication. One of the methods used to alleviate these symptoms is the use of technology and the internet. Considering that about 30 percent of people with dementia experience delusions, this shift in perception is bound to be disturbing for both patients and caregivers. Seeing pictures of familiar faces, watching clips of favorite television shows or favorite singers can help a patient who is confused and frightened to calm down [2].

The European Commission's "Implementation report on the Commission Communication on a European initiative on Alzheimer's disease and other dementias" also states that new digital technologies have strong potential to help individuals face the challenges associated with dementia and neurodegenerative disorders [3]. Some examples of e-health solutions for people with dementia are listed in this report as wearable, portable, or implantable devices that support interaction between patients and doctors, depending on available platforms and services.

In the design process of the REMEM application, which was developed considering these needs, mobile applications, games, and platforms that are used to improve memory and can also be used for early-stage Alzheimer's patients were examined. This

study covers the examination of existing applications, taking into account the benefits of the internet and mobile applications.

2. Benefits of Internet and Mobile Applications

It can be said that technology can contribute to the happiness of the elderly who are healthy or have health problems. In this context, social networks, video calls, and games offer very good solutions [4]. For this reason, Alzheimer's patients can use the internet to do the things they liked to do before or to find new applications that will motivate them. Face-to-face meetings with relatives and people they know through the internet can ensure that the faces are not forgotten. Listening to the songs of their favorite artists and watching their movies can take them to one of their own memories. They should use the Internet and technology to motivate themselves or to do memory exercises. The use of mind games and other computer-based stimulation therapy can shed new light on healthcare professionals, caregivers, and patients themselves.

Innovative technologies such as technologies used to adapt caregiving environments for the cognitive impairment of individuals with dementia or telecare used to support individuals suffering from dementia and their caregivers can facilitate dementia care. Innovative technologies can also help with [2,4,5]:

- Promoting independence and autonomy
- Improving the self-confidence and quality of life of the individual suffering from dementia
- Helping manage potential risks in and around the home
- Supporting people with dementia to live longer in their own home
- Helping memory and recall
- Supporting the person suffering from dementia to maintain some of their abilities
- Providing caregivers with relaxation and helping them feel less stressed

The internet environment, is a part of the daily life of people of all ages, in other words, the virtual world contains many elements of interpersonal communication. It can increase interpersonal communication such as getting to know new people, chatting, sharing ideas, and being a member of various groups. In today's world, people can meet their needs by connecting to the Internet at any time and place during the day, freed from spatial addiction in most cases, such as chatting with friends or relatives, sharing their ideas, or being a member of various groups.

For the elders who have spatial addictions and have difficulty leaving the house due to the health problems brought about by old age, the use of the Internet can offer some opportunities in terms of expressing themselves and communicating with the social environment. The use of the Internet can provide the elders with advantages such as staying in daily life, maintaining communication with the social environment, meeting with friends or relatives who cannot communicate face-to-face, accessing news sources, and obtaining information [2,5]:

- Life satisfaction may increase with Internet use in the elders.
- Their loneliness may decrease.
- It can increase their self-confidence.

- Technology can help bridge the gap between patients and the people around them to improve the quality of life of people with cognitive disabilities.
- Technology tools such as iPods can help people with dementia solve cognitive problems.

Some aiding technologies are focused on increasing safety and reducing risk. The products may not have been designed with the specific needs of individuals suffering from dementia in mind. Therefore, it is anticipated that the individual will comply with the technology rather than the technology is compatible with the individual suffering from dementia. Waiting for the person suffering from dementia to adapt himself/herself without listening to their opinions may affect their willingness to use technology and will have an impact on how successful the application is. Aiding technologies, especially more advanced devices, can also be extremely expensive, especially for elders who pay for their own care. Therefore, there is a need to develop free applications [6].

In mobile applications, it should be aimed to increase the skills of cognitive thinking, communication, making logical decisions, behaving clearly, and using memory actively [2,7,8]:

- There should be games to increase the cognitive skills of dementia patients.
- Mood regulating practices should be included in dementia patients.
- Applications for the care of dementia patients should be included.
- Practices for the physical health of dementia patients should be included.
- Practices should be included to improve the mental state of caregivers resulting from the burden of care.
- Educational information on how to use computers and mobile phones for dementia patients and their caregivers should be included.
- There should be an area where pictures can be uploaded to help dementia patients remember daily events.

Wandering is one of the most common behaviors exhibited by people with dementia and adds to their caregivers' stress on keeping the person with dementia safe [9]. Various digital solutions can be used as a precaution against the wandering problem, such as providing location information with GPS or alerting when leaving the designated area [10,11]. Both approaches provide peace of mind and should include a system to help caregivers find a missing family member as quickly as possible. For location tracking, systems often require dementia patients to carry a GPS-integrated mobile device in a pocket, shoulder or waist bag, or waist belt for continuous monitoring. Applications are being developed that use a registered mobile phone to send geographic information to a server at specified time intervals to monitor patients and alert caregivers according to predefined parameters. In this regard, mobile phones with GPS integrated can also be used [12].

Studies show that using smartphones or iPods helps improve cognitive abilities in Alzheimer's patients. There is a vital need to develop assistive technologies, especially for dementia, which is relatively associated with dementia. It explains that a mobile application that can help Alzheimer's patients better can have vital features. It also helps relieve the mental and economic burden on caregivers as well as on patients [13].

3. Mobile Applications

In the early or mildest stage of dementia, it is very important to get a person to do different activities to help them maintain as much independence as possible, to help keep their brain active, and to slow the onset of mid-stage dementia. Most people today have a smartphone or tablet device with all kinds of apps installed. There are also many applications on the market that can be beneficial for Alzheimer's patients. Some of these applications and their features are given below:

REMEM is an easy-to-use mobile application designed to meet the daily needs of Alzheimer's patients and their caregivers. It was developed within the scope of the KA204- Adult Education project "Click me, if you forgot" supported by the Turkish National Agency. While the REMEM application was being developed, all mobile applications in the application so far were examined. In addition, interviews and surveys were conducted with the patients and their relatives, and their needs and wishes were taken into consideration. So, this application is based on the experience of patients as well as caregivers and their relatives. Users upload photos of people they want and save them with their names. Then they can start playing games with these photos and names. They do photo, word, and sound matching. These games make it easier to remember the appearance and names of these people in daily life as the questions asked in these games are the information of people they know. It is available for free on iOS and Android devices [14].

People with dementia typically have short-term memory problems and may forget to take their regular medication. **Medication Reminder** (MediSafe- Meds & Safe Pill Reminder) application is the one that allows them to alert them when it is time to take various types of medicines and when it is time to reorder a prescription. It was developed for Android mobile phones [15]. People with dementia often forget where they are or where they should be. **Life 360 – Family Locator GPS Tracker** allows family members to track each other, provided the device is with them and GPS is enabled [16]. **MyTherapy Pill Alarm & Reminder**, Health Assistant provides peace of mind to people with dementia and their families. It has comprehensive blood pressure, blood sugar, etc. monitoring features in easy-to-use charts as well as medication reminders. Many physicians also use the MyTherapy application's built-in reports to better understand their patients' progress. It is available for free on Android and iOS [17]. **Elevate Brain Training Games** were designed to improve cognitive skills and increase confidence. This application allows people to do more than 35 different activities and puzzles to improve their brain function. It is available for free on Android and iOS [18]. **Lumosity Brain Training** is an application designed to improve memory, interest, and other cognitive abilities through daily activities and games. This application designed by a team of scientists offers a variety of cognitive and neuropsychological tasks that boost brain function. Available for free on Android and IOS [19]. **Colorfy Colouring for Adults** is an application that provides relaxation. It increases the awareness of the individual and helps focus the mind on something. This application is full of images like flowers, animals, cats, nature, and famous pictures. Available for free on Android and iOS devices [20].

Because people with dementia can feel stressed, depressed, anxious, and sometimes aggressive, sound and images are important to reduce these feelings and help them relax. **Relaxing Sounds** contains a wide variety of soothing nature recordings designed to create a calm relaxing and calming environment for

the listener. Sounds include forest and campfire, sea, river and waterfall, and bird and other animal sounds [21]. Memory loss, confusion, and mental fog can be stressful and distressing for someone with dementia. **HeadSpace Meditation** and mindfulness can be helpful when things are too busy for users and this application guides the user through a series of short meditations. It is free to download initially. However, users will have to pay to unlock additional materials [22]. People with dementia can sometimes lose track of the time of day or night, which can later affect their sleep cycles and lead to insomnia. **Shoothing Sleep Sound** application with soothing sleep sounds is designed to offer sounds that will put you to sleep. It includes an extensive catalog of relaxing music. Available for free on Android and iOS devices [23]. **Memory Box** is an application that contains information about famous people, places, subjects, and events from the 20th century and that can increase communication and help conversations between patient and caregiver. There is also an album to save favorite memories. It is available for free on Android devices [24]. **MindMate**, created by AppInstitute, is for relatives, caregivers, and emergency room personnel working

4. Conclusions and Recommendations

With the aging of the population, an increasing number of people with dementia and Alzheimer's are diagnosed. It can be said that they are the diseases that affect society the most socially, economically, and emotionally. The exact cause of these diseases is unknown and there is no definitive treatment. Along with drug treatment, it is important for the patient to be fed, to be in an environment where they feel safe, and to do usual or new activities. In addition, there are digital solutions developed and recommended to help with medical treatment, slowing down the disease to some extent, and helping to ensure the safety of the patient. Digital applications will be able to help patients more today and in the future.

5. Acknowledge

REMEM project is supported by the Turkish National Agency with project number 2019-1-TR01-KA204-074782 within the scope of Strategic Partnerships in the Field of Adult Education. The project is "Funded by the Erasmus+ Programme of the European Union. However, European Commission and Turkish National Agency cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein".

References

1. Gauthier S, Rosa-Neto P, Morais JA, & Webster C. (2021). World Alzheimer Report 2021: Journey through the diagnosis of dementia. London, England: Alzheimer's Disease International. Available at: <https://www.alzint.org/u/World-Alzheimer-Report-2021.pdf>
2. Yamagata, C., Coppola, J. F., Kowtko, M., & Joyce, S. (2013). Mobile app development and usability research to help dementia and Alzheimer patients. In 2013 IEEE Long Island Systems, Applications and Technology Conference (LISAT) (pp. 1-6). IEEE.
3. European Commission. (2014). Implementation report on the Commission communication on a European initiative on Alzheimer's disease and other dementias.
4. Ekici, S. K., & Gümüş, Ö. (2016). Technology usage in older ages. *Ege Journal of Medicine*, 55, 26-30.

with people with dementia in emergencies. It includes recommendations on how to approach and communicate with someone with moderate to late-stage dementia who may be anxious or upset, as well as guidance on dealing with specific situations. Free and paid versions are available for iOS devices [25]. **A Walk Though Dementia** is an innovative virtual reality application that allows users to understand what life is like for a person with dementia. It uses a combination of 360-degree video sequences and computer-generated environments to show how even the simplest tasks can be difficult for a person with dementia. It is available for free on Android devices [26]. **YoTeCuido Alzheimer** is a very easy-to-use application designed to answer the doubts and questions many caregivers and those affected by Alzheimer's face in their daily lives. Produced by Lapisoft in collaboration with the Association of Relatives of Alzheimer's Patients in A Coruña (AFACO), this company's content is based on the experiences of patients and professional caregivers, as well as caregivers and family members. The application language is Spanish and is available for free on Android [27].

5. Şahin, B., & Yıldırım, A. (2019). Yaşlı Bireylerde İnternet Kullanımı İle Yaşam Doyumu, Algılanan Sosyal Destek Ve Umutsuzluk Düzeyleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Yaşlı Sorunları Araştırma Dergisi*, 12(2), 97-106.
6. Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı (2017). Demans Bakım Modeli Raporu, Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı Sosyal İçerme Politikaları Alanında Kurumsal Kapasitenin Artırılması Projesi. Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı, ASPB, Ankara.
7. Gupta, G., Gupta, A., Jaiswal, V., & Ansari, M. D. (2018, December). A review and analysis of mobile health applications for Alzheimer patients and caregivers. In 2018 Fifth International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing (PDGC) (pp. 171-175). IEEE.
8. Jodrell, P., & Astell, A. J. (2016). Studies involving people with dementia and touchscreen technology: a literature review. *JMIR rehabilitation and assistive technologies*, 3(2), e5788.
9. Cipriani, G., Lucetti, C., Nuti, A., & Danti, S. (2014). Wandering and dementia. *Psychogeriatrics*, 14(2), 135-142.
10. Miskelly, F. (2005). Electronic tracking of patients with dementia and wandering using mobile phone technology. *Age and ageing*, 34(5), 497-499.
11. Wan, L., Müller, C., Randall, D., & Wulf, V. (2016). Design of A GPS monitoring system for dementia care and its challenges in academia-industry project. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 23(5), 1-36.
12. Koo, B. M., & Vizer, L. M. (2019). Examining mobile technologies to support older adults with dementia through the lens of personhood and human needs: Scoping review. *JMIR mHealth and uHealth*, 7(11), e15122.
13. Gupta, G., Gupta, A., Barura, P., & Jaiswal, V. (2019). Mobile health applications and android toolkit for alzheimer patients, caregivers and doctors. In *Biological Forum—An International Journal* (Vol. 11, No. 1, pp. 199-205).
14. <https://remem.eu/>
15. <https://www.medisafeapp.com/>
16. <https://life360.tr.uptodown.com/android/download>
17. https://play.google.com/store/apps/details?id=eu.smartpatient.mytherapy&hl=en_US&gl=US
18. <https://apps.apple.com/us/app/elevate-brain-training/id875063456#:~:text=Elevate's%20games%20are%20>

- [20designed%20in,training%20program%20for%20each%20user](#)
19. <https://www.lumosity.com/en/>
 20. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fungamesforfree.colorfy&hl=en_US&gl=US
 21. <https://apps.apple.com/us/app/relax-sounds-relaxing-nature-ambient-melodies-help/id782361353>
 22. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.getsomeheadspace.android&hl=tr&gl=US>
 23. <https://apps.apple.com/us/app/soothing-sleep-sounds/id880195209>
 24. <https://apps.apple.com/us/app/memorybox-app/id1033303683>
 25. <https://www.mindmate-app.com/>
 26. <https://www.alzheimersresearchuk.org/campaigns/awtd/#:~:text=A%20Walk%20Through%20Dementia%20is,dementia%20has%20on%20people's%20lives>
 27. <https://www.myalzteam.com/>



Predicting COVID-19 Infection Using Machine Learning Methods Combined with Feature Selection

Umut Ahmet Çetin¹, Fatih Abut^{2*}

¹ Çukurova University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Adana, Turkey, (ORCID: 0000-0001-8755-4417), uacetin@student.cu.edu.tr

^{2*} Çukurova University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Adana, Turkey, (ORCID: 0000-0001-5876-4116), fabut@cu.edu.tr

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1132337)

ATIF/REFERENCE: Çetin, U. A. & Abut, F. (2022). Predicting COVID-19 Infection Using Machine Learning Methods Combined with Feature Selection. *European Journal of Science and Technology*, (37), 52-58.

Abstract

COVID-19 is an infection that has affected the world since December 31, 2019, and was declared a pandemic by WHO in March 2020. In this study, Multi-Layer Perceptron (MLP), Tree Boost (TB), Radial Basis Function Network (RBF), Support Vector Machine (SVM), and K-Means Clustering (kMC) individually combined with minimum redundancy maximum relevance (mRMR) and Relief-F have been used to construct new feature selection-based COVID-19 prediction models and discern the influential variables for prediction of COVID-19 infection. The dataset has information related to 20.000 patients (i.e., 10.000 positives, 10.000 negatives) and includes several personal, symptomatic, and non-symptomatic variables. The accuracy, recall, and F1-score metrics have been used to assess the models' performance, whereas the generalization errors of the models were evaluated using 10-fold cross-validation. The results show that the average performance of mRMR is slightly better than Relief-F in predicting the COVID-19 infection of a patient. In addition, mRMR is more successful than the Relief-F algorithm in finding the relative relevance order of the COVID-19 predictors. The mRMR algorithm emphasizes symptomatic variables such as fever and cough, whereas the Relief-F algorithm highlights non-symptomatic variables such as age and race. It has also been observed that, in general, MLP outperforms all other classifiers for predicting the COVID-19 infection.

Keywords: Relief-F, mRMR, machine learning, prediction, COVID-19, coronavirus.

COVID-19 Enfeksiyonunun Nitelik Seçme ile Birleştirilmiş Makine Öğrenmesi Yöntemleriyle Tahmin Edilmesi

Öz

COVID-19, 31 Aralık 2019'dan itibaren dünyayı etkisi altına alan ve Mart 2020'de DSÖ tarafından pandemi ilan edilen bir enfeksiyondur. Bu çalışmada, yeni nitelik seçme tabanlı COVID-19 tahmin modelleri oluşturmak ve COVID-19 enfeksiyonunun tahmini için etkili değişkenleri ayırt etmek için minimum fazlalık maksimum önem (mRMR) ve Relief-F nitelik seçiciler ile ayrı ayrı birleştirilmiş Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP), Tree Boost (TB), Radyal Temelli Fonksiyon Ağı (RBF), Destek Vektör Makinesi (SVM) ve K-Means Kümeleme (kMC) yöntemleri kullanılmıştır. Veri seti, 20.000 hasta (10.000 pozitif, 10.000 negatif) ile ilgili bilgileri içermektedir ve çeşitli kişisel, semptomatik ve asemptomatik değişkenlerden oluşmaktadır. Modellerin performansını değerlendirmek için doğruluk, duyarlılık ve F1-Skor metrikleri kullanılmıştır ve modellerin genelleme hataları 10 katlı çapraz doğrulama ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar, bir hastanın COVID-19 enfeksiyonunu tahmin etmede mRMR'ın ortalama performansının Relief-F'den biraz daha iyi olduğunu göstermektedir. Ek olarak, mRMR'ın, COVID-19 tahmin değişkenlerinin göreceli alaka sırasını bulmada Relief-F algoritmasından daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir. mRMR algoritması ateş ve öksürük gibi semptomatik değişkenleri vurgularken, Relief-F algoritması yaş ve ırk gibi asemptomatik değişkenleri öne çıkarmaktadır. Ayrıca, genel olarak MLP'nin COVID-19 enfeksiyonunu tahmin etmede diğer tüm sınıflandırıcılarından daha iyi performans gösterdiği de gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Relief-F, mRMR, makine öğrenmesi, tahmin, COVID-19, koronavirüs.

* Corresponding Author: fabut@cu.edu.tr

1. Introduction

Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) was discovered in Wuhan, Hubei Province, China, in January 2020. Ever since, it has infected more than 465 million people and caused more than 6 million deaths as of March 17, 2022 (Ciotti et al., 2020; COVID Live, 2021). SARS-CoV-2 causes severe pneumonia along with a fatality rate of 2.9%. Patients infected with SARS-CoV-2 may have asymptomatic, mild, or severe symptoms. The most common symptoms of SARS-CoV-2 include cough, shortness of breath, and fever, but also symptoms like vomiting and diarrhea. SARS-CoV-2's transmission is mainly through the respiratory route like other respiratory viruses. Patients suspected of having SARS-CoV-2 are verified mostly through reverse real-time PCR (rRT-PCR) tests (Ciotti et al., 2020).

Using models for predicting the outcome or the trend of an infectious disease is not a new topic in the literature. Several studies have already been conducted to predict diseases like swine fever, H1N1 flu, and influenza. However, the different characteristics and trends of COVID-19 make it spread across the world at an unprecedented scale and forced governments, businesses, and other similar organizations to take harsh measures that were almost never taken before, such as nationwide curfews, temporary closing of all non-emergency government buildings and businesses, vaccine requirement for public spaces or traveling aboard and many more similar measures.

Governments, businesses, and other similar organizations need to develop prediction models to combat the spread of such diseases, prevent any negative consequences caused by such diseases, and plan their decisions to use their budget and health infrastructure effectively. By doing so, they can avoid problems such as using too much budget than needed, overfilled facilities, an insufficient amount of medicine, medical equipment, or medical staff, and many more similar problems.

There are many studies for predicting COVID-19 infection using various machine learning (ML) methods. (Althnian et al., 2020) conducted a study to predict the susceptibility of the individuals based on demographic data using MLP, SVM, Decision Tree (DT), and Random Forest (RF) methods and evaluated their models with accuracy, precision, recall, F1-score, and Area Under Curve (AUC) metrics. (Fayyoumi et al., 2020) conducted a study to forecast potential COVID-19 patients using Logistic Regression (LogReg), SVM, and MLP models. They evaluated their models with accuracy, sensitivity, specificity, Geometric Mean (G_Mean), and precision metrics. (Santana et al., 2021) conducted a study to help the detection of COVID-19 based on the early symptoms of the COVID-19 using RF, SVM, MLP, K-Nearest Neighbors (KNN), DT, Gradient Boosting Machine (GBM), and XGBoost. They evaluated their models with precision, accuracy, recall, and AUC metrics. (de Souza et al., 2020) conducted a study to make a prognosis or early identification of COVID-19 patients using LogReg, LDA (Linear Discriminant Analysis), Naïve Bayes, KNN, DT, XGBoost, and SVM models. They evaluated their models with Receiver Operating Characteristic (ROC), AUC, Precision-Recall (PR) Curve, AUC, precision, recall, and F1-score metrics. (Wollenstein-Betech et al., 2020) conducted a study to forecast hospitalization, mortality, need for Intensive Care Unit, and "need for a ventilator" events using sparse SVM, sparse LogReg, RF,

Table 1. Descriptive statistics of the dataset

| Variables | Mean ± Standard Deviation |
|----------------------|---------------------------|
| Age | 39.24±17.43 |
| Sex | 0.56±0.50 |
| Race | 1.92±1.51 |
| Pregnant | 0.006±0.076 |
| Fever | 0.41±0.49 |
| Breathing difficulty | 0.16±0.37 |
| Cough | 0.54±0.50 |
| Runny nose | 0.39±0.49 |
| Throat pain | 0.33±0.47 |
| Diarrhea | 0.16±0.37 |
| Headache | 0.52±0.50 |
| Lung comorbidity | 0.03±0.18 |
| Cardio comorbidity | 0.13±0.34 |
| Renal comorbidity | 0.005±0.07 |
| Diabetes comorbidity | 0.05±0.21 |
| Smoking comorbidity | 0.02±0.14 |
| Obesity comorbidity | 0.02±0.15 |

Table 2. List of ranks of predictor variables assigned by mRMR and Relief-F

| Rank | Predictor Variables Ranked by mRMR | Predictor Variables Ranked by Relief-F |
|------|------------------------------------|--|
| 1 | Fever | Age |
| 2 | Cough | Race |
| 3 | Headache | Fever |
| 4 | Age | Cough |
| 5 | Breathing difficulty | Headache |
| 6 | Obesity comorbidity | Cardio comorbidity |
| 7 | Throat pain | Runny nose |
| 8 | Diarrhea | Diarrhea |
| 9 | Runny nose | Throat pain |
| 10 | Pregnant | Breathing difficulty |
| 11 | Smoking comorbidity | Sex |
| 12 | Renal comorbidity | Diabetes comorbidity |
| 13 | Race | Obesity comorbidity |
| 14 | Lung comorbidity | Pregnant |
| 15 | Sex | Lung comorbidity |
| 16 | Diabetes comorbidity | Smoking comorbidity |
| 17 | Cardio comorbidity | Renal comorbidity |

and XGBoost models and evaluated their models with accuracy, weighted F1-score, and AUC metrics. (Prakash et al., 2020) conducted a study to predict which age groups were more affected by COVID-19 using DT, Multi-Linear Regression (MLR), SVM, XGBoost, RF, KNN+NCA, Gaussian Naïve Bayes (GNB), and LogReg models and evaluated their models using R2 and accuracy metrics. To the best of our knowledge, no study has used the ML methods combined with Relief-F (Robnik-Šikonja et al., 2003) or mRMR (Peng et al., 2005) feature selectors to reveal the discriminative predictors of COVID-19 infection.

This study aims to create new feature selection-based COVID-19 prediction models using MLP, SVM, RBF, kMC, and TB algorithms individually combined with Relief-F and mRMR. 10-fold cross-validation has been carried out to assess the generalization error, whereas the accuracy, recall, and F1-score metrics are used to evaluate the models' performance.

Table 3. COVID-19 prediction models along with their predictor variables for mRMR

| Model | Selected Features |
|--------------|--|
| Model 1 | Fever, cough, headache, age, breathing difficulty, obesity comorbidity, throat pain, diarrhea, runny nose, pregnant, smoking comorbidity, renal comorbidity, race, lung comorbidity, sex, diabetes comorbidity, cardio comorbidity |
| Model 2 | Fever, cough, headache, age, breathing difficulty, obesity comorbidity, throat pain, diarrhea, runny nose, pregnant, smoking comorbidity, renal comorbidity, race, lung comorbidity, sex, diabetes comorbidity |
| Model 3 | Fever, cough, headache, age, breathing difficulty, obesity comorbidity, throat pain, diarrhea, runny nose, pregnant, smoking comorbidity, renal comorbidity, race, lung comorbidity, sex |
| Model 4 | Fever, cough, headache, age, breathing difficulty, obesity comorbidity, throat pain, diarrhea, runny nose, pregnant, smoking comorbidity, renal comorbidity, race, lung comorbidity |
| Model 5 | Fever, cough, headache, age, breathing difficulty, obesity comorbidity, throat pain, diarrhea, runny nose, pregnant, smoking comorbidity, renal comorbidity, race |
| Model 6 | Fever, cough, headache, age, breathing difficulty, obesity comorbidity, throat pain, diarrhea, runny nose, pregnant, smoking comorbidity, renal comorbidity |
| Model 7 | Fever, cough, headache, age, breathing difficulty, obesity comorbidity, throat pain, diarrhea, runny nose, pregnant, smoking comorbidity |
| Model 8 | Fever, cough, headache, age, breathing difficulty, obesity comorbidity, throat pain, diarrhea, runny nose, pregnant |
| Model 9 | Fever, cough, headache, age, breathing difficulty, obesity comorbidity, throat pain, diarrhea, runny nose |
| Model 10 | Fever, cough, headache, age, breathing difficulty, obesity comorbidity, throat pain, diarrhea |
| Model 11 | Fever, cough, headache, age, breathing difficulty, obesity comorbidity, throat pain |
| Model 12 | Fever, cough, headache, age, breathing difficulty, obesity comorbidity |
| Model 13 | Fever, cough, headache, age, breathing difficulty |
| Model 14 | Fever, cough, headache, age |
| Model 15 | Fever, cough, headache |
| Model 16 | Fever, cough |
| Model 17 | Fever |

Table 4. COVID-19 prediction models along with their predictor variables for Relief-F

| Model | Selected Features |
|--------------|--|
| Model 1 | Age, race, fever, cough, headache, cardio comorbidity, runny nose, diarrhea, throat pain, breathing difficulty, sex, diabetes comorbidity, obesity comorbidity, pregnant, lung comorbidity, smoking comorbidity, renal comorbidity |
| Model 2 | Age, race, fever, cough, headache, cardio comorbidity, runny nose, diarrhea, throat pain, breathing difficulty, sex, diabetes comorbidity, obesity comorbidity, pregnant, lung comorbidity, smoking comorbidity |
| Model 3 | Age, race, fever, cough, headache, cardio comorbidity, runny nose, diarrhea, throat pain, breathing difficulty, sex, diabetes comorbidity, obesity comorbidity, pregnant, lung comorbidity |
| Model 4 | Age, race, fever, cough, headache, cardio comorbidity, runny nose, diarrhea, throat pain, breathing difficulty, sex, diabetes comorbidity, obesity comorbidity, pregnant |
| Model 5 | Age, race, fever, cough, headache, cardio comorbidity, runny nose, diarrhea, throat pain, breathing difficulty, sex, diabetes comorbidity, obesity comorbidity |
| Model 6 | Age, race, fever, cough, headache, cardio comorbidity, runny nose, diarrhea, throat pain, breathing difficulty, sex, diabetes comorbidity |
| Model 7 | Age, race, fever, cough, headache, cardio comorbidity, runny nose, diarrhea, throat pain, breathing difficulty, sex |
| Model 8 | Age, race, fever, cough, headache, cardio comorbidity, runny nose, diarrhea, throat pain, breathing difficulty |
| Model 9 | Age, race, fever, cough, headache, cardio comorbidity, runny nose, diarrhea, throat pain |
| Model 10 | Age, race, fever, cough, headache, cardio comorbidity, runny nose, diarrhea |
| Model 11 | Age, race, fever, cough, headache, cardio comorbidity, runny nose |
| Model 12 | Age, race, fever, cough, headache, cardio comorbidity |
| Model 13 | Age, race, fever, cough, headache |
| Model 14 | Age, race, fever, cough |
| Model 15 | Age, race, fever |
| Model 16 | Age, race |
| Model 17 | Age |

Table 5. The intervals for values of the utilized parameters for the COVID-19 prediction models

| Method | Parameter | Range |
|--------|-----------------------------------|------------|
| MLP | Number of hidden layers | 1 |
| | Hidden layer activation function | Logistic |
| | Output layer activation function | Logistic |
| | Number of neurons in hidden layer | [2-20] |
| TB | Number of trees in series | [10-400] |
| | Depth of individual trees | 5 |
| | Proportion of rows for each tree | 0.5 |
| | Influence trimming factor | 0.01 |
| | Minimum size node to split | 10 |
| RBF | Maximum number of neurons | 100 |
| | Radius | [0.01-400] |
| | Lambda | [0.001-10] |
| | Population size | 200 |
| SVM | Cost (C) | [0.1-2000] |
| | Epsilon (ϵ) | 0.001 |
| | Gamma (γ) | [0.001-20] |
| kMC | Number of clusters | [2-200] |
| | Search step | 1 |

The rest of the paper is organized as follows. Section II gives information about dataset generation and provides the methodology for developing prediction models. In Section III, results and discussion are presented. Lastly, in Section IV, the paper is concluded.

2. Materials and Method

2.1. Material and Procedure

The dataset used in this study was obtained from the Espirito Santo State Portal of Brazil (Data on COVID-19 pandemic, 2021) on May 23, 2021. The dataset contains over 40 columns and has over 1.4 million rows. The dataset contains data that was collected between March 17, 2020, and May 23, 2021, and includes a diverse amount of knowledge such as symptoms of COVID-19 (e.g., fever and cough), biological characteristics of patients (e.g., sex, age, and race), comorbidities of patients (e.g., obesity and diabetes), date-based variables, location-based features (e.g., neighborhood and county), education status, and various test results.

This study aimed to predict whether a patient is infected with COVID-19 by using the patient's symptoms, comorbidities, and biological characteristics. Because of this, we removed columns that we didn't plan to use from the dataset. After this step, 17 predictors remained for developing the models. Next, we removed rows with empty values and converted string-based values to numeral or binary values. Finally, due to the massive amount of data, we created a smaller dataset by randomly choosing 10,000 positive and 10,000 negative cases.

In the dataset, 0 and 1 values for the "sex" variable represent male and female genders, respectively. Similarly, 0, 1, 2, 3, 4, and 5 values for the "race" variable represent "ignored," "white," "indigenous," "brown," "black," and "yellow," respectively. The descriptive statistics of the dataset are shown in Table 1.

2.2. Methodology

By utilizing the mRMR and Relief-F feature selectors, the rank of each variable has been calculated and sorted in descending order by their ranks, as shown in Table 2. In this study, we used the Mutual Information Difference (MID) scheme of the mRMR. Then, we removed each variable with the lowest rank successively. By doing so, we created 17 mRMR-based and 17 Relief-F-based prediction models, as illustrated in Table 3 and Table 4, respectively.

We used five different ML techniques in our study, namely SVM (Hsu et al., 2003), MLP (Popescu et al., 2009), RBF (Orr, 1996), TB (Natekin et al., 2013), and kMC (Kulis et al., 2012). Table 5 lists the intervals for values of the parameters used by SVM-based, MLP-based, RBF-based, kMC-based, and TB-based models.

The performance of each model has been evaluated using 10-fold cross-validation and calculating accuracy, recall, and F1-score values, as given in (1), (2), and (3), respectively.

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

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

$$F1 - Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (3)$$

In Eqs. (1) through (3), "TP", "TN", "FP", and "FN" refer to true positives, true negatives, false positives, and false negatives.

3. Results and Discussion

Table 6 through Table 8 show the accuracy, recall, and F1-score results of all COVID-19 models developed using the different ML classifiers individually combined with Relief-F and mRMR feature selectors.

The following discussions can be made about the results obtained:

- According to mRMR and Relief-F, fever and age variables have been reported to be the most important variables for predicting COVID-19 infection, respectively. In contrast, the least essential variables for both feature selectors are the non-symptom variables, especially the comorbidities.
- The MLP-based Model 9 created using the mRMR feature selector, and the MLP-based Model 7 created using the Relief-F feature selector performed best in accuracy values with 70.75% and 70.76%, respectively.
- The MLP-based Model 2 created using the mRMR feature selector, and the MLP-based Model 5 created using the Relief-F feature selector achieved the highest recall values with 90.29% and 89.32%, respectively.
- The MLP-based Model 2 created using the mRMR feature selector, and the MLP-based Model 5 created

Table 6. Accuracy results for COVID-19 models using MLP, TB, RBF, SVM, and kMC individually combined with Relief-F and mRMR

| Model | Accuracy (%) | | | | | | | | | |
|----------|--------------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|
| | mRMR | | | | | Relief-F | | | | |
| | MLP | TB | RBF | SVM | kMC | MLP | TB | RBF | SVM | kMC |
| Model 1 | 70.64 | 69.89 | 69.88 | 69.38 | 66.20 | 70.64 | 69.89 | 69.88 | 69.38 | 66.20 |
| Model 2 | 70.56 | 70.04 | 69.72 | 69.38 | 65.81 | 70.62 | 69.78 | 69.88 | 69.38 | 66.06 |
| Model 3 | 70.59 | 69.95 | 69.94 | 69.45 | 65.85 | 70.59 | 70.02 | 69.73 | 69.58 | 66.00 |
| Model 4 | 70.73 | 70.03 | 69.84 | 69.76 | 66.32 | 70.62 | 69.86 | 69.59 | 69.66 | 66.05 |
| Model 5 | 70.61 | 69.80 | 69.88 | 69.72 | 66.50 | 70.45 | 69.84 | 69.49 | 69.64 | 66.24 |
| Model 6 | 70.63 | 69.88 | 69.85 | 70.47 | 66.86 | 70.58 | 69.73 | 69.50 | 69.71 | 65.98 |
| Model 7 | 70.74 | 69.97 | 69.66 | 70.53 | 66.97 | 70.76 | 69.84 | 69.70 | 69.65 | 66.03 |
| Model 8 | 70.67 | 69.95 | 69.67 | 70.56 | 66.54 | 70.61 | 69.70 | 69.48 | 69.69 | 66.34 |
| Model 9 | 70.75 | 69.92 | 69.81 | 70.62 | 66.57 | 70.30 | 69.73 | 69.73 | 69.53 | 66.07 |
| Model 10 | 69.56 | 69.38 | 69.22 | 69.12 | 66.88 | 69.37 | 69.58 | 69.49 | 68.86 | 66.54 |
| Model 11 | 69.56 | 69.35 | 69.27 | 69.13 | 65.75 | 69.73 | 69.55 | 69.55 | 68.96 | 66.40 |
| Model 12 | 69.14 | 68.99 | 69.03 | 68.89 | 65.98 | 68.79 | 68.89 | 69.30 | 68.46 | 65.96 |
| Model 13 | 69.13 | 68.86 | 68.98 | 68.95 | 66.30 | 68.93 | 69.92 | 68.97 | 68.77 | 66.50 |
| Model 14 | 69.03 | 68.88 | 69.12 | 68.99 | 65.75 | 68.52 | 68.38 | 68.62 | 68.49 | 64.94 |
| Model 15 | 67.95 | 67.95 | 67.95 | 67.95 | 53.50 | 65.89 | 65.90 | 65.91 | 65.92 | 62.09 |
| Model 16 | 67.17 | 67.17 | 67.17 | 67.17 | 50.00 | 54.01 | 53.89 | 53.76 | 53.92 | 51.81 |
| Model 17 | 65.05 | 65.05 | 65.05 | 65.05 | 50.00 | 53.35 | 52.65 | 53.09 | 53.34 | 51.80 |

Table 7. Recall results for COVID-19 models using MLP, TB, RBF, SVM, and kMC individually combined with Relief-F and mRMR

| Model | Recall (%) | | | | | | | | | |
|----------|------------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|
| | mRMR | | | | | Relief-F | | | | |
| | MLP | TB | RBF | SVM | kMC | MLP | TB | RBF | SVM | kMC |
| Model 1 | 87.96 | 81.18 | 80.36 | 77.19 | 70.44 | 87.96 | 81.18 | 80.36 | 77.19 | 70.44 |
| Model 2 | 90.29 | 81.61 | 80.38 | 77.88 | 68.97 | 87.99 | 80.69 | 80.40 | 77.23 | 70.58 |
| Model 3 | 86.36 | 81.21 | 80.62 | 78.60 | 67.55 | 85.46 | 81.04 | 80.22 | 77.64 | 70.04 |
| Model 4 | 86.57 | 81.24 | 80.31 | 79.67 | 69.37 | 86.77 | 81.23 | 80.38 | 78.15 | 69.24 |
| Model 5 | 86.26 | 80.58 | 80.68 | 79.62 | 71.32 | 89.32 | 80.55 | 80.43 | 78.14 | 69.42 |
| Model 6 | 88.04 | 81.87 | 80.97 | 82.77 | 70.73 | 85.70 | 81.30 | 80.26 | 78.50 | 69.74 |
| Model 7 | 85.97 | 81.49 | 80.72 | 83.03 | 71.08 | 88.29 | 81.13 | 80.17 | 78.87 | 69.45 |
| Model 8 | 86.40 | 81.43 | 80.71 | 83.34 | 71.01 | 84.94 | 81.30 | 80.10 | 88.80 | 72.08 |
| Model 9 | 85.61 | 81.75 | 80.62 | 83.46 | 71.10 | 88.06 | 81.27 | 80.51 | 79.83 | 69.92 |
| Model 10 | 79.87 | 81.50 | 78.85 | 79.39 | 70.17 | 81.15 | 82.34 | 80.00 | 79.22 | 68.61 |
| Model 11 | 81.26 | 81.50 | 78.63 | 81.31 | 67.23 | 83.04 | 82.09 | 79.94 | 79.33 | 69.01 |
| Model 12 | 78.27 | 78.29 | 76.65 | 77.78 | 68.58 | 78.50 | 78.09 | 76.27 | 78.25 | 67.61 |
| Model 13 | 78.72 | 77.67 | 77.03 | 77.72 | 67.74 | 79.26 | 78.70 | 76.84 | 77.52 | 68.13 |
| Model 14 | 77.91 | 77.96 | 75.67 | 76.83 | 68.48 | 79.27 | 79.98 | 80.65 | 80.96 | 65.04 |
| Model 15 | 74.87 | 74.87 | 74.87 | 74.87 | 68.11 | 53.87 | 54.39 | 54.24 | 54.96 | 57.87 |
| Model 16 | 85.29 | 85.29 | 85.29 | 85.29 | 68.45 | 57.86 | 62.26 | 65.13 | 60.43 | 52.15 |
| Model 17 | 55.92 | 55.92 | 55.92 | 55.92 | 68.28 | 61.30 | 56.17 | 55.43 | 54.99 | 52.07 |

using the Relief-F feature selector achieved the highest F1-scores with 75.41% and 75.14%, respectively.

- When the accuracy and F1-score values of the models created by using the Relief-F feature selector are compared, it is seen that the MLP-based models, in general, exhibit the best performance. The performance of TB-based, RBF-based, and SVM-based models are similar/comparable. In other words, there is no superiority of one classifier over the other two classifiers, but their accuracy and F1-score values are lower than the ones of MLP-based models. Finally, the kMC-based models produce the lowest accuracy and F1-score values. In contrast, when the recall values of the

models created using the Relief feature selector are compared, the general order of ML classifiers leading from the best to the worst results is MLP, TB, RBF, SVM, and kMC.

- Similarly, when the accuracy and F1-score values of the models created by using the mRMR feature selector are compared, it is seen that again the MLP-based models, in general, produce the highest accuracy and F1-scores. The performance of TB-based, RBF-based, and SVM-based models are similar/comparable, occupying the second rank. Finally, the kMC-based models produce the

Table 8. F1-score results for COVID-19 models using MLP, TB, RBF, SVM, and kMC individually combined with Relief-F and mRMR

| Model | F1-Score (%) | | | | | | | | | |
|----------|--------------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|
| | mRMR | | | | | Relief-F | | | | |
| | MLP | TB | RBF | SVM | kMC | MLP | TB | RBF | SVM | kMC |
| Model 1 | 74.97 | 72.95 | 72.73 | 71.59 | 67.58 | 74.97 | 72.95 | 72.73 | 71.59 | 67.58 |
| Model 2 | 75.41 | 73.15 | 72.63 | 71.78 | 66.85 | 74.97 | 72.75 | 72.74 | 71.61 | 67.53 |
| Model 3 | 74.60 | 72.99 | 72.84 | 72.01 | 66.42 | 74.40 | 72.99 | 72.60 | 71.85 | 67.32 |
| Model 4 | 74.73 | 73.05 | 72.70 | 72.49 | 67.32 | 74.70 | 72.93 | 72.55 | 72.04 | 67.10 |
| Model 5 | 74.59 | 72.74 | 72.82 | 72.44 | 68.04 | 75.14 | 72.76 | 72.50 | 72.02 | 67.28 |
| Model 6 | 74.98 | 73.10 | 72.87 | 73.70 | 68.10 | 74.44 | 72.87 | 72.47 | 72.16 | 67.22 |
| Model 7 | 74.61 | 73.07 | 72.68 | 73.80 | 68.27 | 75.12 | 72.90 | 72.58 | 72.21 | 67.15 |
| Model 8 | 74.65 | 73.04 | 72.69 | 73.90 | 67.97 | 74.29 | 72.85 | 72.41 | 74.55 | 68.17 |
| Model 9 | 74.53 | 73.10 | 72.76 | 73.96 | 68.02 | 74.78 | 72.86 | 72.68 | 72.37 | 67.33 |
| Model 10 | 72.41 | 72.69 | 71.92 | 71.99 | 67.93 | 72.60 | 73.02 | 72.39 | 71.79 | 67.22 |
| Model 11 | 72.75 | 72.67 | 71.90 | 72.48 | 66.25 | 73.28 | 72.94 | 72.41 | 71.88 | 67.25 |
| Model 12 | 71.73 | 71.63 | 71.22 | 71.43 | 66.85 | 71.55 | 71.51 | 71.30 | 71.27 | 66.51 |
| Model 13 | 71.83 | 71.38 | 71.29 | 71.45 | 66.78 | 71.84 | 72.34 | 71.23 | 71.28 | 67.03 |
| Model 14 | 71.56 | 71.47 | 71.01 | 71.24 | 66.66 | 71.57 | 71.67 | 71.99 | 71.99 | 64.97 |
| Model 15 | 70.02 | 70.02 | 70.02 | 70.02 | 34.15 | 61.23 | 61.46 | 61.40 | 61.73 | 60.42 |
| Model 16 | 72.21 | 72.21 | 72.21 | 72.21 | 66.67 | 55.71 | 57.45 | 58.48 | 56.74 | 51.98 |
| Model 17 | 61.54 | 61.54 | 61.54 | 61.54 | 66.67 | 56.79 | 54.26 | 54.16 | 54.10 | 51.93 |

lowest accuracy and F1-score values. In contrast, when the models' recall values created using the mRMR feature selector are compared, the general order of ML classifiers leading from the best to the worst results is MLP, TB, RBF, SVM, and kMC. However, it should be noted that the SVM-based Model 6 through Model 12 exceptionally perform better than TB-based and RBF-based models.

- Models created by using the Relief-F feature selector produced average accuracies of 67.87%, 67.48%, 67.39%, 67.23%, 64.18%; average recall values of 79.93%, 76.69%, 75.96%, 75.29%, 66.55%; and average F1-scores of 71.02%, 70.03%, 69.80%, 69.48%, 64.94% for MLP, TB, RBF, SVM, kMC, respectively.
- Models created by using the mRMR feature selector produced average accuracies of 69.56%, 69.12%, 69.06%, 69.12%, 63.63%; average recall values of 79.88%, 77.67%, 76.21%, 78.41%, 68.55%; and average F1-scores of 70.97%, 70.96%, 70.05%, 71.97%, 66.73% for MLP, TB, RBF, SVM, and kMC, respectively. According to these results, it is seen that mRMR achieves slightly better results than Relief-F on average in terms of accuracy, recall, and F1-score values.
- Average training times of MLP-based, RBF-based, SVM-based, TB-based, and kMC-based prediction models are appr. 16 min, 32 min, 13 h, 2 min, and 4 min, respectively. TB has been observed to be the most time-efficient classifier. It gives the second-best performance in the shortest time.

4. Conclusion and Future Work

This study proposed new models based on MLP, RBF, SVM, TB, and kMC individually combined with mRMR and Relief-F feature selectors for predicting COVID-19 infection. The utilized dataset consists of information related to 20,000 patients (i.e.,

10,000 positives, 10,000 negatives) and includes several personal, symptomatic, and non-symptomatic variables. Performing 10-fold cross-validation on the dataset, the performance of the models has been assessed by calculating the accuracy, recall, and F1-scores. The results show that the average performance of mRMR is slightly better than Relief-F. Furthermore, mRMR is more successful than the Relief-F algorithm in finding the relative relevance order of the predictor variables to predict COVID-19 infection. Finally, the mRMR feature selector emphasizes symptomatic variables such as fever and cough, whereas the Relief-F algorithm emphasizes non-symptomatic variables such as age and race.

This study compared the performance of models developed by using MLP, TB, SVM, RBF, and kMC with individual combinations of Relief-F and mRMR feature selectors for predicting COVID-19 infection. Even though mRMR performs slightly better than Relief-F, and MLP outperforms other ML models, more studies on more datasets with different characteristics are needed to generalize the advantage of one algorithm over the others in this field.

5. Acknowledge

The authors would like to thank Çukurova University Scientific Research Projects Center for supporting this work under grant no FYL-2021-14257.

References

Althnian, A., Elwafa, A. A., Aloboud, N., Alrasheed, H., & Kurdi, H. (2020). Prediction of COVID-19 Individual Susceptibility using Demographic Data: A Case Study on Saudi Arabia. In *Procedia Computer Science* (Vol. 177, pp. 379–386). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.10.051>

Ciotti, M., Ciccozzi, M., Terrinoni, A., Jiang, W.-C., Wang, C.-B., & Bernardini, S. (2020). The COVID-19 pandemic. In

- Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences (Vol. 57, Issue 6, pp. 365–388). Informa UK Limited. <https://doi.org/10.1080/10408363.2020.1783198>
- COVID Live. (2022, May 15). Worldometers. <https://www.worldometers.info/coronavirus/>
- Data on COVID-19 pandemic. (2021, May 24). Open Data from the State of Espirito Santo. <https://dados.es.gov.br/dataset/dados-sobre-pandemia-covid-19/resource/38cc5066-020d-4c5a-b4c0-e9f690deb6d4>
- Fayyoumi, E., Idwan, S., & AboShindi, H. (2020). Machine Learning and Statistical Modelling for Prediction of Novel COVID-19 Patients Case Study: Jordan. In *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* (Vol. 11, Issue 5). The Science and Information Organization. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2020.0110518>
- Hanchuan Peng, Fuhui Long, & Ding, C. (2005). Feature selection based on mutual information criteria of max-dependency, max-relevance, and min-redundancy. In *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* (Vol. 27, Issue 8, pp. 1226–1238). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <https://doi.org/10.1109/tpami.2005.159>
- Hsu, C. W., Chang, C. C., & Lin, C. J. (2003). A practical guide to support vector classification.
- Kulis, B., & Jordan, M. I. (2011). Revisiting k-means: New Algorithms via Bayesian Nonparametrics (Version 2). arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.1111.0352>
- Natekin, A., & Knoll, A. (2013). Gradient boosting machines, a tutorial. In *Frontiers in Neurorobotics* (Vol. 7). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2013.00021>
- Orr, M. J. (1996). Introduction to radial basis function networks.
- Popescu, M. C., Balas, V. E., Perescu-Popescu, L., & Mastorakis, N. (2009). Multilayer perceptron and neural networks. *WSEAS Transactions on Circuits and Systems*, 8(7), 579-588.
- Prakash, K. B. (2020). Analysis, Prediction and Evaluation of COVID-19 Datasets using Machine Learning Algorithms. In *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research* (Vol. 8, Issue 5, pp. 2199–2204). The World Academy of Research in Science and Engineering. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/117852020>
- Robnik-Šikonja, M., & Kononenko, I. (2003). In *Machine Learning* (Vol. 53, Issue 1/2, pp. 23–69). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1023/a:1025667309714>
- Souza, F. S. H., Hojo-Souza, N. S., dos Santos, E. B., da Silva, C. M., & Guidoni, D. L. (2020). Predicting the disease outcome in COVID-19 positive patients through Machine Learning: a retrospective cohort study with Brazilian data. <https://doi.org/10.1101/2020.06.26.20140764>
- Viana dos Santos Santana, Í., CM da Silveira, A., Sobrinho, Á., Chaves e Silva, L., Dias da Silva, L., Santos, D. F. S., Gurjão, E. C., & Perkusich, A. (2021). Classification Models for COVID-19 Test Prioritization in Brazil: Machine Learning Approach (Preprint). JMIR Publications Inc. <https://doi.org/10.2196/preprints.27293>
- Wollenstein-Betech, S., Cassandras, C. G., & Paschalidis, I. Ch. (2020). Personalized Predictive Models for Symptomatic COVID-19 Patients Using Basic Preconditions: Hospitalizations, Mortality, and the Need for an ICU or Ventilator. <https://doi.org/10.1101/2020.05.03.20089813>



Establishing Agri and Food Supply Chain Provenance Based on Blockchain: Literature Review

Ergün Arat¹⁺, Ufuk Cebeci^{2*}

^{1*} Istanbul Technical University, Faculty of Management, Engineering Management Department, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0001-6270-5792), arate21@itu.edu.tr

² Istanbul Technical University, Faculty of Management, Engineering Management Department, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0003-4367-6206), cebeciu@itu.edu.tr

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1131779)

ATIF/REFERENCE: Arat, E. & Cebeci, U. (2022). Establishing Agri and Food Supply Chain Provenance Based on Blockchain: Literature Review. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (37), 59-64.

Abstract

The demand for food, which is the indispensable basic need of people, has turned to healthier and safer alternatives with increasing awareness all over the world, especially in developing countries. At the same time, food safety management in accordance with society's health goals, customer demands, and international food standards is increasing its importance day by day in a period of increasing food-borne diseases. As a result of this, the maximum risk level that manufacturers can take in the production of products has decreased. The food supply chain, which consists of production, collecting, packaging, warehousing, processing, distribution, and transfer processes, is so sensitive and complex process and has high risks. Traditional methods are insufficient for food supply chain risk management due to the increasing demands of consumers for transparent information and food safety concerns.

In recent years, technological research and studies have accelerated in the agriculture and food industry to protect and improve the trust of consumers. In 2008, with the publication of the white paper on "Bitcoin: Peer-to-peer Electronic Cash Payment System" by Satoshi Nakamoto, the world met with blockchain technology, where there are no middlemen and transfers are made securely. In the following years, with the development of Ethereum by Vitalik Buterin and the interpretation of the concept of Smart Contracts with blockchain technology, blockchain technology has begun to influence all sectors, thanks to its benefits such as increasing transparency and reliability in contracts between parties. Blockchain technology, in addition to providing solutions to financial systems that have become dysfunctional, also brings alternatives to supply chain management, where data needs to be transferred securely and quickly. Blockchain applications used in FSC emerge as a technology that will enable us to solve problems such as food security, food integrity, food fraud, etc.

In this paper, It has been studied on how to use blockchain technology in the food supply chain, how to choose the suitable blockchain platform, and how It will be facilitating for solutions such as tracking from field to fork, back-tracking are examined the data saved in the blocks and the working mechanism will be discussed in the background.

Keywords: Agriculture and food supply chain, Food safety, Risk reduction, Blockchain, Smart contracts, Trust, Information transparency.

Blockchain Tabanlı Tarım ve Gıda Tedarik Zinciri Kaynağı Oluşturma: Literatür İncelemesi

Öz

Tüm dünyada, özellikle gelişmekte olan ülkelerde artan bilinçlenmeyle, insanların olmazsa olmaz temel ihtiyacı olan gıdalara yönelik talebi, daha sağlıklı ve daha güvenli alternatiflere yönelmiştir. Aynı zamanda toplumsal sağlık amaçlarına, müşteri ihtiyaçlarına, uluslararası gıda güvenliği standartlarına uygun gıda güvenliği yönetimi, gıda kaynaklı hastalıkların arttığı bir dönemde önemini günden güne artırmaktadır. Bunun etkisi sonucu üreticilerin üretimde göze alabileceği maksimum risk düzeyi düşmüştür. Üretim, toplama, paketleme, depolama, işleme, dağıtım ve taşıma süreçlerinden oluşan gıda tedarik zinciri, en hassas ve kompleks işlemlerden bir tanesidir ve riskleri yüksektir. Tüketicilerin artan şeffaf bilgi talepleri ve gıda güvenliği endişelerinden dolayı geleneksel

yöntemler gıda tedarik zinciri risk yönetimi için yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple son yıllarda tarım ve gıda sektöründe, tüketicilerin güvenini korumak ve iyileştirmek için teknolojik araştırmalar ve çalışmalar hızlanmıştır. 2008 'de Satoshi Nakamoto tarafından "Bitcoin: Eşten-eşe Elektronik Nakit Ödeme Sistemi" konulu teknik dökümanın yayınlanmasıyla birlikte, dünya, araçların olmadığı ve transferlerin güvenli bir şekilde gerçekleştiği blokzincir teknolojisine tanıştı. İlerleyen yıllarda Vitalik Buterin tarafından Ethereum'un geliştirilmesi ve Akıllı Şözlesmeler kavramının blokzincir teknolojisi ile birlikte yorumlanmasıyla, taraflar arası sözleşmelerde şeffaflığın ve güvenilirliğin artması, araçların ortadan kaldırılması gibi faydaları sayesinde blokzincir teknolojisi tüm sektörleri etkisi altına almaya başlamıştır. Blokzincir teknolojisi, başta işlevsiz kalmış finansal sistemlere çözüm getirmenin yanı sıra verilerin, güvenli ve hızlı şekilde aktarılmasına ihtiyaç duyulan tedarik zinciri yönetimine de alternatifler getirmektedir. Tarım ve gıda tedarik zincirinde kullanılan blokzincir uygulamaları, küresel açlık, gıda güvenliği, gıda bütünlüğü, gıda kaçakçılığı gibi sorunları çözmemizi sağlayacak bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. İşte bu makale de blokzincir teknolojisinin tarım ve gıda tedarik zincirinde nasıl kullanılabileceği, artı yönleri, entegre edilmesi ve gelecekteki etkisi üzerine çalışılmıştır. Bu bildiride, blok zinciri teknolojisinin tedarik zincirinde nasıl kullanılabileceği, uygun blok zinciri platformunun nasıl seçileceği ve tarladan çatala takip, geri izleme gibi çözümlerin nasıl sağlanacağı incelenmiştir. Bloklara kaydedilen veriler incelenecek ve arka planda çalışma mekanizması tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Tedarik zinciri, Tarım ve gıda tedarik zinciri, Gıda güvenliği, Risk azaltma, Blokzincir, Akıllı sözleşmeler, Güven, Bilgi Şeffaflığı.

1. Introduction

In the 21st century, food safety increases its importance as a result of globalization, growth of economies, and increasing population rates, as a result of changing people's living standards and consumption habits. Food safety is physical, chemical, biological and all kinds of damage that may occur in food refers to the measures taken to eliminate; and safe (healthy) foods can be defined as clean and healthy food whose nutritional values have not been lost in terms of physical, chemical and biological hazards (Erkmen, 2010). In the past years, a couple of serious food safety issues occurred, such as "Sudan red", "clenbuterol", "Sanlu toxic milk powder". It is worth noting in the world these kinds of scandals have broken out during the past 20 years, including Escherichia coli in hamburgers, Salmonella in eggs, poultry, and pork, Listeria in pates, and cheeses, and the "horsemeat scandal" in 2013 (Tian 2016). According to the World Health Organization, contaminated food causes 600 million cases of foodborne disease and 420.000 deaths per year around the world. Children under the age of five account for 30% of all foodborne deaths. Each year, the World Health Organization estimates that 33 million years of good life are lost owing to eating unsafe food, and this figure is likely underestimated. These and similar food problems have not only worried people day by day, but also damaged their trust in companies and institutions.

In addition to these problems, in the agriculture and food supply chain, the food goes through a dynamic operation in the process according to the manufacturer, producer, wholesaler, distributor, and retailer, in short, from farm to fork. Food quality can be affected by uncertain conditions like weather, related heat, humidity, and coolness. The limited shelf life, delivery delays, and volatile demand structure of food products increase uncertainty and risk. These events also reminded people of the many problems and the inadequacy of traditional methods in the already complex food production, supply chain, and processing environment. The process of the supply chain is summarized in Figure 1 (Awan et al., 2021).

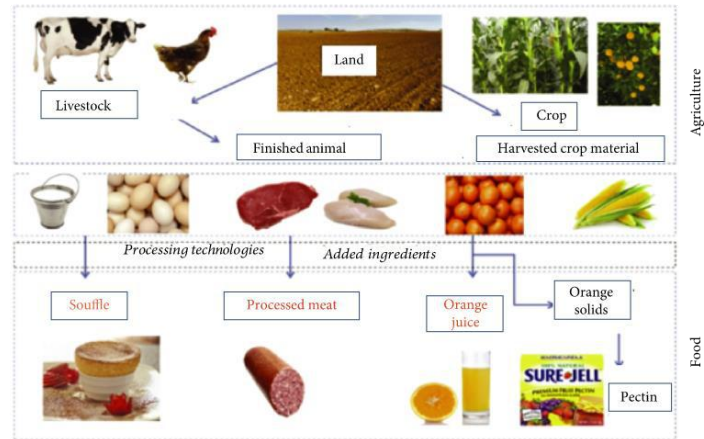


Figure 1- Agricultural food supply chain process (Awan et al., 2021).

With the acceleration of technological developments and their integration into many industries, technological infrastructures have begun to be created against problems in supply chain management, food, and agriculture sectors. Quality and assurance in the food chain process can be monitored with modern technologies and all information can be transmitted to the consumer without changing it. When there is a threat to health, it is necessary to trace the process backward and find the source of the problem and establish an information system for crisis management by following it forward. There may be different definitions between businesses in the food chain, incompatibility problems may arise between administrative and physical units, or food-related information may not be verified. In order to follow the food, all members should be connected to a transparent information network, and information about the features and location of the product should be shared instantly. For this purpose, tracking technologies such as paper tracking, product labeling, barcode, temperature, light, and humidity sensors embedded with RFID (radio frequency identification) can be used. As a result of the adoption of Internet of Things (IoT) technologies and their usage in many sectors of daily life, they have started to be used in agriculture and food production and distribution processes, and studies on reliable, traceable, and auditable systems have increased. Current IoT-based traceability and provenance systems for Agri-Food supply chains are built on top of centralized infrastructures and this leaves room for unsolved issues and major concerns, including data integrity,

tampering, and single points of failure (Caro et al., 2018). However, the majority of the current IoT solutions still rely on heavily-centralized cloud infrastructures, where there is usually a lack of transparency, and by nature presents security threats including availability, data lock-in, confidentiality, and auditability (Armbrust et al., 2010). IoT includes a system of devices that can collect, transfer and store data over a wireless network. Using blockchain with IoT devices enables smart devices to exchange data and other financial transactions in a scalable, private and reliable way (ReportLinker, 2022). At the points where IoT is lacking, Blockchain can be used as a solution with its decentralized structure, auditability, immutability, and encryption where IoT is insufficient.

2. Material and Method

2.1. Blockchain Technology

Blockchain is the basic infrastructure of digital currencies, known as crypto money, which everyone is familiar with. Although cryptocurrencies are the most well-known application area of Blockchain technology, Blockchain is a strong and general subject that is not limited to the financial sector.

Blockchain is completely decentralized and the place where every transaction or every data is recorded in the parts we call blocks. Each block contains all transaction data in a given time period and these act as digital IDs that can be used for verification. In blocks, each block is linearly linked to each other, sequentially with each other in time, and contains the hash value of the previous one.

Especially with the emergence of Ethereum, the concept we call 'Smart Contracts' has gained meaning again today. Smart contracts and blockchain technologies will be a solution to the classical methods that are insufficient in almost every field and in every subject and will provide benefits such as saving documents or transactions in a secure environment, sharing, traceability, control, and immutability, automation of ongoing manual processes.

Blockchain technology can be visualized as a general term for technical schemes which are similar to NoSQL (Not Only Structured Query Language), and it can be realized by many kinds of programming languages (Tian, 2016). The key characteristics of blockchain are shown in Figure 2 (Puthal et al., 2018).

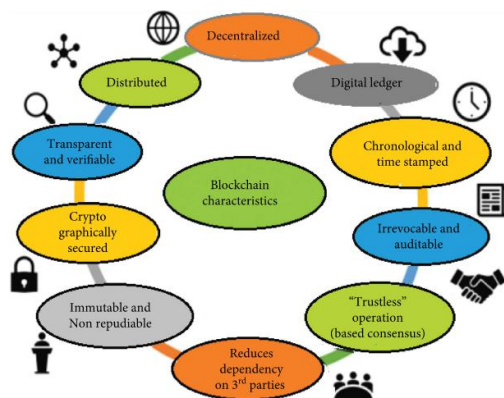


Figure 2 - Key characteristics of Blockchain Technology (Puthal et al., 2018).

By integrating the blockchain into the supply chain and saving every piece of information on a block, the whole process

is tracked and reviewed. It provides the consumer with all information about the product they buy. Product owner, logistic business, and purchaser are the three key entities involved in the trade and delivery system. A product owner is someone who sells a product in the supply chain; a logistic firm is a corporation that transports products; and a consumer, as the name suggests, is someone who wishes to spend ethers on a product. As previously stated, the logistic firm is a system-registered entity. Arbitrators are in charge of off-chain dispute resolution in the event of a transactional dispute. Figure 3 depicts the trading and delivery business, though (Shadid et al., 2020).

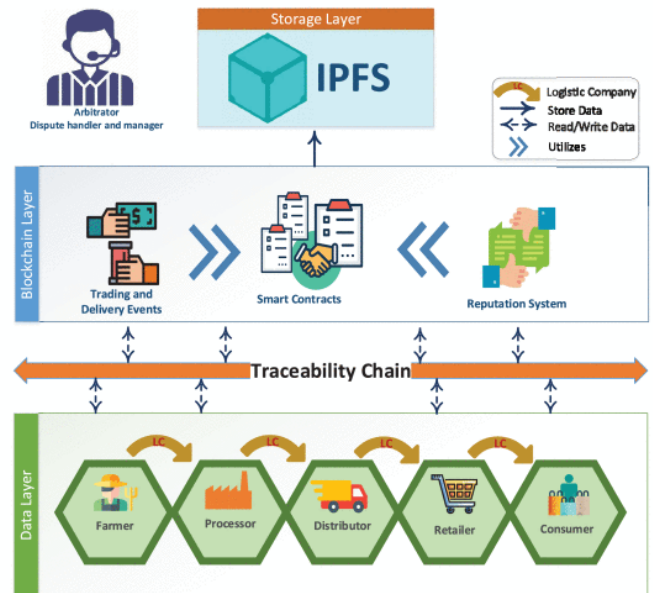


Figure 3 - Blockchain-based end-to-end solution for agri-food supply chain (Shadid et al., 2020).

2.1.1. Consensus Mechanism

X In the applications of blockchain, we need to solve two problems-double spending and Byzantine Generals Problem (Lamport et al., 1982). Using a digital asset more than once at the same time is called double-spending. Since blockchain networks work with a distributed ledger system, every transaction is verified. Transactions performed on networks such as Bitcoin are processed on the blockchain with the approval of the miners. If the same transaction is attempted a second time, full nodes indicate that the transaction is fraudulent. This protects users against the possibility of double-spending. The Byzantine Generals Problem; deals with the stalemate that generals, who can only send messages to each other via messenger, reach consensus on the move to attack or retreat. It is a consensus problem about coordination and integration problems in software technologies, especially in distributed systems. Data would be transmitted between nodes via peers. Some nodes may be attacked, which may cause the relevant content to change. Normal nodes need to distinguish the information that has been tampered with and obtain consistent results with other normal nodes (Mingxiao et al., 2017). This requires the design of the consensus mechanism needed.

Consensus (mechanism) algorithms are the decision-making process for a group where its members form and support the decision that is best for the rest of the group. The algorithm

basically says: If this happens then this if this happens and so on... The consensus algorithm for blockchain allows a group of people to make sure that all transactions are authentic and real. There are some methods for achieving that, such as POW (Proof of Work), POS (Proof of Stake), DPOS (Delegated Proof of Stake), and PBFT (Practical Byzantine Fault Tolerance).

POW (Proof Of Work)

Its core idea is to distribute accounting rights and rewards through hash power competition between nodes. Hashing is the name given to the process of creating a fixed-size output from different-sized inputs. This is done using mathematical formulas (implemented as hashing algorithms) known as hash functions. Based on the information from the previous block, the different nodes calculate the specific solution to a mathematical problem. (Mingxiao et al., 2017).

The proof of work mechanism works on the principle that adding transactions to the network is difficult but easy to verify. It is very easy to understand whether a transaction is valid or not, as all previous transactions stop transparently on the network. If a malicious user attempts to commit fraudulently, their transaction will be rejected by the rest of the network. However, this is a very expensive method and poses big problems in terms of energy consumption. In addition to these, there are long processing times and certain security problems.

POS (Proof Of Stake)

The core idea of PoS evolves around the concept that the nodes who would like to participate in the block creation process must prove that they own a certain number of coins at first (Ferdous et al., 2020). Proof of stake is a consensus mechanism that has become popular in recent years, using different variations of some cryptocurrencies. Proof-of-stake architecture does not require huge amounts of processing power and devices as in proof-of-work. Instead of miners, there are validators called "validators" on the network and they do the work of adding blocks. In the proof of stake architecture, each block is added every 10 seconds. This provides a much faster transaction processing time than the bitcoin blockchain.

DPOS (Delegated Proof Of Stake)

In the Proof of Stake protocol based on cryptocurrency ownership, a user has the right to verify transactions and generate blocks by keeping their crypto assets in their wallet connected to the relevant blockchain. dPoS, on the other hand, comes with some additional features and leverages the power of stakeholders to resolve consensus by voting fairly. It uses a social reputation system to drive consensus across its Delegated Proof-of-Stake (dPoS) blockchain network. Referred to as the least decentralized protocol compared to others, dPoS aims to give cryptocurrency holders a say in the management of the network. Unlike the Proof-of-Stake system, users delegate their crypto assets in their wallets to another user. Cryptocurrency asset is not transferred from the wallet but is considered as the asset of the delegated user, increasing the delegated user's voice in the network. The person who receives the right to delegate from other users receives a larger share of the revenues in the network and shares the revenue with the delegates in proportion to their shares.

PBFT (Practical Byzantine Fault Tolerance)

When we evaluate it through the blockchain structure, the generals represent the nodes in the network. Nodes in the

network must reach a consensus for the transaction to occur. Thus, proven data is transferred to the blocks. In simpler terms, a consensus is needed by the majority of network participants, given that erroneous or incomplete information may occur.

The algorithm is designed to work in asynchronous systems. It is optimized to provide high performance and fast execution time. In fact, all nodes in the pBFT model are pipelined. One of them is the master node (leader), the others are called backup nodes. All nodes in the system interact with each other. The purpose of all honest nodes is to agree on the state of the system based on the majority opinion. It is important not only to prove that messages came from a particular peer-to-peer node but also to make sure that the message did not change during transmission.

2.2. Blockchain Platforms

Two of the most suitable blockchain platforms for use in the supply chain will be examined and compared according to their purpose, operating logic, privacy level, programming languages, and consensus mechanism.

Ethereum and Hyperledger

Ethereum is an open-source distributed public blockchain network that uses Smart Contract technology to allow decentralized applications to be built on top of it.

Hyperledger Fabric, an open-source project like Ethereum, is a widely accepted platform for enterprise blockchain platforms with its modular structure. Designed to develop enterprise-grade applications and professional solutions, the convenient, modular architecture uses "plug and play" components to adapt to many use cases. The most important point of the project is to create intersectoral cooperation by enabling blockchain-based projects to interact with each other. Hyperledger hosts several enterprise-grade blockchain-based software projects. Projects are designed by the developer community for vendors, organizations, service providers, and academics to build and deploy blockchain networks or commercial solutions.

Each peer in Ethereum has a role, which means that whenever a transaction occurs, numerous nodes must participate in order for it to be completed, which causes scalability, privacy, and efficiency difficulties. Hyperledger, on the other hand, is a distributed ledger technology (DLT) that does not require each peer in the network to be informed in order to complete a transaction.

The anonymity of users within the system is one of the most emphasized issues in crypto money projects. However, this is not always required. Keeping data on a public network and making it accessible to everyone can cause issues in some projects. Hyperledger is a permissioned blockchain that uses an identity management module to enable us authenticate.

For this reason, It can store some information specific to a certain user group by using Hyperledger due to the private structure.

Figure 4 shows the differences between Ethereum and Hyperledger.

| Feature | Ethereum | Hyperledger |
|-----------------------|-------------------------|---|
| Confidentiality | Public Blockchain | Private Blockchain |
| Purpose | Client-side B2C apps | Enterprise-level B2B apps |
| Governance | Ethereum Developers | Linux Foundation |
| Participation | Anyone | Organizations having Certificate of Authorization |
| Programming Language | Solidity | Golang, Java |
| Consensus Mechanism | Proof of Work Mechanism | Practical Byzantine Fault Tolerance |
| Speed of Transactions | Less | More |
| Cryptocurrency | Ether or Ethereum | None |

Figure 4 – Difference between Ethereum and Hyperledger

Since the blockchain to be integrated into the supply chain will only provide information flow between the stakeholders, in short, it will be a B2B application, Hyperledger is a more suitable platform for this.

2.3. Blockchain-driven IoT Technology

IoT aims to provide food identification and monitoring and collecting pieces of information about heat, humidity, cold chain protection, in short, concentration product-related in the agricultural supply chain. Agricultural production personnel can analyze environmental big data by monitoring pests and diseases and various risk factors so that targeted agricultural production materials can be put in place; various execution equipment can be mobilized as required to perform temperature control, dimming and ventilation, as well as other actions to achieve intelligent control for the growing environment of agriculture (Lin et al., 2018).

Wireless communication technologies (such as Bluetooth and Wi-Fi) are used in the connection layer to transmit data between sensor nodes and relay nodes, while machine-to-machine (M2M) communication technologies are used to transmit data between relay nodes and specified IoT platforms. IoT development platforms are used to develop and manage applications at the application layer, and application programming interfaces are used to connect external systems and databases (APIs). It should also be incorporated with ERP for things like managing and controlling internal resources and expenses. In terms of decentralized control, data transparency, auditability, distributed information, decentralized consensus, and high security, blockchain may currently bridge the gap in IoT systems.

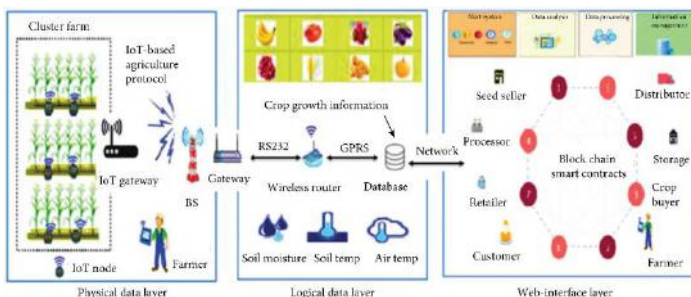


Figure 5- Blockchain-driven IoT Technology (Awan et al., 2021)

3. Results and Discussion

Blockchain technology provides a solution to many problems in the FSC with the visibility and traceability it provides. We examined the benefits and possible consequences of the integration of blockchain with IoT. The disadvantage of the IoT system being centralized can be overcome by using blockchain technology. The blockchain is a powerful technology that is able to decentralize computation and management processes that can solve many IoT issues, especially security (Lin et al., 2018).

While the data stored with the use of the Hyperledger platform can be retrieved later, especially due to its performance and its openness to members only, it is possible to write smart contracts and include them in the system so that the data is automatically generated by the sensor creates certain conditions. Both platforms are suitable for making complex smart contracts. However, Hyperledger allows a custom transaction structure to be defined.

The suggested blockchain-based paradigm has numerous advantages and benefits, including increased trust, efficiency, quality, durability, and stability. In terms of efficiency, it reduces overall traceability process handling and, as a result, relevant traceability-related operating expenses, and eliminates hidden costs and paper burden from the FSC traceability process. The self-fulfillment provided by the creation and inclusion of smart contracts also serves as a cost-reduction mechanism and ensures the authenticity and real-time synchronization of incoming information

4. Conclusions and Recommendations

The combined use of blockchain and IoT can enable the creation of a self-governing, intelligent agriculture and supply chain management that connects all parties transparently from the beginning in the FSC processes which information is transmitted in the flow without changing it. This proposition minimizes the human factor, which includes traditional tracking and the security of information.

In conventional practice, insufficient information on the delivery and traceability of processes is inefficient and unreliable. By using IoT, all collected data is stored and managed in a remote database, with the addition of the blockchain, this information is recorded in blocks and cannot be changed, forming the basis of reliable information flow. All this information can be used in the analysis of food process management and predictions can be made about food life. As a result, consumers can access information such as the way food is grown, and the time of collection and distribution, rather than just learning about the shelf life of the product they buy. Thanks to this data, companies can implement different strategies in the production and distribution process, making improvements both operationally and costly.

The use of blockchain will provide benefits such as creating a completely transparent and reliable system in all processes, and self-disclosure, thanks to its features such as its distributed and decentralized structure, being closed to outside interference, and creation of smart contracts. Blockchain applications currently used in agriculture and the food supply chain are only used for supply chain management, except for the benefit of tracking food products to the source they come from. IoT

technologies are currently limited to monitoring the agricultural environment or being used in processes such as the cold chain, and the manufacturers of the first product cannot communicate with the buyers. In this article, we developed a complete approach by integrating IoT and blockchain into the whole process. With this approach, it can provide information to the first producer about the environmental conditions necessary to produce products with high efficiency and quality, and provide the know-how to create suitable conditions or improve the production process. One of the most important features of this model is that the collaborators can transmit the information flow between each other and cross in real-time and cannot be accessed from the outside, protecting information security. The smart model will greatly boost the efficiency and reliability of the food supply chain, which will inevitably increase food safety and regain customer trust in the food industry (Awan et al., 2021).

This paper presents a blockchain and IoT-based framework for farm-to-fork traceability of the food and agricultural supply chain. Organizations, processes, functions, and their interaction with each other are explained. Through smart contracts, the benefits of establishing and maintaining a standard of product definition throughout the process, enabling processes to be carried out without the need for parties to trust each other, and providing an improved supply chain management are discussed.

References

- Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A., Stoica, I., & Zaharia, M. (2010). A view of cloud computing. *Communications of the ACM*, 53(4), 50–58. <https://doi.org/10.1145/1721654.1721672>
- Awan, S., Ahmed, S., Ullah, F., Nawaz, A., Khan, A., Uddin, M. I., Alharbi, A., Alosaimi, W., & Alyami, H. (2021). IoT with BlockChain: A Futuristic Approach in Agriculture and Food Supply Chain. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2021, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2021/5580179>
- Caro, M. P., Ali, M. S., Vecchio, M., & Giaffreda, R. (2018). Blockchain-based traceability in Agri-Food supply chain management: A practical implementation. *2018 IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture - Tuscany (IoT Tuscany)*. <https://doi.org/10.1109/iot-tuscany.2018.8373021>
- Erkmen, O. (2010). Gıda kaynaklı tehlikeler ve güvenli gıda üretimi. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 53(3), 220-235.
- Feng Tian. (2016). An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology. *2016 13th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM)*. <https://doi.org/10.1109/icsssm.2016.7538424>
- Ferdous, M. S., Chowdhury, M. J. M., & Hoque, M. A. (2021). A survey of consensus algorithms in public blockchain systems for crypto-currencies. *Journal of Network and Computer Applications*, 182, 103035. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2021.103035>
- Lamport, L., Shostak, R., & Pease, M. (1982). The Byzantine Generals Problem. *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, 4(3), 382–401. <https://doi.org/10.1145/357172.357176>
- Lin, J., Shen, Z., Zhang, A., & Chai, Y. (2018). Blockchain and IoT based Food Traceability for Smart Agriculture. *Proceedings of the 3rd International Conference on Crowd Science and Engineering - ICCSE'18*. <https://doi.org/10.1145/3265689.3265692>
- Mingxiao, D., Xiaofeng, M., Zhe, Z., Xiangwei, W., & Qijun, C. (2017). A review on consensus algorithm of blockchain. *2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. <https://doi.org/10.1109/smc.2017.8123011>
- Puthal, D., Malik, N., Mohanty, S. P., Kougianos, E., & Yang, C. (2018). The Blockchain as a Decentralized Security Framework [Future Directions]. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 7(2), 18–21. <https://doi.org/10.1109/mce.2017.2776459>
- ReportLinker, “Blockchain In Agriculture And Food Supply Chain Global Market Report 2022,” https://www.reportlinker.com/p06246504/Blockchain-In-Agriculture-And-Food-Supply-Chain-Global-Market-Report.html?utm_source=GNW
- Shahid, A., Almogren, A., Javaid, N., Al-Zahrani, F. A., Zuair, M., & Alam, M. (2020). Blockchain-Based Agri-Food Supply Chain: A Complete Solution. *IEEE Access*, 8, 69230–69243. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2986257>
- World Health Organization, “Estimating the burden of foodborne diseases,” <https://www.who.int/activities/estimating-the-burden-of-foodborne-diseases>



Design, Construction and Control of an Autonomous Mobile Rescue Robot with Visual Feedback

Ibrahim Hasan¹, Tolgay Kara²

¹ Gaziantep University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Gaziantep, Turkey (ORCID: 0000-0003-3991-8524), kara@gantep.edu.tr

² Gaziantep University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Gaziantep, Turkey (ORCID: 0000-0001-8203-3225), en.ibrahim4.hasan4@gmail.com
(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1133067)

ATIF/REFERENCE: Hasan, I. & Kara, T. (2022). Design, Construction and Control of an Autonomous Mobile Rescue Robot with Visual Feedback. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 65-71.

Abstract

The construction of a smart autonomous mobile robot system that can operate in an anonymous environment can be difficult. Building an autonomous mobile robot requires collecting data from sensors and cameras in order to recognize the surrounding environment, get knowledge of existing landmarks, and figure out its position and orientation. Many research studies have been carried out in recent years providing algorithms for achieving autonomous motion of mobile robot systems and object detection. The most common platform utilized for robot motion design is ROS (Robot Operating System) and for object detection YOLO (You Only Look Once) is a common choice. Additionally, the autonomous system needs motion planning in a systematic way to avoid obstacles by using LIDAR or other sensing methods generating the feedback signals required for control of motion around occupied spaces. One of the most effective and versatile feedback systems for mobile robot control can be constructed using visual feedback, which relies on a high-resolution camera that processes the image in real-time and the result is fed back to the control system for decision making. Visual feedback can be employed alone without sensors for feedback control of autonomous mobile robots, and it can be used for multiple tasks like path planning, obstacle avoidance, object detection, object recognition in addition to motion control. In this research, results of design and construction of an autonomous mobile rescue robot for finding victims through video data are presented. It is aimed to find victims via applying video as a data collection and feedback generation tool in the autonomous mobile robot control system. The visual feedback and YOLO v3 are used not only for finding victims but also for motion control. Our autonomous mobile robot is designed to move smoothly to the victim's direction and avoids obstacles by using ROS Global Planner. The robot is tested in multiple scenarios in different locations, various obstacle and victim numbers, and satisfactory results with good performances are obtained.

Keywords: Autonomous mobile robot, ROS, YOLO, Motion planning, Obstacle avoidance, LIDAR, Visual feedback system.

Görsel Geri Beslemeli Otonom Mobil Kurtarma Robotunun Tasarım, Üretim ve Kontrolü

Öz

Bilinmeyen ortamlarda çalışabilen akıllı otonom mobil robot sistemi üretimi zorluklar içerebilir. Otonom mobil robot geliştirilmesi için çevreyi tanımlamak amacıyla algılayıcılar ve kameradan veri toplanması, mevcut köşe noktalarının bilinmesi ve robotun konumu ve yönünün anlaşılması gerekir. Son yıllarda mobil robotların otonom hareketi ve nesne belirleme hedefleri için yazılmış algoritmalar sunan çok sayıda araştırma yapılmıştır. Robot hareket tasarımı için en yaygın kullanılan platform ROS (Robot İşletim Sistemi) iken, nesne belirleme içinse YOLO (You Only Look Once) genel kabul görmektedir. Ek olarak, otonom sistemlerde lidar ve diğer algılama yöntemleriyle engeller içeren ortamlarda hareket kontrolü için gereken geri besleme işareti üretmek üzere sistemik hareket planlamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Mobil robotlar için en etkili ve çok yönlü geri beslemeli sistemlerden biri, yüksek çözünürlüklü kamerayla gerçek zamanlı görüntü işleme ve geri beslemeli kontrol karar işareti üretimine dayanan görsel geri besleme yoluyla imal edilebilir. Görsel geri besleme otonom mobil robotların algılayıcılar olmadan geri beslemeli kontrolü için kullanılabilmesi gibi, hareket kontrolüyle birlikte yol planlama, engelden kaçınma, nesne belirleme, nesne tanıma gibi çoklu görevlerde de kullanılabilir. Bu çalışmada, akan görüntü verisi kullanılarak kurban / kazazedeleri bulmaya yarayan otonom mobil robot sisteminin tasarım ve üretimi ile ilgili sonuçlar sunulmaktadır. Burada kamera görüntüsünü hem veri toplama hem de otonom mobil robot sisteminde geri besleme işareti üretme amacıyla kullanarak kurban / kazazedeleri bulmak amaçlanmıştır. Görsel geri besleme ve YOLO v3 sadece kurban / kazazedeleri bulmak için değil aynı zamanda hareket kontrolü için kullanılmaktadır. Ürettiğimiz otonom mobil robot, ROS küresel planlayıcı ile kurban / kazazede yönüne doğru yumuşak bir hareketle ilerlemek ve engellerden kaçınmak için tasarlanmıştır. Robot farklı engel ve kurban / kazazede sayıları için değişken ortamlardaki senaryolar için test edilmiş ve yüksek başarımlı tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Otonom mobil robot, ROS, YOLO, Hareket planlama, Engelden kaçınma, LIDAR, Görsel geri beslemeli sistem.

1. Introduction

The cutting-edge robotic technologies have assisted mankind in the past few decades, and robots have been employed universally in several fields for various functions to carry out significant duties. Robots are designed to operate in various environments with or without human intervention, and many times the main purpose is to help humans in their tasks and even save their lives in certain cases. They can operate and achieve the goals in environments where all special tangible characteristics have to be under control. Autonomous mobile robots can carry out searching and rescuing jobs where conditions are tremendously risky for humans. In such scenarios, robots must have autonomous expertise and capabilities of certain human skills, even so, they do not suit human intervention. Examples of the requirement of applying autonomous human detection and rescue can be wars, earthquakes, building collapses, mine collapses, and similar. In these situations, there are possibly large numbers of victims who encounter risk of death, not to mention those who sacrifice their lives in rescuing others. Search and rescue operations are the main cause of demise along with other collateral damage in such environments. The design and construction of an autonomous mobile robot that can operate autonomously in catastrophic areas for search and rescue missions has vital value and can save lives of the potential victims and protect rescue teams as well.

2. Material and Method

In areas after wars or natural disasters, many members of the rescue teams lose their lives, in addition to many victims who are trapped under the rubble or in places that are difficult to reach. In our research, we have designed a simple prototype of an autonomous mobile rescue robot that can search for victims. The mission of our robot is to search for, find and locate victims autonomously. We have used the Robot Operating System (ROS), which is a set of software libraries and tools that help to build any robot, and You Only Look Once (YOLO), which is an object detection algorithm that includes localization of objects in a picture and guessing the class to which it belongs. In disaster places, it is likely to suffer from weak internet and in many cases the lack of internet connection. We have solved this problem by saving the video data on the computer hard disk. The control system we have used is traditional visual servoing, where we have used the desired site of the current position of the feature point in the image and the feature point in the image. We have used RPLIDAR A1M8 to avoid obstacles, which is based on the laser triangulation ranging principle and uses high-velocity sight acquisition and processing devices. The navigation stack in ROS consists of a mobile robot motion planner and controller that creates a 2D map for the surrounding area to bypass the obstacles and move the robot until it reaches its destination. I should be noted that this node transmits the commands to the robot base as a speed vector for translation motion and single rotation speed variable as rotation speed around the z-axis. Move base is a part of the navigation stack that is responsible for robot motion behaviour. In analysing video data, we have relied on YOLO which detects a person from the camera feed and passes the detected bounding box to box2goal node that takes the detected bounding box from YOLO and current position from the moving base and generates a 2D point as a new goal to the motion base. Arduino bridge is the node responsible for translating the motion

variables that come from the navigation stack to the locomotion model and producing a torque control for each wheel of the robot (velocity PID control for each motor). One of the expected results in our research is to know the number of victims in the disaster area before starting the rescue mission and to know and prepare the necessary equipment for the mission to save time.

2.1. Robot signal flow and visual servoing

The web camera of the robot can be considered as the robot's eye. The camera records a live video of the place where the robot is operated and sends the recorded video to YOLO, which analyses the video data in order to identify the desired object that is a victim in our case. After selecting the required object, the data is sent to the ROS, which is on our computer to send/receive instructions to/from Arduino and receive from RPLIDAR A1M8 and web camera. We have used an RPLIDAR A1M8 and ultrasonic sensor for our robot to avoid obstacles, also the RPLIDAR A1M8 sends the data captured by the laser scanner to the ROS. ROS is considered our robot's brain, which programmatically links all these elements together and sends/receives data from all the elements. Similarly, we have used the Arduino to control the process and connected it to the ROS programmatically and to the L298N driver physically. The L298N driver is connected to the two motors physically, and it sends control signals to the two motors at the same time, also receiving data from both motors' encoders. Finally, we have used LED to turn on when the mobile robot finds a person and turn off when there is no person detected. Our signal flow diagram is given in Figure 1.

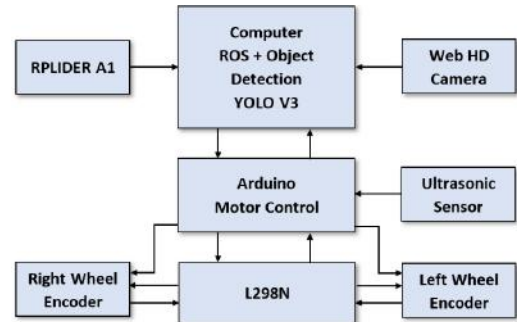


Figure 1. Communication pathways to all hardware of the designed autonomous mobile robot.

2.2. Control Law

A general look at the methods that can be implemented for generating the control signal reveals that the visual operation can be divided into two parts based on the image data used, the first one being the position-based approach and the second one being the image-based approach (Lang et al. 2016). The block diagrams are the same for the two traditional methods, with only difference in the terms of the control system and the processed data received from the video feedback, as shown in Figure 2.

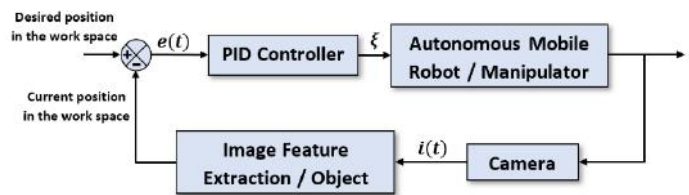


Figure 2. The block diagram of the visual servoing.

The aim of the control system is the reduction of the position error of the image or the position error of the object in 3D space, for the two alternative methods respectively. In controlling the motion of the mobile robot, in our study it is implemented that the mobile robot moves towards the victim and tries to put the box shown in YOLO in the middle of the screen. We can write the error as follows:

$$\mathbf{e}(\mathbf{t}) = \mathbf{s}(\mathbf{i}(\mathbf{t}), \mathbf{c}) - \mathbf{s}_r \quad (1)$$

Where

$\mathbf{e}(\mathbf{t})$ is the error between measured and desired positions,
 \mathbf{s} is the measurement from the image or it can be estimate by using computer vision,
 $\mathbf{i}(\mathbf{t})$ is a set of picture measurements,
 \mathbf{c} are parameters describing additional information about the system (e.g 3D object model or camera parameters),
 \mathbf{s}_r are desired values of the features,
 $\mathbf{s}(\mathbf{i}(\mathbf{t}), \mathbf{c})$ and \mathbf{s}_r can be specified depending on which kind of visual servo control is used.

A standard method is to design a speed control system, which needs the relationship between the time variation of \mathbf{s} and the camera velocity. Let us write the spatial velocity of the camera as $\xi = (\mathbf{v}, \boldsymbol{\omega})$; where v is the linear speed of the origin of the camera and ω is the angular speed of the camera. The relationship between $\dot{\mathbf{s}}$ and ξ is given by:

$$\dot{\mathbf{s}} = \mathbf{L}\xi \quad (2)$$

Where

$\dot{\mathbf{s}}$ is the speed of the target objects,
 \mathbf{L} is the interaction matrix,
 ξ is the speed vector of the webcam.

By solving (1) with (2), the dynamic equation for the error can be written as:

$$\mathbf{e}'(\mathbf{t}) = \mathbf{L}\xi \quad (3)$$

Where $\mathbf{e}'(\mathbf{t})$ is the time variation of the error. The Lyapunov function can be used as a control law for the square-of-error,

$$\dot{\mathbf{s}} = \mathbf{L}^{-1}(-k\mathbf{e}) \quad (4)$$

2.3. Mathematical Model of Image-based Visual Servoing

The purpose of the image-based visual serving is to reduce positional errors of the target objects in images captured by the camera when the autonomous mobile robot is in motion. The control system continuously adjusts the velocity of the mobile robot wheels based on the outputs of the control system (Lang et al. 2016), so that the paths of the target objects $\mathbf{u}_i, \mathbf{v}_i$ navigate to the wanted sites $\mathbf{u}_{di}, \mathbf{v}_{di}$ on the camera picture. Thus, the error vector of the target objects in the image plane is written as follows:

$$\mathbf{e} = \begin{bmatrix} \mathbf{u} & -\mathbf{u}_d \\ \mathbf{v} & -\mathbf{v}_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -s_x(\mathbf{r} - \mathbf{r}_d) \\ -s_y(\mathbf{c} - \mathbf{c}_d) \end{bmatrix} \quad (5)$$

Where

s_x and s_y both of it delineate scales of image pixels of the camera,

\mathbf{r} and \mathbf{c} are pixel coordinates

The speed of the target objects can be written by the following equation:

$$\dot{\mathbf{e}} = \begin{bmatrix} \frac{d(\mathbf{u}-\mathbf{u}_d)}{dt} \\ \frac{d(\mathbf{v}-\mathbf{v}_d)}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{u}} \\ \dot{\mathbf{v}} \end{bmatrix} \quad (6)$$

By substituting (6) into (3), we get the equation as follow:

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{u}} \\ \dot{\mathbf{v}} \end{bmatrix} = \mathbf{L}\xi \quad (7)$$

If we suppose the error dynamics satisfies $\dot{\mathbf{e}} = -k\mathbf{e}$, a proportional controller based on Lyapunov theory can be designed as follows:

$$\xi = \mathbf{L}^{-1}(-k\mathbf{e}) \quad (8)$$

Here $k > 0$ and k is proportional gain, thus the control law can be obtained by substituting (5) into (8) as follows:

$$\xi = -k\mathbf{L}^{-1} \begin{bmatrix} -s_x(\mathbf{r} - \mathbf{r}_d) \\ -s_y(\mathbf{c} - \mathbf{c}_d) \end{bmatrix} \quad (9)$$

Here, \mathbf{r} and \mathbf{c} describe the pixel coordinates in the captured figure via camera. The required speed of the camera at the 3D space can be computed from the image measurements. Furthermore, the improved controller guarantees asymptotic stability in a closed-loop design. Equation (9) contains the interaction matrix that explains the motion relationship between the camera in three-dimensional space and the target objects in the image in terms of their respective speeds. We can write the interaction matrix in a detailed formulation as follows:

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{u}} \\ \dot{\mathbf{v}} \end{bmatrix} = \mathbf{L}\xi = \begin{bmatrix} -\frac{\lambda}{z^c} & \mathbf{0} & \frac{u}{z^c} & \frac{uv}{\lambda} & -\frac{\lambda^2+u^2}{\lambda} & \mathbf{v} \\ \mathbf{0} & -\frac{\lambda}{z^c} & \frac{v}{z^c} & \frac{\lambda^2-u^2}{\lambda} & -\frac{uv}{\lambda} & -\mathbf{u} \end{bmatrix} \xi \quad (10)$$

Where

λ is the focal length,
 z^c is the distance between the camera coordinate in 3D space and the object of interest.

To complete the interaction matrix, the distance must be either approximated or measured. In some applications, if we do not have a direct way to measure the distance, we can estimate it.

3. Construction of Autonomous Mobile Rescue Robot

The construction of the mobile robot is based on many studies and models (Baldemir et al. 2020, Bhondve et al. 2014, Bishop et al. 2005, Dissanayake et al. 2006, Habibian et al. 2021, Kayisli et al. 2017, Keçeci 2009, Liu et al. 2016, Sucuoğlu et al. 2018, Tyugin et al. 2019, Zhang et al. 2020), the structure should be suitable for the anonymous environment as much as possible. Depending on many previous studies, the autonomous mobile robot relies on suitable motor torques, sufficient to carry the tools used for mobile robot and low speed. Schematic representation of system electronics and their connections is given in Figure 3. A high-resolution camera is used for capturing live video images of the surrounding environment. A laptop computer with CORE i7 processor is used in the robot. A detailed list of other equipment used in robot construction is provided in Table 1.

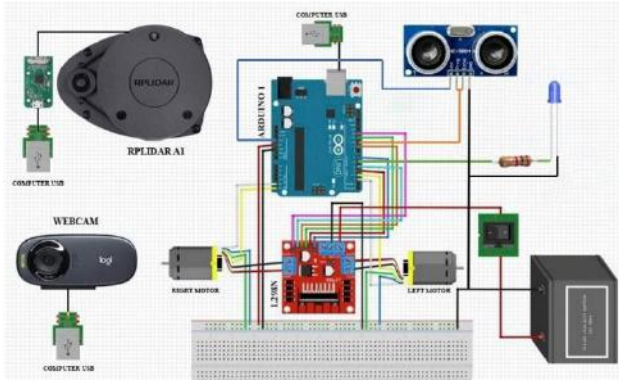


Figure 3. Electronic circuit of autonomous mobile robot.

In this study, it is aimed to design a small prototype of the mobile robot as shown in Figure 4 to test the control design part. The dimensions of the robot are 45 cm in length, 35 cm in width, and 42 cm in height. total weight is 3.5 kg including the electronic equipment used for mobile robot and to recognize the victims easily. In designed robot structure, completely open box on the left side is preferred to provide convenience in input-output connections of the laptop as shown in Figure 4.b, and the right side is made up of three shelves placed in the form of stairs in order to connect the wires easily as shown in Figure 4.a. The RPLIADER is placed at the front of the top of the upper shelf because the surrounded area should be empty to give accurate values. The camera is placed in the middle of the second shelf in order to record live videos of several positions of the victims like the victim completely on the floor, half lying on the ground or half lying on a chair. The ultrasonic sensor is used in order to stop the

robot when it approaches the victim at a very small distance before crashing into them as shown in Figure 4.d. The LED is supposed to turn on when the camera captures the victim and turn off when no victim is captured. We rely on two wheels from the back Figure 4.c and castor wheels in the front for ease of movement in different directions as shown in Figure 4.d.

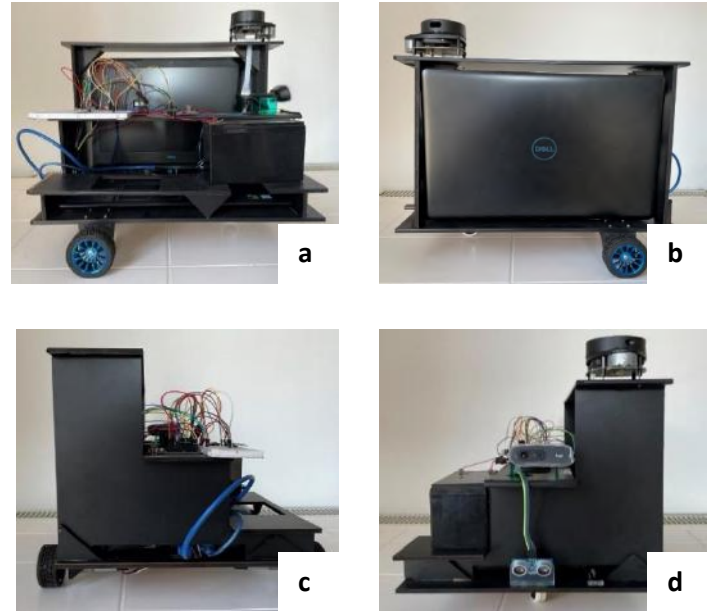


Figure 4. Physical structure of constructed autonomous mobile robot as seen in right view (a), left view (b), back view (c), and front view (d)

Table 1. Equipment used in robot construction

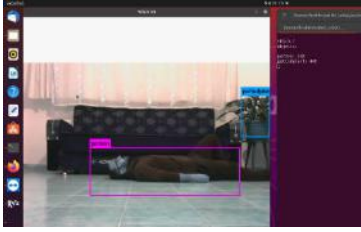
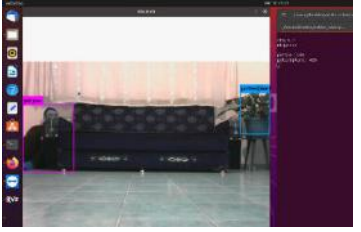
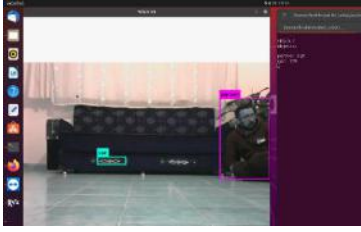
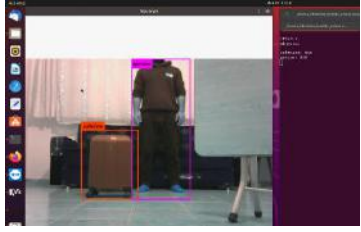
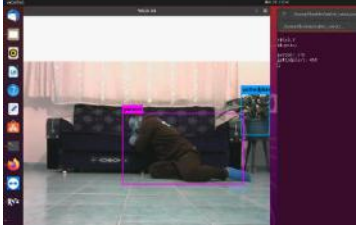
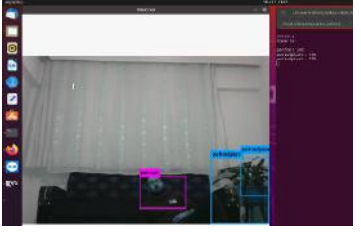
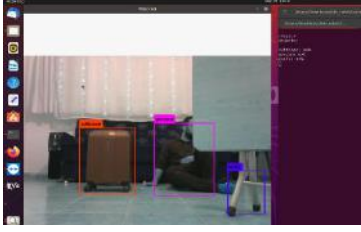
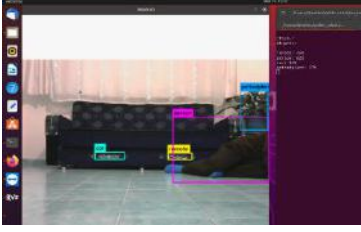
| | |
|-------------------|---|
| USB Webcam | The C270 HD webcam can record video data obviously and smoothly with max resolution 720p/30fps in a widescreen format with a diagonal 55° field. |
| Computer | The specification of used computer: <ul style="list-style-type: none"> • Processor Intel(R) Core (TM) i7-8750H CPU @ 2.20GHz 2.21 GHz • Installed RAM 16.0 GB (15.9 GB usable) • System type 64-bit operating system, x64-based processor |
| RPLIDAR A1M8 | Based on the laser triangulation scope principle, which uses high-velocity vision acquisition and processing devices. RPLIDAR A1M8 is a 2D laser scanner and can perform a 360 scan within 12 meters range (6 meters range of A1M8-R4). The 2D points created can be used in mapping, localization and obstacles avoidance. RPLIDAR A1 can work perfectly in indoor environments. |
| Arduino | It is an open-source electronics platform that is easy to use as hardware and software. The Arduino board can read inputs such as sensor signals, pushbuttons, or a tweet message and convert them into an output such as turning a motor on/off, turning LED on/off. |
| DC motor | Two DC motors with an encoder are used with a power supply of 12v, speed 76 RPM and current 0.2 A. In the maximum efficiency 12v, speed 66 RPM and current 0.74 A. |
| L298N | The L298N control the direction and speed of two motors at the same time because it has a dual H-Bridge motor driver and generates PWM single. |
| Ultrasonic Sensor | Distance ratings between 0.2 to 18 meters. |
| Power Supply | TTEC plus FP1270 12V 7AH-20HR is preferred for it does not need maintenance. |
| The castor wheels | Which allow the robot to move in any direction are also used. |
| Signal LED | Blue LED turn on when the robot detects the victim and turn off when the robot does not detect the victim. |

Table 2. Test results of mobile robot for different scenarios

| Location | Applied tests | Accuracy | Applied tests | Accuracy | Applied tests | Accuracy |
|------------|------------------------|----------|---|----------|--|----------|
| House | 32 tests, no obstacles | 96.875 % | 32 tests, different types of obstacles, sparsely located. | 81.250 % | 32 tests, different types of obstacles, closely located. | 62.250% |
| Laboratory | 8 tests, no obstacles | 87.500% | 8 tests, different types of obstacles, sparsely located. | 75.000% | 8 tests, different types of obstacles, closely located. | 50.000% |
| Office | 12 tests, no obstacles | 91.667% | 12 tests, different types of obstacles, sparsely located. | 83.334% | 12 tests, different types of obstacles, closely located. | 58.334% |

Accuracy = number of successful tests / number of test cases.

Table 3. Victim detection results in different positions

| | | | |
|--|---|---|---|
| The victim is completely on the floor and the YOLO detection percentage for the victim is 38%. |  | The victim is sitting on the floor next to the sofa and the YOLO detection percentage for the victim is 93%. |  |
| The victim is half laying on the ground and the YOLO detection percentage for the victim is 92%. |  | The victim is between two obstacles (suitcase and table) and the YOLO detection percentage for the victim is 91%. |  |
| The victim is half lying on the sofa and the YOLO detection percentage for the victim is 57%. |  | Only the upper part of the victim is visible and the YOLO detection percentage for the victim is 34%. |  |
| The victim is sitting on the floor between two obstacles (suitcase and table) and the YOLO detection percentage for the victim is 89%. |  | Only the lower part of the victim is visible and the YOLO detection percentage for the victim is 49%. |  |

3. Results and Discussion

Experimental results with various environments have been tested in real environments with different positions of obstacles, and the results have shown the flexibility of the mobile robot in avoiding obstacles as well as detecting victims accurately. The results are satisfactory for many search and rescue applications of various scenarios, as presented in Table 2 and Table 3. The first experimental test is in a house with two rooms, the size of the whole perimeter is $5.5 \times 5.5 = 30.25 \text{ m}^2$ as shown in Figure 5. The second experimental test is conducted in laboratory, 12 meters in length and 8 meters in width as shown in Figure 6. The third one in an office with three rooms as shown in Figure 7. The

victims in various situations are detected successfully by using YOLO V3 as shown in Table 3. Also, obstacle avoidance is achieved successfully by using RPLIDAR A1M8 and an ultrasonic sensor. Many tests have been conducted depending on victims and obstacles, the first test is for one victim without obstacles in the tested area and the robot moves directly to the victim smoothly. For the case of one victim with one obstacle on the mobile robot path, the tests have shown accurate results to reach the final goal and avoid the obstacle. For the case of one victim with more than two obstacles on the path, the tests have shown good results except that the mobile robot loses the path to reach the final target many times if the two obstacles are too close to each other, if the distance between the obstacles is less than 50

cm. Finally, in narrow corridors less than 50 cm wide, the mobile robot cannot pass easily and in some cases, it is stuck in the corridor. All test scenarios conducted separately in three different locations are given and results are summarized in Table 2.

Finding victims in a disaster area is a difficult problem for rescue teams, so many robots have been designed and developed to perform the process of recognizing victims using object recognition algorithms. Among the most commonly used single-stage detectors are YOLO v3, YOLO v2, Retina Net and SSD that satisfy this aim (Gelan 2019). For all body postures in different positions in cases of fully visible and partially occluded, the tests show that the YOLO algorithm has the highest precision rates (Redmon 2016). In our study, we use the YOLO v3 algorithm to identify victims in various positions, such as lying, under the rubble or trapped, and when their bodies may be partially visible. We capture images of victims from the mobile robot with the camera situated at 35cm from the ground level, and results of victim detection performances are depicted in Table 3.

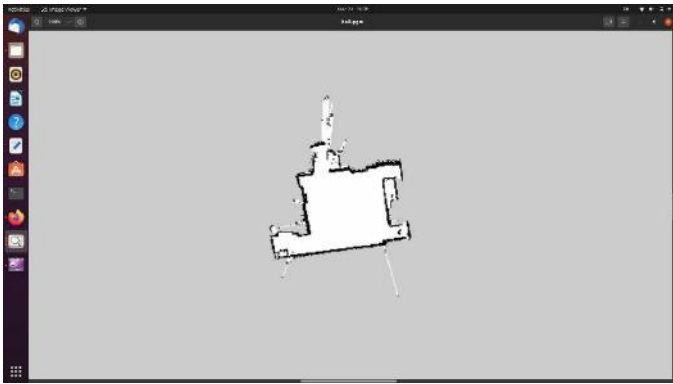


Figure 5. A map created from the tested house.

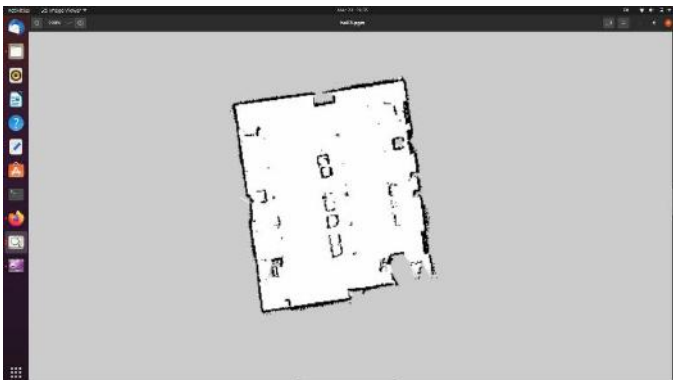


Figure 6. A map created from the laboratory.

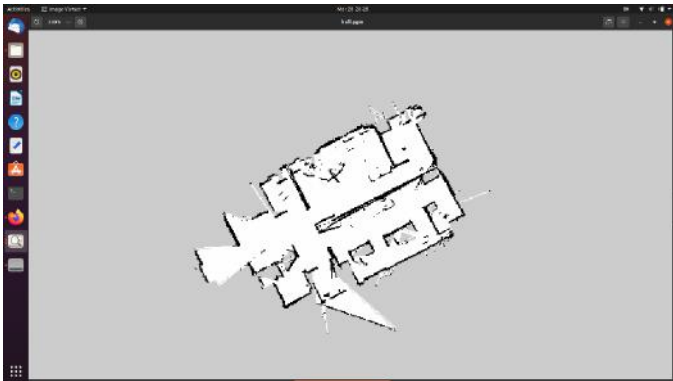


Figure 7. A map created from the office.

4. Conclusions and Recommendations

In this research, the design and construction of an autonomous mobile rescue robot with visual feedback is presented. The autonomous mobile robot is designed to search for the victims in indoor areas after disasters like earthquakes or explosions, and also to transfer the collected data about the area and the victim's position. The designed prototype of the autonomous mobile robot has given sufficiently accurate results. Experiments have been conducted in the real environment in order to observe robot movement and validate the results on victim detection, map construction and path planning. Test results justify the prospective value of the designed autonomous mobile robot in search and rescue missions. In future, further improvements on the robot are planned via optimisation in robot design for real rescue missions in harsh environments.

In the upcoming studies, further improvements on the autonomous mobile robot are planned via optimization in robot design for actual rescue missions in harsh environments. First, the prototype of an autonomous mobile robot can be developed to do more tasks, such as helping victims or carrying them to safer places, also in some cases delivering first aid to locked people under rubbles. Our autonomous mobile robot could be integrated with other mobile robots to do full missions, for example, connect with a robot arm to carry victims. On the other hand, the victim detection algorithm could be developed to determine whether the people in disaster areas stay alive, injured or dead, and achieve the necessary process to save their life.

References

- Alatise, M. B., & Hancke, G. P. (2020). A review on challenges of autonomous mobile robot and sensor fusion methods. *IEEE Access*, 8, 39830-39846.
- Azeta, J. B. (2019). An android based mobile robot for monitoring and surveillance. *Procedia Manufacturing*, p. 6.
- Azeta, J., Bolu, C. A., Hinvi, D., Abioye, A. A., Boyo, H., Anakhu, P., & Onwordi, P. (2019). An android based mobile robot for monitoring and surveillance. *Procedia Manufacturing*, 35, 1129-1134.
- BALDEMİR, Y., İYİĞÜN, S., MUSAYEV, O., & Cenk, U. L. U. (2020). Design and Development of a Mobile Robot for Search and Rescue Operations in Debris. *International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers*, 8(4), 133-137.
- Bhondve, T. B., Satyanarayan, R., & Mukhedkar, M. (2014). Mobile rescue robot for human body detection in rescue operation of disaster. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, 3(6), 9876-9882.
- Bishop, B. E., Crabbe, F. L., & Hudock, B. M. (2005). Design of a low-cost, highly mobile urban search and rescue robot. *Advanced Robotics*, 19(8), 879-899.
- Dissanayake, G., Paxman, J., Miro, J. V., Thane, O., & Thi, H. T. (2006, August). Robotics for urban search and rescue. In *First international conference on industrial and information systems* (pp. 294-298). IEEE.
- Gelan, A. A. (2019). AUTONOMOUS SEARCH AND RESCUE ROBOT USING ROS PLATFORM. NEAR EAST UNIVERSITY.

- Habibian, S., Dadvar, M., Peykari, B., Hosseini, A., Salehzadeh, M. H., Hosseini, A. H., & Najafi, F. (2021). Design and implementation of a maxi-sized mobile robot (Karo) for rescue missions. *Robomech Journal*, 8(1), 1-33.
- Huang, A. S., Bachrach, A., Henry, P., Krainin, M., Maturana, D., Fox, D., & Roy, N. (2017). Visual odometry and mapping for autonomous flight using an RGB-D camera. In *Robotics Research* (pp. 235-252). Springer, Cham.
- Iuga, C., Drăgan, P., & Buşoniu, L. (2018). Fall monitoring and detection for at-risk persons using a UAV. *IFAC-PapersOnLine*, 51(10), 199-204.
- Kayisli, K., Tezel, C., Gunay, O., & Demir, E. (2017). Design and Implementation of a Tank Rescue Robot Controlled with Android Software. *International Journal of Engineering Science and Application*, 1(1), 18-23.
- Kececi, E. F. (2009). Design and prototype of mobile robots for rescue operations. *Robotica*, 27(5), 729-737.
- Koubâa, A. (Ed.). (2017). *Robot Operating System (ROS)* (Vol. 1, pp. 112-156). Cham: Springer.
- Lang, H., Khan, M. T., Tan, K. K., & de Silva, C. W. (2016). Application of visual servo control in autonomous mobile rescue robots. *International Journal of Computers Communications & Control*, 11(5), 685-696.
- Liu, Y., Zhong, Y., Chen, X., Wang, P., Lu, H., Xiao, J., & Zhang, H. (2016, August). The design of a fully autonomous robot system for urban search and rescue. In *2016 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA)* (pp. 1206-1211). IEEE.
- Moosavian, S. A. A., Semsarilar, H., & Kalantari, A. (2006, October). Design and manufacturing of a mobile rescue robot. In *2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* (pp. 3982-3987). IEEE.
- O'Kane, J. M. (2014). *A gentle introduction to ROS*.
- Quigley, M., Gerkey, B., & Smart, W. D. (2015). *Programming Robots with ROS: a practical introduction to the Robot Operating System*. " O'Reilly Media, Inc."
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 779-788)/
- Rubio, F., Valero, F., & Llopis-Albert, C. (2019). A review of mobile robots: Concepts, methods, theoretical framework, and applications. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 16(2), 1729881419839596.
- Saputra, R. P., & Kormushev, P. (2018, July). Resqbot: A mobile rescue robot with immersive teleperception for casualty extraction. In *Annual Conference Towards Autonomous Robotic Systems* (pp. 209-220). Springer, Cham.
- Saputra, R. P., & Kormushev, P. (2018, July). Resqbot: A mobile rescue robot with immersive teleperception for casualty extraction. In *Annual Conference Towards Autonomous Robotic Systems* (pp. 209-220). Springer, Cham.
- Sucuoglu, H. S., Bogrekci, I., & Demircioglu, P. (2018). Development of mobile robot with sensor fusion fire detection unit. *IFAC-PapersOnLine*, 51(30), 430-435
- Tyugin, D. Y., Belyakov, V. V., Kurkin, A. A., Zeziulin, D. V., & Filatov, V. I. (2019). Development of the ground mobile robot with adaptive agility systems. *Procedia Computer Science*, 150, 287-293.
- Zhang, X., Lai, J., Xu, D., Li, H., & Fu, M. (2020). 2D LiDAR-based SLAM and path planning for indoor rescue using mobile robots. *Journal of Advanced Transportation*, 2020.



Forecasting Cryptocurrency Prices Using Long Short-Term Memory

Fırat Erdoğan¹, Ufuk Cebeci^{2*}

¹ Istanbul Technical University, Management Faculty, Industrial Engineering Department, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4367-6206)

² Istanbul Technical University, Management Faculty, Industrial Engineering Department, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7589-9239)

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1134210)

ATIF/REFERENCE: Erdoğan, F. & Cebeci, U. (2022). Forecasting Cryptocurrency Prices Using Long Short-Term Memory. *European Journal of Science and Technology*, (37), 72-75.

Abstract

Since the 1950s a discipline called 'Artificial Intelligence' has been gaining significant popularity. The curiosity about creating computers that can think and produce information like human beings has allowed scientists and computer engineers to contribute to this field. Many components such as robots, softwares and algorithms have been produced due to this purpose. Like various disciplines, Artificial Intelligence has been branched into several sub-disciplines. One of these branches is named 'Machine Learning'. Machine Learning has different types of sub-branches such as Supervised Learning, Unsupervised Learning and Deep Learning. Deep Learning is the main Machine Learning technique used in this study. The ability to cope with complex situations allows Deep Learning models to be used in different application areas widespread. Predicting cryptocurrency prices can be counted as one of these applications. Because of investors' desire to observe the cryptocurrency prices trend and reduce the investment risk using an effective method is becoming crucial. For this purpose, we created a Long Short-Term Memory which is a type of Deep Learning with the appropriate parameters via Python programming language. The dataset which is used to feed this model was obtained from the internet. After running the algorithm with this dataset, the validity of the model is calculated by a statistical tool called Mean Square Error. To visualize the effectiveness of the model's output, a Python programming language library known as Matplotlib was chosen. Also, after the reviewing results of the model required interpretations and information about future studies will be explained by us in the Conclusion chapter.

Keywords: Cryptocurrency, Deep Learning, Long Short-Term Memory, Forecasting

Uzun Kısa-Sürelili Bellek ile Kripto Para Fiyatlarının Tahmini

Öz

Yapay Zeka 1950'lerden buy ana önemli popülerlik kazanan disiplinlerden birisidir. İnsanlar gibi düşünen ve bilgi üreten bilgisayarların tasarlanmak istemesi bilim insanları ve bilgisayar mühendislerinin bu alana katkı yapmasına olanak tanımıştır. Robotlar, yazılımlar ve algoritmalar gibi araçlar bu amaç doğrultusunda üretilmiştir. Birçok diğer disiplin gibi Yapay Zeka'da farklı alt disiplinlere ayrılmıştır. Bu dallardan biri 'Makine Öğrenmesi' olarak adlandırılmıştır. Makine Öğrenmesi'nin Gözetimli Öğrenme, Gözetimsiz Öğrenme ve Derin Öğrenme gibi alt disiplinleri vardır. Derin Öğrenme bu çalışmada kullanılan Makine Öğrenmesi tekniğidir. Kompleks durumlarla başa çıkma özelliği Derin Öğrenme modellerinin farklı alanlarda yaygın olarak kullanılmasına olanak tanır. Kripto para fiyatlarını tahmin etmek bu uygulamalara örnek olarak verilebilir. Yatırımcıların kripto para fiyatlarındaki trendi gözlemlenme ve yatırım riskini azaltma isteği sebebiyle etkin bir yöntem kullanmak oldukça önemlidir. Bu amaçla Derin Öğrenme'nin bir çeşidi olan uygun parametrelere sahip Python programlama dili ile yazılmış bir Uzun Kısa-Sürelili Bellek modeli bizler tarafından oluşturulmuştur. Modeli beslemek için kullandığımız veri seti internetten alınmıştır. Bu veri seti ile algoritma çalıştırıldığı zaman modelin geçerliliğini hesaplamak için ise Ortalama Kare Yöntemi denilen bir istatistiksel araca başvurulmuştur. Modelin çıktılarını görselleştirmesi içinse Python dili için yazılmış Matplotlib kütüphanesi tercih edilmiştir. Bunun yanı sıra, modeli değerlendirdikten sonra gerekli yorumlar ve geleceğe yönelik çalışmalar hakkında bilgi tarafımızca sonuçlar kısmında sağlanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kripto Para, Derin Öğrenme, Uzun Kısa-Sürelili Bellek, Tahmin

1. Introduction

After World War II, many countries decided to accelerate their developments to become victorious against their opponents. Some important and era changer scientific researches were conducted during these years. Artificial Intelligence (AI) was one of the prominent fields that were created as a result of the efforts. Especially, studies conducted by famous computer scientist and mathematician called Alan Turing can be counted as pioneers of artificial intelligence technology. The article called ‘Computing Machinery and Intelligence’ by Alan Turing is published in 1950 and has been considered a revolutionary work by many people. [1] After the publication of this article, several works maintained by various scientists and experts have started to increase dramatically. However, in the 70s some opposing views arose. These views included negative consequences that were thought to have a high probability of occurrence. As a result of the negative criticisms studies related to Artificial Intelligence were halted for a while and developments related to this field could not appear significantly. But, when the 1980s arrived the negative approach toward Artificial Intelligence has started to change. Many studies have begun to arise and new methods have been created during these years. This trend continued in the 1990s. Some inventions such as Deep Blue showed the world that machines can behave like human beings. For example, the mentioned computer ‘Deep Blue’ could be able to defeat Garry Kasparov, one of the greatest chess players, in a chess game. This ability can be assessed as incredible, but it is not exactly like that. Because most Artificial Intelligence products and applications can handle only one task. To improve these technologies and applications, AI is divided into a few sub-disciplines. Machine Learning (ML) is one of the branches of AI. Machine Learning is a method that aiming computers to learn and produce output on their own. Like AI, Machine Learning has also a few sub-branches. One of the components of these branches is called ‘Deep Learning’. Deep Learning is a Machine Learning Method that imitates the human brain. As the human brain uses its nerve cells for transporting impulses, in Deep Learning models artificial neural networks are executing the same operation. Some components of Deep Learning models such as Layers, Nodes and Activation Functions are assisting the model to cope with the data handling process. Thus, Deep Learning models become able to solve complex problems and produce a valid output. This ability is the main reason for the widespread utilization of Deep Learning models.

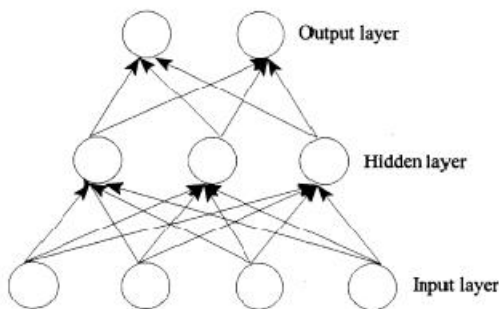


Figure 1. General Structure of a DL Model [2]

On the other hand, it is seen that cryptocurrencies have been gaining popularity in the last decade. Cryptocurrencies are virtual money types that were mainly created for escaping government control policies on economical activities. Some types such as Bitcoin, Litecoin and Ether can be given as essential examples of cryptocurrencies. They caught the attention of many people when they were first introduced to the market area but, their popularity skyrocketed especially in 2017. Since this year, many investors put their money into cryptocurrencies to obtain more profit. At this point, establishing some methods to reduce the investment risk becomes more crucial for related people. Deep Learning is one of the best alternatives for this purpose. The Ability of processing datasets for complex issues, allows Deep Learning Model to produce valid outcomes. So in this study, we will try to create a Deep Learning model that can predict cryptocurrency values according to the date of each element of the dataset after being trained by a historical dataset.

2. Material and Method

2.1. Material

For establishing the price prediction Deep Learning model, a proper dataset is required for the training of the model. As mentioned in the abstract, the appropriate dataset which is containing relevant information about cryptocurrency values is obtained from a website called ‘<https://min-api.cryptocompare.com/>’. On this website, users can find data tables of cryptocurrencies which is including some necessary information such as date, highest-lowest price and closed value. These types of information can be obtained through a link provided by this website. This link was used while gathering the dataset for the price forecasting model. Moreover, users can obtain the dataset for different types of currencies such as the US Dollar, Euro and Canadian Dollar. For our model, we have chosen Euro as the cryptocurrency price to be converted into and Bitcoin as the correspondent cryptocurrency type. To see the dataset more clearly, the table below should be consulted:

Table 1. First Five Elements of Our Dataset

| time | high | low | open | volumefrom | volumeto | close |
|------------|----------|----------|----------|------------|------------|----------|
| 2020-12-30 | 36960.45 | 34936.99 | 35231.98 | 132.96 | 4791836.13 | 36920.20 |
| 2020-12-31 | 37191.61 | 35448.55 | 36920.20 | 144.15 | 5262525.40 | 36626.94 |
| 2021-01-01 | 37288.09 | 35899.74 | 36626.94 | 99.59 | 3644271.18 | 36701.49 |
| 2021-01-02 | 40728.34 | 35192.06 | 36701.49 | 211.87 | 8156208.77 | 39585.56 |
| 2021-01-03 | 42233.31 | 34462.09 | 39585.56 | 245.68 | 9734913.75 | 40353.36 |

We have a total of 501 components in the dataset. The list of the dataset is very long, so that is why only the first five data are printed above. Each data is consisting of seven titles and titles except time and close are our model’s input while ‘close’ is the target. After obtaining the results ‘Time’ expression will be used for creating graphics to understand the model validity better.

2.2. Method and Application

For establishing the model, we decided to follow four steps. These steps are including obtaining real-time data on cryptocurrency prices, splitting the dataset into training and test parts, conducting a prediction operation using the Deep Learning technique and assessing the validity of the model. The data for the model was gathered from the relevant website, so the first step was accomplished. To execute the remaining step we decided to use the Python programming language which we launched from Google COLAB. After importing the dataset to the COLAB interface we split the whole dataset into 'training' and 'test' groups. %80 of the dataset was decided to be the training set and the remaining chapter was used as the test set. Normally, Python does not contain any element to execute this operation. So, external libraries such as Scikit-learn and Keras were used for our model. Here, the graphic of our dataset can be seen below:



Figure 2. Splitting Dataset into Training and Test Sets

The third step is the most important chapter of our study. Because we have built the prediction algorithm in this chapter. The first movement conducted here is data normalization. Data normalization is a process that aiming reduction of unnecessary components such as repeated data. [3] In addition to data normalization, a transaction called 'data extracting' was conducted immediately after the previous step. Because we need only input variables for training the model we should have to eliminate the unnecessary ones. After arranging the data the conditions required to build a Deep Learning model become appropriate. At this point, selecting the correct Deep Learning technique is a very significant factor. For our model, we decided to use Long Short Term Memory (LSTM) technique for establishing a price prediction algorithm. The main reason for selecting the LSTM method is its ability to include feedback connections. Thus, LSTM layers can use the information stored in the previous layers instead of the current ones. [4] Instead of the used Deep Learning technique some model components such as the number of neurons, type of the activation function and model error calculation technique are playing an important role in the study. Well, if the number of neurons is lower the model cannot produce the correct output. On the other hand, if the number of neurons is higher the model will become too complex and hard to be executed. So, before deciding the neuron number trying different parameters is recommended. Furthermore, the other element called 'Activation Function' can impact the model mechanism and output. Functions such as sigmoid, tanh and linear are the most common ones to be used in Deep Learning models. It is hard to predict which one is better, so trying each

one would be preferred by developers. In this study, all of them were tried before comparing outputs. Also, there is another parameter called 'Epoch' is included in Deep Learning models. Epoch is an equivalent term to 'tour'. So, the number of epochs is affecting the performance and output of the Deep Learning structures. For a clear output, all of those parameters are stored in a Python function placed in our code block. Also, to evaluate the error for the model a statistical method called 'Mean Squared Error' was chosen. Mean Squared Error (MSE) is measuring the mean of the difference between calculated output and the actual value. Thus, possible negative outcomes will be eliminated with the help of this tool. [5] Besides the error calculation method, optimizers are another element of a Deep Learning algorithm. Optimizers are a type of function that schedules attributes of neural networks like weights and learning rate. The main purpose of optimizers is to reduce the overall loss and improve the efficiency of artificial neural networks. [6] Because optimality can only be achieved after implementing a way. If we go back to the model, the parameters were set up according to many trials conducted by us. The number of neurons is chosen as 100 because the error has increased otherwise. Also, the amount of epochs is fixed to an amount of 30. As the number of neurons, the number of epochs was chosen after many trials. The next step after setting the parameters is running the code of our model. Running the code makes us able to obtain the result. The result and the error rate which is illustrating our model's validity will be provided in the Results chapter.

3. Results and Discussion

3.1. Results

After 30 epochs, the results of our model could be produced as mentioned in the previous chapter. We decided to use the Mean Absolute Error method for a correct assessment. The error was calculated as %0.029 approximately. This value can be classified as a low value. Furthermore, a graphic created with the assistance of an external Python library called 'Matplotlib' can present a visualization for a better understanding of our model's accuracy level. After the forecasting operation, we gathered real-time data when the time has come. Thus, a graphic that includes the comparison of the actual and predicted data could be created. Below, this graphic can be seen:

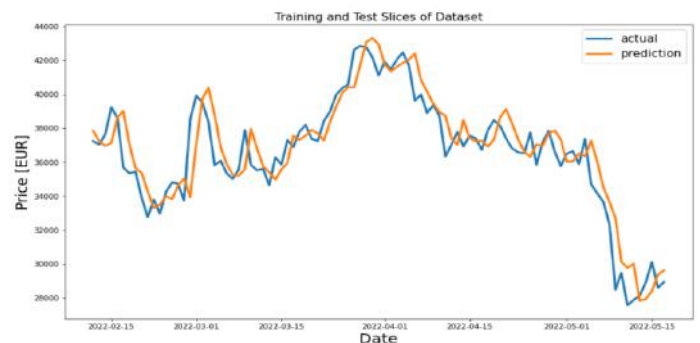


Figure 3. Comparison of Real Data and Prediction Results (EUR)

Also, to ensure the model validity we decided to use the same model for a different type of currency: the US Dollar. This time the error rate was evaluated as %0.028. It is similar to the previous operation, but the error rate is a little bit smaller. So, we

can determine that the consequences are similar, and the validity of our model is registered. Another graphic presented below is illustrating the comparison between real data and predicted ones like the first one, but this time it is using US Dollar as the base:



Figure 4. Comparison of Real Data and Prediction Results (USD)

According to these two graphics, our model is generally seen as successful. The difference between the two lines is appropriate. This means that we are successful to escape from overfitting and underfitting problems.

4. Conclusions and Recommendations

As mentioned in the introduction, Deep Learning is an effective approach to solving complex problems. With the assistance of its components such as layers, nodes, and activation functions Deep Learning models' ability to handle hard issues will result in their popularity to become higher. In this study, we provided a Deep Learning technique called Long Short-Term Memory for producing forecasted cryptocurrency prices. We gathered historical data from a particular website and fed this dataset into our model. After conducting some necessary data transactions, we formed an algorithm via Python programming language. According to error rate that calculated countless experiments, we finally found out the true parameters. Moreover, using a statistical validation calculation tool (MSE) allowed us to determine the effectiveness of our model. Also, for better understanding we used visualization methods in our model and created relevant graphics for better grip. The produced results turned out as we wanted. The error rate for two trials was calculated at low levels and we did not observe some problems such as underfitting and overfitting. Thus, the inference emphasizing that the model is valid can be made due to this outcome.

On the other hand, some other studies were conducted before our work. In one of them, the researchers used different types of Deep Learning techniques for cryptocurrency price prediction. They used the GRU method besides the LSTM. According to their outputs, GRU performs at higher speeds, but when the data amount increases LSTM is producing less error. [7] So, the reliability of the LSTM models is proven again via this study. But this does not mean that other methods should not be used. Techniques such as Recurrent Neural Networks, Convolutional Neural Networks and Restricted Boltzmann Machines should be used in the future for clear results. Also, another Artificial Intelligence methods can be chosen for this type of studies for observing the different outcomes.

In short, it is proven that the Long Short-Term Memory method is a valid technique for predicting cryptocurrency prices in this study. If similar types of studies become more widespread, people who want to reduce investment risk can benefit from these developments.

References

- [1] Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. *California management review*, 61(4), 5-14.
- [2] Basheer, I. A., & Hajmeer, M. (2000). Artificial neural networks: fundamentals, computing, design, and application. *Journal of microbiological methods*, 43(1), 3-31.
- [3] Doherty, K., Adams, R. G., & Davey, N. (2004). Non-Euclidean norms and data normalisation. In *Proceedings of the European Symposium on Artificial Neural Networks Bruges (Belgium), 28-30 April 2004*, d-side publi., ISBN 2-930307-04-8, pp. 181-186
- [4] Yu, Y., Si, X., Hu, C., & Zhang, J. (2019). A review of recurrent neural networks: LSTM cells and network architectures. *Neural computation*, 31(7), 1235-1270.
- [5] Frost, J., (n.d). *Mean Squared Error (MSE)*. Retrieved from <https://statisticsbyjim.com/regression/mean-squared-error-mse/>
- [6] Choi, D., Shallue, C. J., Nado, Z., Lee, J., Maddison, C. J., & Dahl, G. E. (2019). On empirical comparisons of optimizers for deep learning. *arXiv preprint arXiv:1910.05446*.
- [7] Awoke, T., Rout, M., Mohanty, L., & Satapathy, S. C. (2021). Bitcoin price prediction and analysis using deep learning models. In *Communication Software and Networks* (pp. 631-640). Springer, Singapore.



GoToUni: A Mobile Application Suggestion for Carpooling

Güzin Tirkeş^{1*}, Elif Yörükçü², Beyza Özbilen³, Simay Alkan⁴, Can Akgül⁵

¹Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0884-4876)

²Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9120-9595)

³Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4690-6268)

⁴Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0875-5312)

⁵ Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1401-7535)

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1134340)

ATIF/REFERENCE: Tirkeş, G., Yörükçü, E., Özbilen, B., Alkan, S. & Akgül, C. (2022). GoToUni: A Mobile Application Suggestion for Carpooling. *European Journal of Science and Technology*, (37), 76-80.

Abstract

This study aims to develop a mobile application for university students to make their transportation easier by carpooling. This application is designed especially for students who may not be able to come or leave the university of their opportunity. GoToUni application allows students to see the live location and schedule of the drivers on the Google Map and send a carpooling request. Drivers can respond to requests as well. Communication between the passengers and drivers will be provided. University members can only use the GoToUni application to prevent security concerns. This application is developed with Android Studio to be used on Android devices. Our goal is to bring together drivers and passengers commuting to universities simultaneously and route.

Keywords: Carpooling, Mobile Application, Android Application.

GoToUni: Araba Paylaşımı İçin Mobil Uygulama

Öz

Bu çalışma, üniversite öğrencilerinin araç paylaşımı yaparak ulaşımını kolaylaştıracak bir mobil uygulama geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu uygulama özellikle kendi imkanlarıyla üniversiteye gelemecek veya üniversiteden ayrılamayacak öğrenciler için tasarlanmıştır. GoToUni uygulaması, öğrencilerin Google Harita üzerinde sürücülerin canlı konumlarını görmelerini, geliş/gidiş programlarını görmelerini ve araç paylaşımı talebi göndermelerini sağlar. Sürücüler de istekleri kabul edebilir/reddedebilir. Üniversiteye ulaşmak isteyen yolcular ile arabası olan üyeler arasındaki iletişim sağlanacaktır. Diğer araba paylaşım uygulamalarının güvenlik sorunları vardır, bu nedenle GoToUni uygulaması güvenlik endişelerini önlemek için yalnızca Üniversite üyeleri tarafından kullanılabilir. Bu uygulama Android cihazlarda kullanılmak üzere Android Studio ile geliştirilmiştir. Amacımız sürücü ve yolcu üniversiteye giderken ya da çıkarken aynı anda ve rotada buluşturmadır.

Anahtar Kelimeler: Araba paylaşımı, Mobil Uygulama, Android Uygulama.

* Corresponding Author: Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, ORCID: 0000-0003-0884-4876, guzin.tirkes@atilim.edu.tr

1. Introduction

Nowadays, traveling by car is popular. Transportation is difficult for people who do not have a car. Drivers are willing to pick people up on the road who go the same route. This study aims to introduce these two groups to each other and enhance collaboration.

Some students live within walking distance of the school, but some are not lucky enough to get to university without driving or using public transport. Students face different problems while going to university. For example, students who use public transportation can miss the bus or metro on their way to school. In addition, these students get wet and cold in bad weather conditions while waiting for public vehicles.

The second major problem is the vast number of vehicles accessing the university campus. Limited parking spaces make it difficult for students and staff to find a parking area (Kamaruddin ve Rozlis, 2019). Students can use carpooling to solve these problems, a term often used when people share a vehicle to get to a joint place of arrival (Kamaruddin ve Rozlis, 2019). Carpooling is a student-friendly and eco-friendly system at the same time. It minimizes the number of cars on the roads, reducing problems such as pollution, traffic jams, and parking shortages (Binu & Viswaraj, 2016).

One of the essential criteria in an application is that it can be used on Android OS devices. Many large and small enterprises and organizations use this framework because it is free to develop. Therefore, the Android Studio platform is used to develop the application.

2. Existing Systems for Carpooling

A literature review has been conducted to see if there are similar applications to the application that will be developed. The similarities and differences between the GoToUni applications with other mobile applications mentioned in the studies have been investigated.

In this study by Kamaruddin and Rozlis, information about the mobile application called "UiTM Share Ride," which uses the ride-sharing approach to reduce the parking problem at the university, is given its technical details are explained. When the data about the technical part of the application in this study is examined, it is examined that three-tier architecture consisting of a presentation layer, application layer, and data layer is used as application architecture. First, XML (Extensible Markup Language) displays information in the presentation layer. Secondly, Java Programming language is used in the application layer. Finally, Firebase, a real-time and NoSQL database type, stores and retrieves data in the data layer. In addition, this application is developed using Android Studio and Google Maps API for passenger pickup and destination locations (Kamaruddin ve Rozlis, 2019).

In another study (Čović & Babić, 2014), the location is defined using the Google Maps API, and data synchronization is done with JSON (JavaScript Object Notation).

In the study by (Antao, Correia, and Gonsalves, 2015), they mentioned the importance of Carpooling as a highly effective way to minimize pollution and traffic congestion. They thought

that carpooling also gives one the chance to meet new individuals. The main reason for designing the carpooling application was to reduce the cost of travel for traveling people. The application will allow the user to select his/her role, i.e., driver or passenger. This app is being developed for ANDROID versions 3.0 and up. With the help of PHP, the program is connected to a MySQL database. When the application is installed, the route is determined by the driver.

The study of Amasyalı and Gül is about adding VoIP features for calls to the ride-sharing application TAG, working on Android and IOS mobile applications. As stated in the study, some users were concerned about phone number privacy. Therefore, VoIP has ensured that drivers and passengers can make voice calls. Thus, the phone number of the users remains confidential. Twilio framework uses cloud technology for VoIP calls on mobile applications. In addition, in this study, it is mentioned that while the driver and passenger once matched, a trust can be created by taking into account the Facebook friends of the users, their mobile phone connections, their colleagues, and similar features. In the conclusion part of the study, it is reported that the VoIP-based communication system has been successfully added to the TAG application (Amasyalı & Gül, 2017).

It is seen that the Google Maps service is used in many applications. An example of this can be given in the "Yol Arkadasi" application. In the study conducted by İlhan and Mutlu in 2014, the carpooling application developed for the Android OS named "Yol Arkadasi" was introduced. This application can work on Android 2.3.3 and newer Android versions. This study uses Google Maps API v2 for map services in the "Yol Arkadasi" application. In addition, MsSQL was used as the database system in this application, and the application was developed with the Java programming language. Another important point mentioned in this study is that there were no results for Turkish queries in mobile application markets for "carpooling" and "car-sharing" (İlhan & Mutlu, 2014).

In the light of the literature, it was decided to use Google Maps API for map services in this study. Also, the Firebase platform is used to perform database operations of the application in real-time.

3. Material and Method

3.1 Requirements

A software requirements specification was accomplished to determine the study's user and system requirements. This specification explains how the project will fully meet the user's needs and serves as a roadmap for the study's development.

3.1.1. Product Perspective

GoToUni offers ease of transportation. It is possible to access the application from different platforms, including Android and IOS. The technologies and platforms used in GoToUni enable all developers to reach their target audiences easily. The application has several interactions with passengers, drivers, and administrators. They have data transmission between themselves too. Interactions are given in Figure 1.

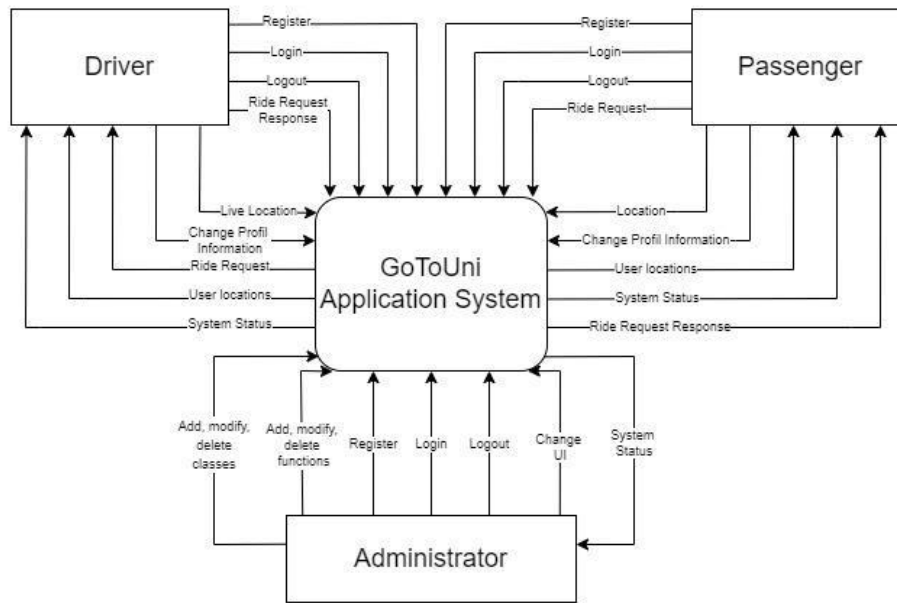


Figure 1 Overall System Context Diagram

Passengers are one of the primary two users of the application. The application serves them by finding suitable routes and drivers on time they entered. Passengers must verify their accounts with a mail sent to their university email addresses. They can register to the system, log in, log out, and change their profile information, address description, and course hours. They can see drivers on the road route and share their location with the app. They can view the instant live location of drivers. They can send requests to drivers whose time and route are suitable for the route they will go and chat with them.

Drivers are users who have a car(s) and can take passengers to their destination. Passengers who want to be a driver must have a driver's license for at least two years and one vehicle. Drivers can create an account by entering car information into the system, and they must verify their accounts with a mail sent to their university email addresses. They can view, change and delete vehicle information at any time. Drivers can determine and save their travel routes on the map while sharing their instant location with the passengers. Drivers can see the passengers looking for a vehicle on the map and access their information of the passengers. Drivers can accept or reject ride requests from passengers. If the driver accepts the incoming travel request, the driver can message the passenger who sent the request and see the passenger's information. When the driving process is completed, the driver can evaluate the passenger(s).

The administrator is also the developer of the application. He has the right to view and manage drivers' and passengers' data. Using his SQL knowledge, he can easily add, modify, delete, and view data from the application's database and limit users' access by considering their roles. The administrator should read related data effectively using their analytical skills. He has to be an expert in using at least one database management system with adequate SQL knowledge. The administrator is also responsible for creating a GoToUni application in Android Studio by using Java programming language essentially. The administrator should maintain the mobile application user interface by considering basic design concepts. He must know how a mobile application is developed and published in different stores. Regardless of his education level, he should have

proficiency in at least one programming language and essential programming concepts.

3.1.2. Constraints

The following are the defined as the constraints of the application

- Only students, instructors, and staff affiliated with a specific university can use the application.
- To use the application, users must create an account by registering with the application. In addition, users are required to verify their accounts with university emails.
- Drivers must register at least one vehicle in the application.
- React Native environment should be used with the JavaScript programming language mainly.
- The car owner must add photos of his driver's license and license(permit) when registering in the application.
- The driver has to stick to his chosen path.

3.1.3. Non-Functional Requirements

Internet connection is essential for GoToUni to work properly. Minimum system requirements to meet this system requirement are as follows:

Hardware Requirements

Hardware requirements for GoToUni are a phone with operating system version 15.3.1 and later for iOS or version 11 and later for Android.

- Processor: Minimum 1 GHz; Recommended 2GHz or more
- Ethernet connection: (LAN) OR a wireless adapter (Wi-Fi)
- Hard Drive: Minimum 32 GB; Recommended 64 GB or more
- Memory (RAM): 4 GB
- Screen Resolution: 1280x800
- Processing Power: x86

Software Requirements

A mapping platform is needed to perform map operations in the GoToUni application. For this, the Google

Maps Platform will be used. A database is needed for operations such as keeping User data and registering users in the GoToUni application. Firebase platform will be used for this.

- Operating Systems: Windows: 10
- Database: Firebase
- Integrated Development Environment (IDE): Android Studio 4.0

3.1.4. Software Methodology

The waterfall method was used in this study's software development life cycle. The main reason for using the method is that the dates of the stages in the project development process are predetermined.

The waterfall model starts with the analysis step. All software requirements are determined in the analysis step, and the analysis document is produced. Then, in the design step, the interface, database, class, etc., the software designs are made, and the design document is produced. In the next coding step, the software; is coded as specified in the analysis and design documents. Test scenarios are written for all functional and non-functional requirements and designs in the analysis and design

documents in the test step. The software is tested by executing these test scenarios.

3.1.5. Software Architecture and Interfaces

GoToUni mobile application uses a 3-layer architecture, namely Presentation Layer, Business Layer, and Data layer. In the Presentation Layer, the user can interact with the application through the application's interfaces. In this way, the user can send and receive data from the application.

The second layer is the Business Layer. In this layer, User Management and Trip Management operations are performed. User Management processes are Registration, Validation, and Modification. Trip Management operations are Scheduling trips, managing requests, and route planning by Google Map Visualization and Location Tracking. Operations in this layer were developed in Android Studio using the Java programming language.

The third layer is the Data Layer. In this layer, Data Access and Data Modification operations are performed. Firebase Firestore Database, a real-time database, was used to store the data in the application. The system architecture of the GoToUni application is given in Figure 2.

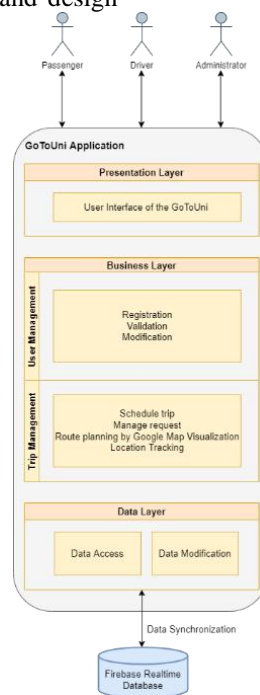


Figure 2. GoToUni Software Architecture Schematic

Some of the user interfaces are as given as follows: on the register page (Figure 3), users should enter their first name, last name, university email, password, phone number, profile photo, birthdate, and gender. If the user has a car, he/she should enter a driver's license, car model, car color, and plate number. The system should check the email extension entered (.edu), and a confirmation email will be sent to the university email. The entered user and vehicle information will be saved to the firebase database.

On the login page (Figure 4), users should enter their email and password to enter the system. Then, users' information is recorded in the database.

On the route page, drivers and passengers decide where and when to go. They can see each other's location on the map is given in Figure 5. If the passenger finds a suitable driver on her/his route, he/she will be able to go together. The selected route is shown on the page with the help of Google Maps. Google Maps recommends all the possible best routes.

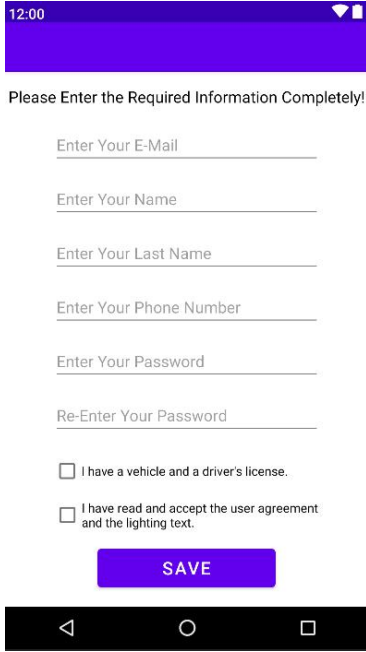


Figure 3. Register Page

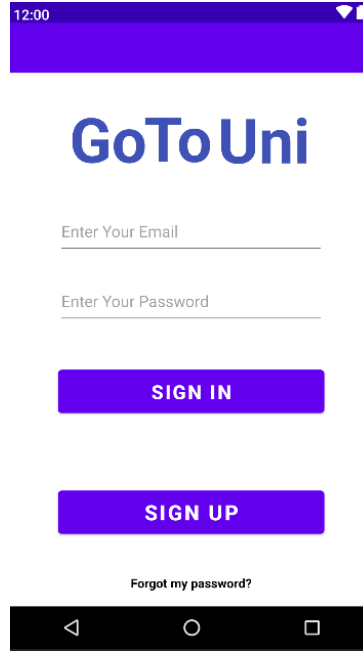


Figure 4. Login Page



Figure 5. Map Page

3. Results

Thanks to GoToUni mobile application, students can register to use carpooling while transporting. If we constantly adjust the live location update, the problem may occur in the database. Therefore, we adjust the live location update every

4. Conclusions

This study is developed only for carpooling between university members. The development of this project showed that there is a big market for reliable, safe, and efficient carpooling solutions. Early adaption of this application depicted that people are willing to use such solutions to overcome transportation hindrances. To amplify the benefits of the idea, we propose the following future work:

- Matching drivers with the university sticker to retrieve information for the database.
- Matching drivers and passengers by their schedule automatically beforehand.
- Application could be used between universities.
- Message system could be added.
- Barcode system for identification.

References

Amasyali, M. B., & Gul, E. (2017). VoIP integration for mobile ride-sharing application. *2017 7th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT)*, 44-47. DOI: 10.1109/CSNT.2017.8418509

Antao, A., Correia, V., & Gonsalves S. (2015). Carpooling application in Android. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 5(2), 955-958. Retrieved from <http://inpressco.com/category/ijcet>

Binu, P. K., & Viswaraj, V. S. (2016). Android based application for efficient carpooling with user tracking facility. *2016 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICIC)*,

single 20 seconds. GoToUni has a register, login, schedule, admin, home, map, send request, and settings pages. Generally, students' schedules are similar. Significantly during the exam weeks, this increases the possibility of the GoToUni application being used for carpooling.

Computational Intelligence and Computing Research (ICIC), 2016 IEEE International Conference On, 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1109/icic.2016.7919536>

Čović, Z., & Babić, D. (2014). Development and implementation of location based native mobile application. *International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems*, 5(1).

İlhan, A., & Mutlu, A. (2014). Yol Arkadaşı: Android-Tabanlı Sistemler İçin Bir Araba İmcesi Uygulaması. *Selçuk University Journal of Engineering, Science & Technology / Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(4), 16-25. doi: <https://doi.org/10.15317/Scitech.2014410340>

Kamaruddin, K. A., & Rozlis, N. R. M. (2019). UiTM Share Ride: Requirements Validation, Design and Development of a Campus Ride-Sharing Mobile Application. *2019 6th International Conference on Research and Innovation in Information Systems (CRISIS)*, 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICRIIS48246.2019.9073510>



Türkiye’de Bilişim Teknolojileri Kullanımının ÇKKV Yöntemleriyle İncelenmesi: 2014-2021 Dönemi

Orhan Ecemiş^{1*}, Aysun Coşkun²

¹ Gaziantep Üniversitesi, Oğuzeli Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Gaziantep, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8270-0857)

² Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8541-9497)

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1134753)

ATIF/REFERENCE: Ecemiş, O. & Coşkun, A. (2022). Türkiye’de Bilişim Teknolojileri Kullanımının ÇKKV Yöntemleriyle İncelenmesi: 2014-2021 Dönemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (37), 81-89.

Öz

Türkiye’de son yıllarda azalan alt yapı maliyetleriyle birlikte artan elektronik ve haberleşme sektör yatırımları, Bilgi İletişim Teknolojilerinin (BİT) yaygınlaşmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)2021 yılı verilerine göre internet erişimi olan hane sayısı %92’e yükselmiştir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişimi, ülkelerin kalkınma hızına etki ederek toplumsal dönüşümü sağlamaktadır. Türkiye’nin bölgesel farklılıklara rağmen bilişim alt yapısının gelişimini büyük gelişim göstermiştir. Bu çalışmada, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle, istatistiki bölge düzeyinde Türkiye’deki bölgelerin, bilişim teknolojilerinin kullanımına yönelik gelişim performanslarını ölçebilecek model ile incelenmiştir. Oluşturulan modelde kriterlerin ağırlıklandırılmasında PSI (Preference Selection Index), bölgelerin BİT kullanım düzeyinin değerlendirilmesinde ise WEDBA (Weighted Euclidean Distance Based Approach) yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada ki veriler TÜİK veritabanından alınmıştır ve kurum tarafından gerçekleştirilen 2021 yılı Hane Halkı Bilişim Teknolojileri (BT) Kullanım Araştırması dayanmaktadır. Bilgi iletişim teknolojilerinin kullanımına yönelik kriterler, internet erişimi, geniş bant, sabit geniş bant, mobil geniş bant, düzenli internet kullanımı ve internet kullanımı kriterlerinden oluşmaktadır. Çalışmada elde edilen bulgulara göre en önemli kriter 2014 yıllarında internet erişimiymişken, 2021 yılında mobil bant genişliği olduğu söylenebilir. Çalışma kapsamında en iyi performansı İstanbul ve Doğu Marmara bölgeleri göstermiştir. Ayrıca en fazla gelişim gösteren Güneydoğu Anadolu bölgesini, Batı Anadolu, Akdeniz, Orta ve Orta Doğu Anadolu bölgeleri takip ettiği, diğer bölgelerdeki gelişimin ise anılan bölgelere göre daha az olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çok Kriterli Karar Verme, PSI, WEDBA, Bilişim Teknolojileri

Examination of the Use of Information Technologies in Turkey by MCDM Methods: 2014-2021 Period

Abstract

Electronics and communication sector investments, which have increased with the decreasing infrastructure costs in recent years in Turkey, Information Communication Technologies (ICT) is becoming widespread. According to the data of the Turkish Statistical Institute (TUIK) for 2021, the number of households with internet access has increased to 92%. The development of information and communication technologies provides social transformation by affecting the development speed of countries. Despite the regional differences in Turkey, the development of the informatics infrastructure has shown great improvement. In this study, with Multi-Criteria Decision Making Methods, a model that can measure the development performance of the regions in Turkey towards the use of information technologies at the statistical region level has been examined. In the model created, PSI (Preference Selection Index) was used to weight the criteria, and WEDBA (Weighted Euclidean Distance Based Approach) methods were used to evaluate the ICT usage level of the regions. The data in the study was taken from the TUIK database and is based on the Household Information Technologies (IT) Usage Survey of 2021 carried out by the institution. The criteria for the use of information and communication technologies consist of internet access, broadband, fixed broadband, mobile broadband, regular internet usage and internet usage. According to the findings of the study, it can be said that while the most important criterion was internet access in 2014, it was mobile bandwidth in 2021. Within the scope of the study, Istanbul and East Marmara regions showed the best performance. In addition, it

* Sorumlu Yazar: Gaziantep Üniversitesi, Oğuzeli MYO, Bilgisayar Tek. Bölümü, Gaziantep, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8270-0857, occemis@gantep.edu.tr

was concluded that the Southeastern Anatolia region, which showed the most development, was followed by the Western Anatolia, Mediterranean, Central and Middle East Anatolia regions, and the development in other regions was less than the aforementioned regions.

Keywords: Multi-Criteria Decision Making, PSI, WEDBA, Information Technologies

1. Giriş

Dünyada ki gelişmiş ülkeler İkinci Dünya Savaşından sonra bilim ve teknolojiye daha fazla yatırım yapmaya başlamışlardır. Savaş sonrasında gelişmiş ülkeler arasında hemen hemen her alanda yaşanan rekabet, bilgi çağı olarak adlandırılan yeni bir dönem ortaya çıkmasına neden olmuştur (Ünal, 2009). Günümüzde bilgi iletişim teknolojilerinde yaşanan ilerlemelerin, başta ekonomik faaliyetler olmak üzere diğer faaliyetler üzerinde de olumlu etkileri olduğu söylenebilir. Böylece teknolojinin gelişimi ile birlikte yoğun üretime geçilmesi, sınırları aşan sermaye hareketleriyle birlikte, ekonominin dijitalleşmesi yolunda yaşanan önemli ilerlemeler gözlenmektedir (Dikkaya, M., & Aytekin, İ.,2019). Bu ilerlemelerden dolayı teknoloji politikaları ülkelerin büyüme süreçlerinde katkı sağlamaktadır. Diğer bir ifadeyle teknolojik gelişim göstergelerinin, sürdürülebilir büyümenin temel etkenlerinden olduğu söylenebilir. (Temiz Dinç, D. 2020).

Bilgi iletişim teknolojilerindeki gelişmeler, uluslararası pazarın küreselleşmesi, iletişimin olanaklarının ve bilgi aktarımının dünya genelinde ve alışverişinin kolaylaştırılması, serbest ticaret önündeki engellerinin kaldırılması biçimindeki olgular tüm dünya ülkelerinin ekonomilerini büyük oranda etkilemiş bulunmaktadır (Berberoğlu, 2010). İçinde bulunduğumuz yüzyılın anahtar kavramlarından olan yenilik ve yenileşme ile kavramları bilgi ekonomisi olarak adlandırabileceğimiz ekosistemi başarı, performans ve rekabet düzeylerine katkı sağlamaktadır. (Özsağır, 2014).

Günümüz toplumlarında ulusal düzeyde, eğitim sistemine bağlı olarak üretilen bilgi ve teknoloji, küreselleşmeyi sağlayan unsurlardır. Bu bağlamda, toplumların eğitim sistemlerinin etkinliği ön plana çıkmaktadır (Temel & Ferudun, 2005). Çünkü günümüz bilgi çağında ülkeler açısından en önemli değer maddi kaynaklardan öte, nitelikli bilgi üretme yeteneğine sahip insan kaynakları olduğu söylenebilir. (Berberoğlu, 2010).

Kalkınma Bakanlığının hazırlanmış olduğu Bilgi Toplumu Stratejisi 2015-2018 eylem planına göre ülkemizde geniş bant altyapısı yaygınlaştırılması ve sektörel rekabet sağlanmasına yönelik hedefler belirlenmiştir. Hedefler incelendiğinde, yeni nesil altyapıların yaygınlaştırılması, bina içi iletişim altyapısına ait standartlar belirlenmesi, geniş bant alt yapısının oluşturulmasında karlı olmayan bölgeler için teşvik sağlanması, mobil iletişimde vergilerin azaltılarak mobil geniş bant alt yapısının sağlanması, elektronik haberleşme alt yapısında işletmecilerin karşılaşabilecekleri sorunlar için gerekli yasal zeminin hazırlanması, Türkiye'nin uluslararası bir veri iletim merkezi olmasına yönelik tedbirler alınması gibi hedefler yer almaktadır (Kalkınma Bakanlığı, 2022). Bu hedefler doğrultusunda artan kamu yatırımlarıyla birlikte Türkiye'de bilişim sektörü alt yapısının geliştiğini ifade edebiliriz.

Türkiye'de kamu ve özel sektör yatırımlarıyla birlikte 2020 yılında mobil geniş bant veri trafiği artışı %56,1, Mobil geniş bant abone başına veri trafiği artışı %50,8, Sabit geniş bant veri trafiği artışı %58,7, ; Sabit geniş bant abone başına veri trafiği

artışı %41,2 oranında artmıştır (TÜBİSAD, 2021). Bu artış oranlarının Türkiye'de bölgelere göre yansımalarının hangi düzeyde gerçekleştiği sorusu aynı zamanda bu çalışmanın konusudur. Literatürde bölgesel farklar/performansların ölçülmesinde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV) kullanılmaktadır.

ÇKKV, çeşitli göstergeler, çelişen hedefler ve kriterler dahil olmak üzere karmaşık senaryolarda en uygun sonuçları bulmakla ilgilenen bir yönelem araştırması dalıdır (Krishankumar, Ramprakash, Premaladha, & Ravichandran, 2017). Türkiye'de bölgeler üzerine çok kriterli karar verme yöntemleri kullanan bazı çalışmalar şunlardır.

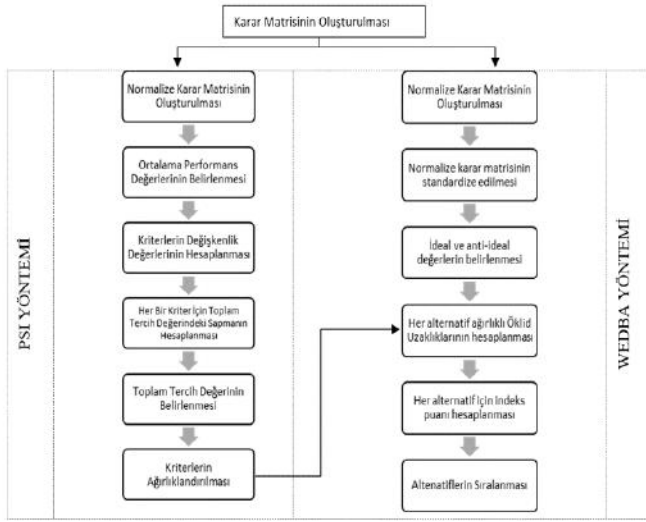
Durmaz vd. (2020) yılında yapmış oldukları çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden SMAA-2, SWARA yöntemleriyle Türkiye'deki Düzey-1 Bölgelerini, eğitim göstergeleriyle değerlendirmişlerdir (Durmaz, Boyacı, & Gencer, 2020). Kısa (2020) TR83 bölgesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının CRITIC ve Gri İlişkisel Analiz (GİA) yöntemiyle incelenmiştir (Kısa, 2020). Belgin ve Avşar (2019) GİA yöntemiye Türkiye'de bölgesel ve il düzeyinde ar-ge ve yenilik performansı değerlendirmiştir (Belgin & Avşar, 2019). Türe 2019 yılında Türkiye'nin bölgeleri (İBBS-2) için refah düzeyi WASPAS yöntemiyle ele almıştır (Türe, 2019). Pekkaya ve Bucak (2018) yılında yapmış oldukları çalışmada, Batı Karadeniz bölgesinde, bölgesel liman kuruluş yeri seçim problemini PROMETHEE, TOPSIS, ÇKPM ve VIKOR yöntemleriyle değerlendirmişlerdir (Pekkaya & Bucak, 2018). Dinçer ve Demir (2018) yılında yapmış oldukları çalışmada Türkiye' de illerin VIKOR yöntemiyle sosyo gelişmişlik sıralamalarını gerçekleştirmiştir (Dinçer & Demir, 2018).

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde Türkiye'de BİT kullanım düzeyinin bölgelerin dönemsel gelişimi üzerine çalışmaya rastlanmamıştır. Bu amaçla aynı zamanda sürdürülebilir kalkınmayı etkileyen faktörlerden birisi olan bilgi iletişim teknolojilerinin bölgelere göre gelişim düzeyleri bu çalışmanın odağında yer almaktadır. Ayrıca literatürde yeni sayılabilecek, az sayıda çalışmada kullanılan bir ÇKKV yöntemi olan WEDBA yöntemi kullanılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Dünya genelinde yaşanan gelişmelerle birlikte, bilişim teknolojilerinin yaygınlaşması bireylerin ve toplumların dijital dönüşümleri yaşamasına neden olmuştur. Günümüz bilgi çağında, bilginin üretilmesi, kullanılması ülkelerin gelişim düzeylerine artı değer kazandırmaktadır. Bu bağlamda çalışmanın amacı; istatistiki bölge düzeyinde Türkiye'deki bölgelerin, bilişim teknolojilerinin kullanımına yönelik gelişiminin PSI-WEDBA yöntemleriyle incelenmesidir. Bilgi teknolojilerinin kullanımını kapsayan kriterlerin PSI yöntemiyle ağırlıklandırılması ve Türkiye'de 2014-2021 dönemi istatistiki bölgelerin bilgi iletişim teknolojilerinin kullanım performanslarının ölçülmesi çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan kriterlerden oluşan araştırma modeli ise şu şekildedir:



Şekil 1 Araştırma Modeli

Araştırmanın ana kütesini bilgi teknolojilerinin kullanım performansının ölçüleceği Türkiye bulunan iller oluşturmaktadır. Araştırma örneklemini ise, TÜİK veri tabanından belirlenen kriterlere yönelik veri seti tam olan İstanbul, B. Marmara, Ege, D. Marmara, B. Anadolu, Akdeniz, Orta Anadolu, B. Karadeniz, D. Karadeniz, Kuzeydoğu Anadolu, Ortadoğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan kriterler Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1 Kriterlere ait bilgiler

| Kısaltma | Kriter Adı | Birim | Fayda/Maliyet |
|----------|--------------------------------|-------|---------------|
| K1 | İnternet erişimi olan hane | % | Fayda |
| K2 | Geniş bant erişimi olan hane | % | Fayda |
| K3 | Sabit geniş bant erişimi olan | % | Fayda |
| K4 | Mobil geniş bant erişimi olan | % | Fayda |
| K5 | Düzenli İnternet kullanan hane | % | Fayda |
| K6 | İnternet Kullanımı olan hane | % | Fayda |

2.1.1. Metot

2.1.1.1 PSI Yöntemi

Maniya ve Bhatt (2010) tarafından literatüre kazandırılan PSI (Preference Selection Index - Tercih Seçim İndeksi) yönteminde kriterler arasında göreceli önem derecesinin belirlenmesi, kriterler ağırlıklarının hesaplanmasına ihtiyaç duyulmamaktadır. (Maniya & Bhatt, 2010; Attri, R., & Grover, S.(2015). Atri ve Grover (2015) yılında yapmış oldukları çalışmada üretim sistemi yaşam döngüsünün tasarım aşamasında karar verme probleminin çözümünde PSI yönteminin potansiyelini, uygulanabilirliğini ve doğruluğunu diğer ÇKKV yöntemleriyle karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma sonucunda, PSI yönteminin AHP, ANP, TOPSIS, VIKOR, WEDBA, MOORA, PROMETHEE, Gri İlişkisel Analiz yöntemlerine göre anlaşılmasının çok basit ve uygulanmasının kolay olduğunu ifade etmişlerdir (Attri & Grover, 2015). Yorulmaz ve Can (2022) yapmış oldukları çalışmada, Moodle Öğretim Yönetim Sisteminde, belirlenen amaçlara ulaşma kapsamında, öğrenci performanslarını PSI-Entropi-Marcos yöntemleriyle değerlendirmişlerdir (Yorulmaz & Can, 2022).

PSI yönteminde alternatifler tercih seçim indeksi en iyiden en kötüye doğru sıralanmaktadır (Adalı, 2016). PSI yöntemi aşağıda yer alan uygulama adımlarıyla gerçekleştirilmektedir.

1. Karar Matrisinin Oluşturulması: Karar matrisi, karar probleminde yer alan alternatiflerin kriterlere göre değerlerini içeren matris olarak ifade edilebilir. Karar matrisi X, m:alternatif sayısı; n:kriter sayısı; x_{ij} :i. alternatifin j. kritere göre değerini göstermektedir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}; i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \quad (1)$$

2. Normalize Karar Matrisinin: Kriterlerin, fayda (eşitlik 2) ve maliyet (eşitlik 3) özelliklerine göre normalize karar matrisi oluşturulur.

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max(x_{ij})} \quad (2)$$

$$p_{ij} = \frac{\min(x_{ij})}{x_{ij}} \quad (3)$$

3. Ortalama Değerlerinin Hesaplanması: Eşitlik (4) kullanılarak her özneteliğin normalize verilerinin ortalama değeri hesaplanır.

$$\bar{x}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m p_{ij} \quad (4)$$

4. Tercih Değişim Değerinin Hesaplanması: Kriter değerlerinin ortalamaya göre fark karelerinin toplamı olan kriter değişkenlik değerleri PV_j , eşitlik (5)’e göre hesaplanmaktadır.

$$PV_j = \sum_{j=1}^m (\bar{x}_j - p_{ij})^2 \quad (5)$$

5. Tercih Değerindeki Sapmanın Hesaplanması: PV_j parametresi hesaplandıktan sonra genel tercih değerindeki sapma ϕ_j Eşitlik (6)’ya göre hesaplanmaktadır.

$$\phi_j = 1 - PV_j \quad (6)$$

6. Genel Tercih Değerinin Hesaplanması: Eşitlik 7’ye göre her özellik için genel tercih değeri belirlenir:

$$w_j = \frac{\phi_j}{\sum_{j=1}^n \phi_j} \quad (7)$$

7. Tercih Seçim İndeksi: Tercih seçim indeksi her bir alternatif için Eşitlik (8)’e göre hesaplanmaktadır. Alternatifler tercih seçim index değerine göre azalan sıralamaya göre belirlenmektedir.

$$I_i = \sum_{j=1}^n p_{ij} w_j \quad (8)$$

2.1.1.1 WEDBA Yöntemi

Açılımı, Ağırlıklı Öklid uzaklığına dayalı yaklaşım olan WEDBA yönteminde, öznel ağırlıklar nesnel ağırlıklar, öznel ağırlıklar ve entegre ağırlıklar olmak üzere 3 türde ifade edilmektedir (Jain, V., Ajmera, P. 2019).Toslak vd. (2022) yapmış oldukları çalışmada, bir lojistik firmasının 2010-2020 yılları arasındaki performansını MEREC ve WEDBA yöntemleriyle değerlendirmişlerdir (Toslak, Aktürk, & Ulutaş, 2022). Işık yapmış olduğu çalışmada bir Türk sigorta şirketinin finansal performansını AHP, CRITIC ve WEDBA yöntemleriyle değerlendirmiştir (Işık, 2021). Demir (2021), Türkiye’de bulunan 56 vakıf üniversitenin akademik performansını URAP 2020 yılı verileriyle CRITIC-WEDBA yöntemi değerlendirmiştir (Demir, 2021). WEDBA yönteminin aşamaları aşağıdaki gibidir.

1. Karar matrisi: m: alternatif sayısı; n:kriter sayısı; x_{ij} :i. altenatifin j. kritere göre değerini göstermektedir.

2. Normalize karar matrisi: Kriterlerin, fayda (eşitlik 2) ve maliyet (eşitlik 3) özelliklerine göre normalize karar matrisi oluşturulur.

3. Standardize karar matrisi : Eşitlik (9) ile normalize karar matrisi standardize karar matrisi şeklinde ifade edilir.

$$y_{ij} = \frac{p_{ij} - \mu_j}{\sigma_j} \quad (9)$$

Burada, μ_j , ortalama değerini σ_j ise standart sapmayı ifade etmektedir. Aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmaktadır.

$$\mu_j = \frac{\sum_{i=1}^m p_{ij}}{m} \quad (10)$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (p_{ij} - \mu_j)^2}{m}} \quad (11)$$

4. İdeal y_{ij}^+ ve anti-ideal y_{ij}^- değerlerin hesaplanması: Eşitlik 12 ile ideal değerler, eşitlik (13) göre anti-ideal değerler hesaplanmaktadır.

$$y_{ij}^+ = \max(y_{ij}) \quad (12)$$

$$y_{ij}^- = \min(y_{ij}) \quad (13)$$

5. Ağırlıklı Öklid uzaklıklarının hesaplanması: Her alternatif için ağırlıklı WED_i^+ , WED_i^- sırasıyla Eşitlikler (14) ve (15) kullanılarak elde edilir.

$$WED_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n \{w_j (y_{ij} - y_{ij}^+)^2\}} \quad (14)$$

$$WED_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n \{w_j (y_{ij} - y_{ij}^-)^2\}} \quad (15)$$

6. İndeks Puanının Hesaplanması: Alternatiflerin sıralanacağı İndeks puanı Eşitlik (16) ile hesaplanmaktadır. IS_i değerinin azalan sıralama sonucu alternatiflerin başarı sıralamasını ifade etmektedir.

$$IS_i = \frac{WED_i^-}{WED_i^- + WED_i^+} \quad (16)$$

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1 Bölgelerin 2014 Yılı BİT Kullanım Performansı

3.1.1 PSI Yöntemi Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Çalışmada kriter ağırlıklarının hesaplanması için PSI yöntemi kullanılmıştır. Karar matrisinde yer alan kriterlerin fayda özelliğindedir, alternatiflerin kriterlere göre değerleri olan 2014 yılı bölgelere göre BİT kullanım verileri Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2 2014 Yılı Verileri

| Bölgeler | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|------------------|------|------|------|------|------|-------|
| İstanbul | 75,5 | 74,0 | 54,7 | 45,1 | 56,1 | 64,42 |
| Batı Marmara | 63,6 | 58,2 | 38,4 | 40,6 | 43,6 | 52,60 |
| Ege | 57,4 | 56,8 | 38,2 | 37,1 | 47,3 | 55,16 |
| Doğu Marmara | 62,3 | 61,4 | 45,4 | 37,5 | 49,5 | 58,28 |
| Batı Anadolu | 58,7 | 55,4 | 41,9 | 26,0 | 48,8 | 58,63 |
| Akdeniz | 57,8 | 53,2 | 30,5 | 41,9 | 44,3 | 53,23 |
| Orta Anadolu | 55,3 | 51,8 | 29,8 | 33,6 | 40,0 | 51,37 |
| Batı Karadeniz | 44,4 | 43,0 | 27,6 | 25,9 | 37,1 | 45,55 |
| Doğu Karadeniz | 62,7 | 56,2 | 31,3 | 42,6 | 41,7 | 51,94 |
| Kuzeydoğu | 48,4 | 41,4 | 18,8 | 33,0 | 29,0 | 40,43 |
| Ortadoğu Anadolu | 43,6 | 42,2 | 18,5 | 35,7 | 29,3 | 37,56 |
| Güneydoğu | 53,0 | 44,9 | 22,5 | 29,4 | 30,3 | 39,02 |

Kaynak: Hanehalkı Bilişim Teknolojileri (BT) Kullanım Araştırması, (TUİK, 2021)

2014 yılı BİT verilerine göre hazırlanan karar matrisi eşitlik 2’ye göre normalize edilmiştir. Normalize karar matrisi Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3 Normalize Karar Matrisi

| Bölgeler | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| İstanbul | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Batı Marmara | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 0,7 | 0,8 |
| Ege | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Doğu Marmara | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,9 |
| Batı Anadolu | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,9 |

| | | | | | | |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Akdeniz | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 0,7 | 0,8 |
| Orta Anadolu | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| Batı Karadeniz | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,7 |
| Doğu Karadeniz | 0,8 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 0,7 | 0,8 |
| Kuzeydoğu | 0,6 | 0,5 | 0,3 | 0,7 | 0,5 | 0,6 |
| Ortadoğu Anadolu | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0,7 | 0,5 | 0,5 |
| Güneydoğu | 0,7 | 0,6 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,6 |

Kriterlerin ortalama değerleri Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4 Kriterlerin Ortalama Değerleri

| Ortalama | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| μ_j | 0,7537 | 0,7189 | 0,6056 | 0,7923 | 0,7375 | 0,7868 |

Kriterlerin değişkenlik değerleri PV_j , değerlerinin hesaplanabilmesi için kriterlerin ortalamaya göre fark karelerinin toplamına ait değerler Tablo 5'te yer almaktadır.

Tablo 5 Kriterlerin Ortalamaya Göre Fark Kareleri

| Bölgeler | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| İstanbul | 0,061 | 0,079 | 0,156 | 0,043 | 0,069 | 0,045 |
| Batı Marmara | 0,008 | 0,005 | 0,009 | 0,012 | 0,001 | 0,001 |
| Ege | 0,000 | 0,002 | 0,009 | 0,001 | 0,011 | 0,005 |
| Doğu Marmara | 0,005 | 0,012 | 0,050 | 0,002 | 0,021 | 0,014 |
| Batı Anadolu | 0,001 | 0,001 | 0,026 | 0,046 | 0,017 | 0,015 |
| Akdeniz | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,019 | 0,003 | 0,002 |
| Orta Anadolu | 0,000 | 0,000 | 0,004 | 0,002 | 0,001 | 0,000 |
| Batı Karadeniz | 0,028 | 0,019 | 0,010 | 0,047 | 0,006 | 0,006 |
| Doğu Karadeniz | 0,006 | 0,002 | 0,001 | 0,023 | 0,000 | 0,000 |
| Kuzeydoğu | 0,013 | 0,025 | 0,069 | 0,004 | 0,049 | 0,025 |
| Ortadoğu Anadolu | 0,031 | 0,022 | 0,072 | 0,000 | 0,047 | 0,041 |
| Güneydoğu | 0,003 | 0,013 | 0,038 | 0,019 | 0,039 | 0,033 |

Tablo 5'te ki bilgilerden hareketle her bir kriter için ortalama fark kareleri toplamı olan PV_j , Q_j değerleri ve kriter ağırlık değerleri Tablo 6'da yer almaktadır.

Tablo 6 Kriter Ağırlıkları

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PV_j | 0,1552 | 0,1802 | 0,4452 | 0,2176 | 0,2635 | 0,1883 |
| \emptyset_j | 0,8448 | 0,8198 | 0,5548 | 0,7824 | 0,7365 | 0,8117 |
| w | 0,1857 | 0,1802 | 0,1219 | 0,1720 | 0,1619 | 0,1784 |

Tablo 6 incelendiğinde internet erişimi (K1) %18,57 değeri ile en önemli kriter olarak hesaplanmıştır. Diğer kriter ağırlıkları ise geniş bant (K2) %18,02, internet kullanımı %17,84 (K6), mobil geniş bant %17,20(K4), düzenli internet kullanımı %16,19 (K5), sabit geniş bant %12,19 (K3) olduğu görülmüştür.

3.1.2 WEDBA Yöntemiyle Bölgelerin 2014 Yılı BİT Kullanım Performansı

Adım 1: Normalize karar matrisi

Tablo 7 Normalize Karar Matrisi

| Bölgeler | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| İstanbul | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Batı Marmara | 0,84 | 0,78 | 0,70 | 0,90 | 0,77 | 0,81 |
| Ege | 0,76 | 0,76 | 0,69 | 0,82 | 0,84 | 0,85 |
| Doğu Marmara | 0,82 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,88 | 0,90 |
| Batı Anadolu | 0,77 | 0,74 | 0,76 | 0,57 | 0,87 | 0,91 |
| Akdeniz | 0,76 | 0,71 | 0,55 | 0,93 | 0,78 | 0,82 |
| Orta Anadolu | 0,73 | 0,69 | 0,54 | 0,74 | 0,71 | 0,79 |
| Batı Karadeniz | 0,58 | 0,58 | 0,50 | 0,57 | 0,66 | 0,70 |
| Doğu Karadeniz | 0,83 | 0,75 | 0,57 | 0,94 | 0,74 | 0,80 |
| Kuzeydoğu Anadolu | 0,64 | 0,56 | 0,34 | 0,73 | 0,51 | 0,62 |
| Ortadoğu Anadolu | 0,57 | 0,57 | 0,33 | 0,79 | 0,52 | 0,58 |
| Güneydoğu Anadolu | 0,70 | 0,60 | 0,41 | 0,65 | 0,54 | 0,60 |

2. Normalize karar matrisinin standardize edilmesi: Eşitlik (9) ile normalize matrisi standardize karar matrisi olarak Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8 Standardize Karar Matrisi

| Bölgeler | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| İstanbul | 2,0731 | 2,1958 | 1,9604 | 1,4764 | 1,6962 | 1,6296 |
| Batı Marmara | 0,7520 | 0,5267 | 0,4773 | 0,7726 | 0,2476 | 0,2274 |
| Ege | 0,0605 | 0,3842 | 0,4586 | 0,2194 | 0,6732 | 0,5310 |
| Doğu Marmara | 0,6054 | 0,8649 | 1,1169 | 0,2802 | 0,9320 | 0,9016 |
| Batı Anadolu | 0,2032 | 0,2315 | 0,7980 | - | 0,8534 | 0,9431 |
| Akdeniz | 0,0989 | - | - | 0,9795 | 0,3287 | 0,3023 |
| Orta Anadolu | -0,1754 | - | - | - | - | 0,0814 |
| Batı Karadeniz | -1,3973 | - | - | - | - | - |
| Doğu Karadeniz | 0,6509 | 0,3152 | - | 1,0828 | 0,0342 | 0,1497 |
| Kuzeydoğu | -0,9533 | - | - | - | - | - |
| Ortadoğu Anadolu | -1,4884 | - | - | 0,0004 | - | - |
| Güneydoğu | -0,4297 | - | - | - | - | - |

3. (y_{ij}^+) ve (y_{ij}^-) değerlerinin hesaplanması: Tablo 9'da ideal değerler Eşitlik (12) ve anti-ideal değerler Eşitlik (13) yer almaktadır.

Tablo 9 İdeal, Anti İdeal Değer Bilgileri

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| y_{ij}^+ | 2,0731 | 2,1958 | 1,9604 | 1,4764 | 1,6962 | 1,6296 |
| y_{ij}^- | -1,4884 | -1,2431 | -1,3327 | -1,5416 | -1,4319 | -1,5565 |

4. Alternatiflerin ağırlıklı Öklid Uzaklıkları ve için indeks puanlarının hesaplanması: Tablo 10 incelendiğinde BİT kullanımında İstanbul, Doğu Marmara, Batı Marmara bölgeleri ilk üç sırada yer almaktadır. Bu bölgeleri sırasıyla Ege, Doğu Karadeniz ve Akdeniz bölgeleri takip etmektedir. Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri dezavantajlı durumda olduğu ifade edilebilir.

Tablo 10 Bölgelerin 2014 Yılı BİT Kullanım Performansları

| Bölgeler | WEDi+ | WEDi- | IS | Sıra |
|-------------------|--------|--------|--------|------|
| İstanbul | 0,0000 | 1,3361 | 1,0000 | 1 |
| Batı Marmara | 0,5502 | 0,8059 | 0,5943 | 3 |
| Ege | 0,5940 | 0,7643 | 0,5627 | 4 |
| Doğu Marmara | 0,4421 | 0,9136 | 0,6739 | 2 |
| Batı Anadolu | 0,7385 | 0,7753 | 0,5122 | 7 |
| Akdeniz | 0,6581 | 0,7482 | 0,5321 | 6 |
| Orta Anadolu | 0,8113 | 0,5379 | 0,3987 | 8 |
| Batı Karadeniz | 1,1443 | 0,2722 | 0,1922 | 9 |
| Doğu Karadeniz | 0,6232 | 0,7787 | 0,5555 | 5 |
| Kuzeydoğu Anadolu | 1,1944 | 0,2319 | 0,1626 | 11 |
| Ortadoğu Anadolu | 1,2383 | 0,2833 | 0,1862 | 10 |
| Güneydoğu Anadolu | 1,1604 | 0,2187 | 0,1586 | 12 |

3.2 Bölgelerin 2021 Yılı BİT Kullanım Performansı

3.2.1 PSI Yöntemi Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Adım 1: Karar matrisinde yer alan kriterlerin fayda özelliğindedir, alternatiflerin kriterlere göre değerleri olan 2021 yılına ait BİT kullanım verileri Tablo 11’de görülmektedir. Tablo 11, incelendiğinde bütün bölgelerde tüm kriterler için artış gözlenmektedir.

Tablo 11 2021 Yılı Verileri

| Bölgeler | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| İstanbul | 97,1 | 97,1 | 79,0 | 90,0 | 89,6 | 90,9 |
| Batı Marmara | 86,3 | 86,3 | 59,5 | 84,6 | 76,2 | 78,4 |
| Ege | 89,9 | 89,9 | 63,3 | 88,3 | 80,4 | 81,2 |
| Doğu Marmara | 93,7 | 93,7 | 67,5 | 89,0 | 83,3 | 85,1 |
| Batı Anadolu | 94,2 | 94,2 | 69,0 | 87,0 | 86,0 | 88,1 |
| Akdeniz | 91,3 | 91,3 | 58,0 | 90,1 | 78,3 | 80,7 |
| Orta Anadolu | 89,6 | 89,6 | 56,8 | 87,1 | 78,3 | 80,3 |
| Batı Karadeniz | 84,5 | 84,5 | 50,2 | 83,4 | 74,3 | 76,2 |
| Doğu Karadeniz | 88,3 | 88,3 | 53,5 | 87,8 | 78,4 | 79,9 |
| Kuzeydoğu Anadolu | 86,6 | 86,6 | 34,3 | 84,8 | 63,7 | 68,4 |
| Ortadoğu Anadolu | 90,4 | 90,4 | 39,5 | 88,8 | 69,6 | 74,8 |
| Güneydoğu Anadolu | 93,8 | 93,8 | 42,5 | 92,0 | 73,2 | 76,9 |

Kaynak: Hanehalkı Bilişim Teknolojileri (BT) Kullanım Araştırması, (TUİK, 2021)

Adım 2: Kriterler fayda özelliğine sahip olduğundan dolayı karar matrisi eşitlik 2’ye göre normalize edilir. Normalize karar matrisi Tablo 12’de yer almaktadır.

Tablo 12 Normalize Karar Matrisi

| Bölgeler | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| İstanbul | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,978 | 1,000 | 1,000 |

| | | | | | | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Batı Marmara | 0,888 | 0,888 | 0,753 | 0,919 | 0,850 | 0,863 |
| Ege | 0,925 | 0,925 | 0,801 | 0,960 | 0,896 | 0,893 |
| Doğu Marmara | 0,965 | 0,965 | 0,855 | 0,967 | 0,929 | 0,936 |
| Batı Anadolu | 0,970 | 0,970 | 0,873 | 0,945 | 0,959 | 0,969 |
| Akdeniz | 0,940 | 0,940 | 0,735 | 0,979 | 0,873 | 0,888 |
| Orta Anadolu | 0,922 | 0,922 | 0,718 | 0,947 | 0,873 | 0,884 |
| Batı Karadeniz | 0,870 | 0,870 | 0,635 | 0,906 | 0,828 | 0,838 |
| Doğu Karadeniz | 0,909 | 0,909 | 0,678 | 0,954 | 0,874 | 0,879 |
| Kuzeydoğu | 0,892 | 0,892 | 0,433 | 0,921 | 0,710 | 0,752 |
| Ortadoğu Anadolu | 0,931 | 0,931 | 0,499 | 0,964 | 0,776 | 0,823 |
| Güneydoğu | 0,966 | 0,966 | 0,537 | 1,000 | 0,816 | 0,846 |

Kriterlerin ortalama değerleri Tablo 13’de yer almaktadır.

Tablo 13 Kriterlerin Ortalama Değerleri

| Ortalama | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| μ_j | 0,9320 | 0,9320 | 0,7102 | 0,9539 | 0,8658 | 0,8813 |

Adım 3-4-5-6: Kriterlerin değişkenlik değerleri PV_j , değerlerinin hesaplanabilmesi için kriterlerin ortalamaya göre fark karelerinin toplamına ait değerler Tablo 14’te yer almaktadır.

Tablo 14 Kriterlerin Ortalamaya Göre Fark Kareleri

| Bölgeler | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|-------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| İstanbul | 0,004 | 0,004 | 0,084 | 0,0006 | 0,018 | 0,014 |
| Batı Marmara | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,0012 | 0,000 | 0,000 |
| Ege | 0,000 | 0,000 | 0,008 | 0,0000 | 0,001 | 0,000 |
| Doğu Marmara | 0,001 | 0,001 | 0,021 | 0,0002 | 0,004 | 0,003 |
| Batı Anadolu | 0,001 | 0,001 | 0,026 | 0,0001 | 0,008 | 0,007 |
| Akdeniz | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,0007 | 0,000 | 0,000 |
| Orta Anadolu | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,0000 | 0,000 | 0,000 |
| Batı Karadeniz | 0,003 | 0,003 | 0,005 | 0,0023 | 0,001 | 0,001 |
| Doğu Karadeniz | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,0000 | 0,000 | 0,000 |
| Kuzeydoğu Anadolu | 0,001 | 0,001 | 0,076 | 0,0010 | 0,024 | 0,016 |
| Ortadoğu Anadolu | 0,000 | 0,000 | 0,044 | 0,0001 | 0,007 | 0,003 |
| Güneydoğu Anadolu | 0,001 | 0,001 | 0,029 | 0,0021 | 0,002 | 0,001 |

Her bir kriter için ortalama fark kareleri toplamı olan PV_j , Q_j değerleri ve kriter ağırlık değerleri Tablo 15’de yer almaktadır.

Tablo 15 Kriter Ağırlıkları

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PV_j | 0,0163 | 0,0163 | 0,2994 | 0,0083 | 0,0682 | 0,0486 |
| \emptyset_j | 0,9837 | 0,9837 | 0,7006 | 0,9917 | 0,9318 | 0,9514 |
| w | 0,1775 | 0,1775 | 0,1264 | 0,1789 | 0,1681 | 0,1717 |

Tablo 15 incelendiğinde mobil geniş bant (K4) %17,89 oranı ile en önemli kriterdir. İnternet erişimi (K1) ve geniş bant %17,57

(K2) değerleriyle ile eşit derecede önemli kriterlerdir. Diğer kriter ağırlıklarıysa internet kullanımı (K6) %17,17 , düzenli internet (K5) %16,81, sabit geniş bant %12,64 olarak hesaplanmıştır.

3.1.2 WEDBA Yöntemiyle Bölgelerin 2021 Yılı BİT Kullanım Performansı

1. Normalize karar matrisinin oluşturulması

Tablo 16 Normalize Karar Matrisi

| Bölgeler | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| İstanbul | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9785 | 1,0000 | 1,0000 |
| Batı Marmara | 0,8889 | 0,8889 | 0,7531 | 0,9196 | 0,8500 | 0,8631 |
| Ege | 0,9259 | 0,9259 | 0,8014 | 0,9600 | 0,8969 | 0,8934 |
| Doğu Marmara | 0,9656 | 0,9656 | 0,8550 | 0,9679 | 0,9295 | 0,9368 |
| Batı Anadolu | 0,9708 | 0,9708 | 0,8735 | 0,9459 | 0,9596 | 0,9695 |
| Akdeniz | 0,9401 | 0,9401 | 0,7350 | 0,9797 | 0,8738 | 0,8886 |
| Orta Anadolu | 0,9227 | 0,9227 | 0,7188 | 0,9473 | 0,8732 | 0,8843 |
| Batı Karadeniz | 0,8709 | 0,8709 | 0,6357 | 0,9063 | 0,8285 | 0,8383 |
| Doğu Karadeniz | 0,9096 | 0,9096 | 0,6780 | 0,9546 | 0,8745 | 0,8798 |
| Kuzeydoğu | 0,8922 | 0,8922 | 0,4339 | 0,9217 | 0,7105 | 0,7524 |
| Ortadoğu Anadolu | 0,9310 | 0,9310 | 0,4999 | 0,9648 | 0,7769 | 0,8232 |
| Güneydoğu | 0,9668 | 0,9668 | 0,5377 | 1,0000 | 0,8164 | 0,8466 |

2. Standardize Karar Matrisi: Normalize karar matrisi eşitlik (9) kullanılarak standardize karar matrisine dönüştürülmektedir.

Tablo 17 Standardize Karar Matrisi

| Bölgeler | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| İstanbul | 1,7635 | 1,7635 | 1,7568 | 0,8946 | 1,7048 | 1,7863 |
| Batı Marmara | -1,1192 | -1,1192 | 0,2602 | -1,2446 | -0,2007 | -0,2748 |
| Ege | -0,1596 | -0,1596 | 0,5530 | 0,2214 | 0,3946 | 0,1815 |
| Doğu Marmara | 0,8700 | 0,8700 | 0,8780 | 0,5112 | 0,8096 | 0,8353 |
| Batı Anadolu | 1,0058 | 1,0058 | 0,9900 | -0,2876 | 1,1920 | 1,3277 |
| Akdeniz | 0,2100 | 0,2100 | 0,1506 | 0,9388 | 0,1011 | 0,1088 |
| Orta Anadolu | -0,2435 | -0,2435 | 0,0525 | -0,2396 | 0,0933 | 0,0448 |
| Batı Karadeniz | -1,5870 | -1,5870 | -0,4515 | -1,7280 | -0,4742 | -0,6471 |
| Doğu Karadeniz | -0,5824 | -0,5824 | -0,1949 | 0,0255 | 0,1105 | -0,0231 |
| Kuzeydoğu Anadolu | -1,0334 | -1,0334 | -1,6745 | -1,1671 | -1,9737 | -1,9408 |
| Ortadoğu Anadolu | -0,0262 | -0,0262 | -1,2747 | 0,3987 | -1,1294 | -0,8756 |
| Güneydoğu Anadolu | 0,9021 | 0,9021 | -1,0455 | 1,6767 | -0,6278 | -0,5231 |

3. (y_{ij}^+) ve (y_{ij}^-) değerlerin hesaplanması: İdeal değerler Eşitlik (12) ve anti-ideal değerler ise Eşitlik (13) kullanılarak elde edilir.

Tablo 18 İdeal ve Anti İdeal Değerler

| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| y_{ij}^+ | 1,7635 | 1,7635 | 1,7568 | 1,6767 | 1,7048 | 1,7863 |
| y_{ij}^- | -1,5870 | -1,5870 | -1,6745 | -1,7280 | -1,9737 | -1,9408 |

4. Alternatiflerin ağırlıklı Öklid Uzaklıkları ve için indeks puanlarının hesaplanması: 2021 yılı bölgelerin BİT kullanım performansları Tablo 19'da yer almaktadır.

Tablo 19 Bölgelerin 2021 Yılı BİT Kullanım Performansları

| Bölgeler | WEDi+ | WEDi- | IS | Sıra |
|-------------------|--------|--------|--------|------|
| İstanbul | 0,1399 | 1,3810 | 0,9080 | 1 |
| Batı Marmara | 1,0296 | 0,5017 | 0,3276 | 10 |
| Ege | 0,6695 | 0,7877 | 0,5405 | 6 |
| Doğu Marmara | 0,3942 | 1,0444 | 0,7260 | 2 |
| Batı Anadolu | 0,4274 | 1,0960 | 0,7194 | 3 |
| Akdeniz | 0,6052 | 0,8542 | 0,5853 | 4 |
| Orta Anadolu | 0,7619 | 0,6850 | 0,4734 | 7 |
| Batı Karadeniz | 1,2102 | 0,3698 | 0,2341 | 11 |
| Doğu Karadeniz | 0,8143 | 0,6543 | 0,4455 | 8 |
| Kuzeydoğu Anadolu | 1,3158 | 0,1714 | 0,1152 | 12 |
| Ortadoğu Anadolu | 0,9147 | 0,5953 | 0,3942 | 9 |
| Güneydoğu Anadolu | 0,6951 | 0,9370 | 0,5741 | 5 |

Tablo 19 incelendiğinde BİT kullanımında İstanbul, Doğu Marmara, Batı Anadolu bölgeleri ilk üç sırada yer almaktadır.

2014-2021 yıllarına ait BİT kullanım performansı Tablo 20'de yer almaktadır.

Tablo 20 2014-2021 Yılı Sıralama Değerlerinin Karşılaştırılması

| Bölgeler | 2014 Yılı | 2021 Yılı |
|-------------------|-----------|-----------|
| İstanbul | 1 | 1 |
| Batı Marmara | 3 | 10 |
| Ege | 4 | 6 |
| Doğu Marmara | 2 | 2 |
| Batı Anadolu | 7 | 3 |
| Akdeniz | 6 | 4 |
| Orta Anadolu | 8 | 7 |
| Batı Karadeniz | 9 | 11 |
| Doğu Karadeniz | 5 | 8 |
| Kuzeydoğu Anadolu | 11 | 12 |
| Ortadoğu Anadolu | 10 | 9 |
| Güneydoğu Anadolu | 12 | 5 |

Tablo 20 incelendiğinde, 2014 yılında 7. Sırada olan Batı Anadolu Bölgesi 3. Sıraya yükselmiştir. Aynı şekilde Güneydoğu Anadolu bölgesi 2021 yılında en fazla performans artışını göstererek 5. Sıraya yükselmiştir. 2014 yılı değerlerine göre bölgesel performans sıralamaları farklılaşmıştır.

4. Sonuç

Bu çalışmada PSI ve WEDBA yöntemleriyle, 2014 ve 2021 yılları Türkiye'de bölgelerin bilişim teknolojileri kullanım performansları karşılaştırılmıştır. Araştırma konusu bölgelere göre bilgi teknolojilerinin dönemsel performansını karşılaştıran ilk çalışmalardan olduğundan dolayı, çalışma literatüre katkı sağlayabilir.

2014 yılı BİT kriterlerinde internet erişimi (K1) %18,57 değeri ile en önemli kriter olduğu söylenebilir. Diğer kriter ağırlıkları ise geniş bant (K2) %18,02, internet kullanımı %17,84 (K6), mobil geniş bant %17,20(K4), düzenli internet kullanımı %16,19 (K5), sabit geniş bant %12,19 (K3) olduğu görülmüştür.

2014 yılı Bölgelerin performans sıralamalarına bakıldığında en başarılı bölge İstanbul olmuştur. Diğer bölgeler ise Doğu Marmara, Batı Marmara, Ege, Doğu Karadeniz, Akdeniz, Batı Anadolu, Orta Anadolu, Batı Karadeniz, Ortadoğu Anadolu, Kuzeydoğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu olmak üzere sıralanmıştır.

2021 yılı BİT kriterleri incelendiğinde mobil geniş bant (K4) %17,89 oranı ile en önemli kriterdir. İnternet erişimi (K1) ve geniş bant %17,57 (K2) değerleriyle eşit derecede önemli kriterlerdir. Diğer kriter ağırlıklarıysa internet kullanımı (K6) %17,17, düzenli internet kullanımı (K5) %16,81, sabit geniş bant %12,64 olarak hesaplanmıştır.

2021 yılı Bölgelerin performansları ise İstanbul, Doğu Marmara, Batı Anadolu, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, Ege, Orta Anadolu, Doğu Karadeniz, Ortadoğu Anadolu, Batı Marmara, Batı Karadeniz, Kuzeydoğu Anadolu bölgeleri olarak gerçekleşmiştir.

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre tüm kriterlerde en iyi performansı gösteren ilk iki bölge İstanbul, Doğu Marmara bölgeleri 2021 yılında da en iyi performansı göstererek sıralamadaki yerleri değişmemiştir. 2014 dönemine göre kriterlere göre performansı azalan bölgelerin 2021 yılındaki sıralamaları ise Batı Marmara (3->10), Doğu Karadeniz (5->8), Ege (4->6), Batı Karadeniz (9->11), Kuzeydoğu Anadolu (11->12) bölgeleri şeklinde gerçekleşmiştir. 2014 yılına göre daha iyi performans gösteren bölge, 12. Sıradan 5. Sıraya çıkan Güneydoğu Anadolu bölgesidir. 2014 yılında performansı artan bölgeler ise Batı Anadolu Bölgesi (7->3), Akdeniz Bölgesi (6->4), Orta Anadolu (8->7), Ortadoğu Anadolu (10-9) bölgeleridir.

Selim ve Bayanel (2017) yapmış oldukları çalışmada 2013 yılı Hanehalkı Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması verilerini kullanarak bilişim teknolojileri ürünleri sayısını belirleyen faktörleri incelemişlerdir. Çalışmalarında Türkiye’de bilişim teknolojileri ürünleri sayısı bakımından doğu bölgelerinin ve kırsal kesimin, batı bölgeleri ve kentsel kesime göre dezavantajlı durumda olduğunu ifade etmişlerdir. Rençber (2018) Türkiye’de illerin bilgi iletişim teknolojileri gelişmişlik düzeylerini incelediği çalışmasında benzer şekilde Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin daha az geliştiği sonucuna ulaşmıştır. Bu çalışmalarla, 2014 yılı verilerine göre bölgesel performans sonuçları örtüşmektedir. 2021 yılında ise en fazla gelişim gösteren bölge Güneydoğu Anadolu bölgesidir. Doğu ve Güneydoğu bölgelerindeki alt yapı önemli derecede iyileştirildiği söylenebilir. Bilgi toplumu yolunda dezavantajlı bölgelerde sabit bant genişliği daha fazla artırılmalıdır.

Türkiye’de BİT kullanım performansının yıllara göre artan bir performans göstermektedir. Pandemi sürecinde internet alt yapısının güçlendirilmesi, uzaktan/esnek çalışma modellerinin benimsenmesi, özellikle Millî Eğitim Bakanlığı’nın “Fırsatları Artırma, Teknolojiyi İyileştirme Hareketi (FATİH)” projesi kapsamında bilgi iletişim teknolojilerine yönelik dezavantajlı bölge/okullarda alt yapı yatırımlarının bölgesel performansları etkilediği ifade edilebilir.

2021 yılı itibari ile internet erişim yüzdesi önemli ölçülerde artmıştır. Yüksek bağlantı hızı ile birlikte internet alt yapısının

bölgesel farklılıkların giderilerek ülke genelinde yaygınlaştırılması, tüm alanlarda/sektörlerde kaynakların verimli kullanılmasına ve bilgi toplumu yolunda önemli adımlar atılmasına katkı sağlayabilir.

Kaynakça

- Adalı, E. A. (2016). Personnel Selection In Health Sector with EVAMIX and TODIM Methods. *Alphanumeric Journal*, 69-84.
- Attri, R., & Grover, S. (2015). Application of preference selection index method for decision making over the design stage of production system life cycle. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 207-216.
- Belgin, Ö., & Avşar, B. A. (2019). Türkiye’de Bölgeler ve İller Düzeyinde Ar-Ge Ve Yenilik Performansının Gri İlişkisel Analiz Yöntemi İle Ölçülmesi. *Verimlilik Dergisi*, 27-48 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/verimlilik/issue/44167/54492> 1.
- Berberoğlu, B. (2010). Bilgi toplumu ve bilgi ekonomisi oluşturma yolunda Türkiye ve Avrupa birliği. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 111-131.
- Demir, G. (2021). Vakıf Üniversitelerinde Akademik Performans Analizi: Critic-Wedba Bütünleşik Model Uygulaması. *Uluslararası İktisadi ve İdari Akademik Araştırmalar Dergisi*, 39-50.
- Dikkaya, M., & AYTEKİN, İ. (2019). Bilgi iletişim teknolojileri ve dijital ekonomi: Avrupa Birliği ve Türkiye arasında bir karşılaştırma.
- Diñçer, S. E., & Demir, E. (2018). Türkiye’de İllerin Bölgesel Bazlı Sosyo Gelişmişlik Düzeylerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden VIKOR Metodu Yaklaşımı İle Analizi. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 55-75.
- Durmaz, K. İ., Boyacı, A. Ç., & Gencer, C. (2020). Türkiye’deki Düzey-1 Bölgelerinin Eğitim Göstergeleri Açısından Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 13-25.
- İşık, Ö. (2021). AHP, CRITIC VE WEDBA Yöntemlerini İçeren Entegre Bir ÇKKV Modeli İle AXA Sigorta Şirketinin Finansal Performansının Analizi. *Uluslararası İşletme, Ekonomi ve Yönetim Perspektifleri Dergisi (IJBEMP)*, 892-908.
- 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.
- Kalkınma Bakanlığı. (2022, Nisan 2). 2015-2018 Bilgi Toplumu Stratejisi ve Eylem Planı. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı Bilgi ve İletişim Teknolojileri Dairesi: www.bilgitoplumstratejisi.org adresinden alındı
- Kısa, A. C. (2020). TR83 bölgesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının CRITIC tabanlı gri ilişkisel analiz yaklaşımı ile değerlendirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 542-548.
- Krishankumar, R., Ramprakash, R., Premaladha, J., & Ravichandran, K. S. (2017). Solving head nurse selection problem using hybrid VIKOR method under triangular fuzzy environment. 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS) (s. 647-652). Chennai, Tamil Nadu, India: IEEE.

- Maniya, K., & Bhatt, M. G. (2010). A selection of material using a novel type decision-making method: Preference selection index method. *Materials & Design*, 1785-1789.
- Özsağır, A. (2014). Yenilik Ekonomisini Öne Çıkaran Gelişmeler. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 2 - 16.
- Pekkaya, M., & Bucak, U. (2018). ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİYLE BÖLGESEL LİMAN KURULUŞ YERİ SEÇİMİ: BATI KARADENİZ'DE BİR UYGULAMA. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, , 253-268.
- Rençber, Ö. F. (2018). İllerin Bilgi ve İletişim Teknolojileri Gelişmişliklerine Göre Sıralanması: Promethee Yöntemi İle Örnek Uygulama . *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* , (33) , 293-312 . DOI: 10.30794/pausbed.425451
- Selim, S. & Balyaner, İ. (2017). TÜRKİYE'DE HANEHALKININ SAHİP OLDUĞU BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ ÜRÜNLERİ SAYISINI BELİRLEYEN FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI: BİR SAYMA VERİ MODELİ - INVESTIGATION OF THE FACTORS DETERMINING THE NUMBER OF INFORMATION TECHNOLOGY PRODUCTS OWNED BY HOUSEHOLDS: A COUNT DATA MODEL . *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* , 9 (22) , 428-454 . DOI: 10.20875/makusobed.296800
- Temel, Ç., & Ferudun, S. (2005). KÜRESELLEŞME, BİLGİ TOPLUMU VE EĞİTİM. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 55-66.
- Temiz Dinç, D. (2020). 1980 SONRASI TÜRKİYE'DE UYGULANAN TEKNOLOJİ POLİTİKALARI VE TÜRKİYE AÇISINDAN TEKNOLOJİK GELİŞME GÖSTERGELERİ . *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi* , (28) , 119-136 . DOI: 10.18092/ulikidince.700665
- Toslak, M., Aktürk, B., & Ulutaş, A. (2022). MEREC ve WEDBA Yöntemleri ile Bir Lojistik Firmasının Yıllara Göre Performansının Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 363-372.
- TÜBİSAD, Bilgi ve İletişim Teknolojileri Sektörü 2020 Pazar Verileri. TÜBİSAD: https://www.tubisad.org.tr/tr/images/pdf/tubisad_bit_2020_raporu_tr.pdf erişim tarihi 03/01/2022
- TUİK. Hanehalkı Bilişim Teknolojileri (BT) Kullanım Araştırması, 2021. TUİK: [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-\(BT\)-Kullanim-Arastirmasi-2021-37437](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-(BT)-Kullanim-Arastirmasi-2021-37437) erişim tarihi 03/01/2022
- Türe, H. (2019). Türkiye'nin Bölgeleri (İBBS-2) İçin Refah Düzeyi Değerlendirmesi. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 121-141.
- Ünal, Y. (2009). Bilgi toplumunun tarihçesi. *Tarih Okulu Dergisi*, 123-144.
- Yorulmaz, M., & Can, G. F. (2022). PSI-Entropi-Marcos entegrasyonu ile moodle öğrenim yönetim sistemi için öğrencilerin performans düzeylerinin kullanılabilirlik kriterleri açısından değerlendirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 000(1000), 0-0.



Microcontroller Based Wireless Communication System Design for Smart Streetlights

Cevdet Emre Yılmaz^{1*}, Savaş Şahin², Bahadır Yeşil³, Alkım Gökçen⁴

^{1*} İzmir Kâtip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical Electronics Engineering, Izmir, Turkey, (ORCID: 0000-0003-0552-7461), emrecedetyilmaz@gmail.com

² İzmir Kâtip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical Electronics Engineering, Izmir, Turkey, (ORCID: 0000-0003-2065-6907), sahin.savas@yahoo.com

³ Baylan Ölçü Aletleri Sanayi ve Ticaret LTD. ŞTİ. Department of Research and Development, Izmir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-9622-2593), b.yesil@baylanwatermeters.com

⁴ Baylan Ölçü Aletleri Sanayi ve Ticaret LTD. ŞTİ. Department of Research and Development, Izmir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8131-388X), a.gokcen@baylanwatermeters.com

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1134668)

ATIF/REFERENCE: Yılmaz, C., Şahin, S., Yeşil, B. & Gökçen, A. (2022). Microcontroller Based Wireless Communication System Design for Smart Streetlights. *European Journal of Science and Technology*, (37), 90-95.

Abstract

Street lighting accounts for a large part of the total energy consumption in cities. This study focused on reducing energy consumption in light-emitting diode (LED) street lighting and detecting defective LED streetlights. For this purpose, a microcontroller-based wireless communication system has been designed for smart LED streetlights. In the designed system, the light intensity of the LED streetlight, the air temperature and humidity, and the number of movements around the streetlight were observed. The developed module consists of an embedded system in which the observed values are analyzed, and the brightness of the LED luminaire is controlled according to the output. The microcontroller used in the embedded system is programmed with the C programming language to enable the communication of the sensors and data transmission. A human-machine interface has been developed for observing the measured values. Long-range (LoRa) technology is used to transfer the data received from the sensors to the computer environment. LoRa technology consists of an end device, gateway, server (Chirpstack), and human-machine interface. After sunset, the motion sensor was activated and the number of environmental movements was detected. The environment was described as crowded or secluded according to the number of detected movements. The brightness of the LED streetlight was determined automatically after midnight according to the ambient conditions. The effects of the developed system on energy consumption were analyzed, and the results were presented.

Keywords: LoRa, Microcontroller, Fault detection, Energy saving, Smart streetlight.

Akıllı Sokak Lambaları için Mikrodenetleyici Tabanlı Kablosuz Haberleşme Sistemi Tasarımı

Öz

Sokak aydınlatması şehirlerdeki toplam enerji tüketiminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu çalışma, ışık yayan diyot (LED) sokak aydınlatmasında enerji tüketimini azaltmaya ve arızalı LED sokak lambalarını tespit etmeye odaklanmıştır. Bu amaçla akıllı LED sokak lambaları için mikrodenetleyici tabanlı kablosuz iletişim sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemde LED sokak lambasının ışık şiddeti, hava sıcaklığı ve nemi ile sokak lambasının etrafındaki hareket sayısı gözlemlenmiştir. Geliştirilen modül, gözlenen değerlerin analiz edildiği ve çıkışa göre LED armatürün parlaklığının kontrol edildiği gömülü bir sistemden oluşmuştur. Gömülü sistemde kullanılan mikrodenetleyici, sensörlerin iletişimini ve veri iletimini sağlamak için C programlama dili ile

^{1*} Corresponding Author: emrecedetyilmaz@gmail.com

programlanmıştır. Ölçülen değerlerin gözlemlenmesi için bir insan-makine arayüzü geliştirilmiştir. Sensörlerden gelen verileri bilgisayar ortamına aktarmak için uzun menzilli (LoRa) teknolojisi kullanılmıştır. LoRa teknolojisi, bir uç cihaz, ağ geçidi, sunucu (Chirpstack) ve insan-makine arayüzünden oluşur. Gün batımından sonra hareket sensörü devreye girmiştir ve ortam hareketlerinin sayısı tespit edilmiştir. Tespit edilen hareket sayısına göre ortam kalabalık veya tenha olarak tanımlanmıştır. LED sokak lambasının parlaklığı, ortam koşullarına göre gece yarısından sonra otomatik olarak belirlenmiştir. Geliştirilen sistemin enerji tüketimi üzerindeki etkileri analiz edilmiş ve sonuçlar sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: LoRa, Mikroişlemci, Hata tespiti, Enerji tasarrufu, Akıllı sokak lambası.

1. Introduction

Electrical energy consumption is overgrowing with population growth and urbanization (Satterthwaite, 2009). The increase in energy consumption brings with it types such as environmental, noise, and light pollution (Gallaway, Olsen, & Mitchell, 2010). Reasons for light pollution; are street lighting, vehicle lighting, and lighting made to decorate parks and gardens (Korkmazer et al., 2019). Street lighting illuminates the environment at night, increases the viewing distance, creates a sense of trust, and decorates the environment (Douglas & Douglas, 2004). However, unconscious and excessive lighting negatively affects nature and electrical energy consumption (Abdou, 1997). Street lighting can be divided into classical and light-emitting diode (LED) lighting (Lagorse, Paire, & Miraoui, 2009). In classical lighting, the preferred luminaire type is sodium vapor street luminaire (Rustemli & Demir, 2021). The sodium vapor streetlight is monochrome, relative to the color visible during the day, and shows objects as shaded black (Owens & Lewis, 2018). Besides, sodium vapor fixtures require warm-up time (Peck, Ashburner, & Schratz, 2011). Sodium vapor fixtures cannot operate at full power during the warm-up period and glow pink/red (Xie et al., 2011). Sodium vapor armatures have a life of 9000 - 12000 hours (Sanford, 2004). With the emergence of LED street fixtures, sodium vapor fixtures are no longer preferred (Minnaar et al., 2015). LED technology has high energy efficiency, low cost, and long life, and therefore it has been used in many interior and exterior lighting areas, especially street lighting (De la Obra et al., 2017). LED luminaires are more advantageous than traditional lighting with their features such as providing the same light power with lower energy, saving a large amount of energy, long-lasting around 50,000 hours without maintenance, and not changing color when the light is dimmed/turned on (Taguchi, 2008). LED street luminaires are available in different colors (Davidovic et al., 2019). In addition to converting street luminaires from sodium vapor to LED luminaires, the adverse effects can be reduced by making systems intelligent (Yoomak et al., 2018). Also, making systems smart increases energy savings and social welfare (Sharma et al., 2021). Intelligent systems realize features such as using electrical energy at the desired level and passivation by adapting to environmental factors at certain times (Goodenough, Abruña, & Buchanan, 2007).

In this study, designed a system to reduce energy consumption by making the LED streetlight smart and detecting faulty streetlights. There are sensors in the system that measure the light intensity, humidity, and temperature of the environment and detect the movement in the environment. These variables are the light-dependent resistor, which measures the light intensity of the LED streetlight, the motion sensor that captures the movement in the environment, and a temperature and humidity sensor that measures the temperature and humidity of the environment. In the designed system, a Long-range wide area

network infrastructure was used for data transfer to the server and the processes reaching the processor from the server. Inversely proportional to the number of detected movements, the brightness of the streetlight decreases at specific rates after midnight. The streetlight was not completely turned off to not create a security gap and not disturb the welfare of society. At sunrise, the streetlight is completely turned off. The system checks whether the streetlight is off. If the streetlight is not turned off, the server is informed that it is not turned off. All variables can be monitored with the designed human-machine interface.

The declaration's content is as follows: the equipment used and the communication protocol are mentioned in Section 2. the results obtained in the designed project are given in Section 3. conclusions are presented in Section 4, and future research directions are outlined.

2. Material and Method

The designed system consists of a light-dependent resistor for light-emitting diode (LED) luminaire, temperature and humidity sensor for ambient temperature and humidity, motion sensor for human density, in-plane switching display, and LED street luminaire, power supply, L298N motor driver, and, STM32L053R8 microcontroller. It also consists of a Long-range (LoRa) end device, LoRa gateway, server, and application that enables the system to exchange information, retrieve information such as time and date, display broadcast information, and store sensor data. Voltage control on the L298N is done by pulse width modulation. The workflow diagram of the designed system is given in Fig. 1.

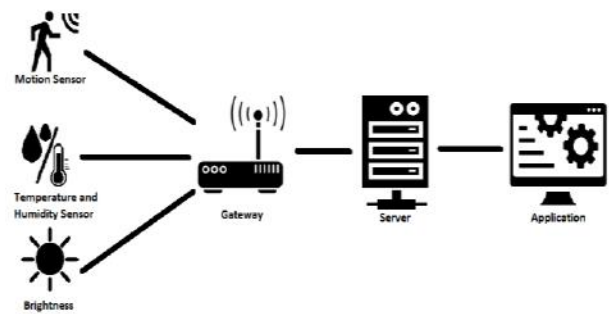


Fig. 1. Workflow Diagram

2.1. Peripheral Units

The designed system uses a light-dependent resistor (LDR) to measure the light intensity emitted by the light-emitting diode (LED) luminaire. The operating temperature range of the LDR is between $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, and it is an analog sensor. A 100nF capacitor is connected in series with the LDR to prevent noise in the measurement. In the proposed work, an analog to digital converter (ADC) system converts analog signals from the temperature sensor to digital signals. The resolution of the ADC is 12 bits. The LDR is calibrated to lux. Thanks to its wide input voltage between 3.5 and 5 volts, it is also used in many applications and industrial projects. LDR is placed in the closest position to the LED luminaire as it is aimed to get maximum efficiency from the operation. The LDR used in the designed system is shown in Fig. 2.



Fig. 2. Light Dependent Resistor (Putri & Aryza, 2018)

In the designed system, the DHT-11 temperature and humidity sensor was used to create a new data set, use it in other studies, and create a more prosperous environment. The sensor is digital output and calibrated. The operating voltage range is between 3.5 and 5 volts. Over and above, the operating temperature is between $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. The sensor uses a single bus format for communication. A communication process is approximately 4 ms. Data transmission is a combination of significant and insignificant bytes, totaling 5 bytes. The temperature and humidity sensor is preferred for anti-interference, fast response, small size, low energy consumption, and signal transmission up to 20 meters. The temperature and humidity sensor used in the designed system is shown in Fig. 3.



Fig. 3. Temperature and Humidity Sensor (Yuen et al., 2018)

Motion module HC-SR501 is used to detect movements around the LED luminaire. The motion module detects motion thanks to its infrared sensor. The module has an adjustable motion detection distance of 3 to 7 meters. The module has a digital output, and how long the result stays high can be adjusted. It gives 3.3 volts. The input voltage is between 5 and 20 V. It is aimed to detect the maximum number of movements by minimizing the duration of the output being high. The motion sensor used in the designed system is shown in Fig. 4.



Fig. 4. Motion Sensor (Shiraki et al., 2021)

The LED luminaire used in the system contains 16 LEDs and has a square structure. It has an operating range of 12 - 24 V. It consumes 48 watts of energy at 100% brightness. It has been used in the recommended system due to its waterproof and long life. The LED luminaire in the designed system is shown in Fig. 5.



Fig. 5. LED Luminaire

In-plane switching (IPS) thin-film transistor (TFT) display module is placed in the system to see the data received from the sensors instantly. The dimensions of the IPS screen used are $13.5\text{ mm} \times 27.95\text{ mm} \times 1.5\text{ mm}$. Its resolution is 80×160 pixels. It also communicates with the microcontroller via serial peripheral interface protocol. It is placed inside the box that protects the module, preventing it from being affected by adverse weather conditions. The $0.96''$ 80×160 IPS TFT display module used in the designed system is shown in Fig. 6.



Fig. 6. $0.96''$ 80×160 IPS TFT Display Module

STM32L053R8 microcontroller has a 64 KB flash 32-bit ARM cortex M0 core. In this project, the microcontroller Long-range LoRa module will transfer the data and fault information from the motion, LDR temperature, and humidity sensors to the relevant institutions. LDR will use it to control the light level of the system. Unlicensed frequency channels are used in the industrial, scientific medical band (ISM). Otherwise, the radio frequency output power is designed not to exceed the value that can be used without the need for a license. In this way, the cost of the system has been dramatically reduced. This system is used in the ISM band with 868 MHz. It first sends a media access control command to the server when the system boots up. The server sends the system's hour, minute, second, and date information. Time-based transactions are easily performed under the auspices of the time data received from the server. The (a) STM32L053R8 Microcontroller and, (b) SX1276M1MAS LoRa End-Device used in the designed system is shown in Fig. 7.

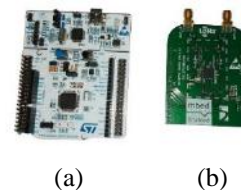


Fig. 7. (a) STM32L053R8 Microcontroller and, (b) SX1276M1MAS LoRa End-Device

These devices use wireless, cellular sharing technologies, and TCP/IP protocol to transfer data from LoRa nodes to the server. The LoRa gateway will transfer the data coming from the LoRa communication module connected to the smart streetlight to the server in the proposed system. Additionally, it transmits data from the server to the LoRa end device. The LoRa gateway used in the designed system is shown in Fig. 8.



Fig. 8. LoRa Gateway (Widianto, Pakpahan, & Septiana, 2018)

2.2 Proposed Smart Streetlight System

A motion sensor was used to detect the number of movements around the streetlight from sunset to 00:00. The variable value of the motion sensor increases by one each time it detects motion. When the variable reaches 60, the environment is considered crowded, and the brightness of the light-emitting diode (LED) luminaire remains at 100%. If the amount of motion detected due to the measurement is between 30 and 60, the brightness is 25%, and when less than 30% motion is detected, the brightness decreases by 50%. The brightness ratio remains at 50% when there is no motion. The brightness of the LED luminaire is not turned off completely, as completely turning off the LED luminaire will cause a decrease in environmental safety and an uncertain environment. When the LED luminaire works, its average temperature is 60 °C. Light-dependent resistor (LDR) continuously measures the luminous intensity of the LED street luminaire. When the value received from LDR falls below a specific value, it is understood that the streetlight does not work. The temperature and humidity sensor

measures the temperature and humidity of the environment. A liquid-crystal display panel is placed inside the module so that the data received from the sensors can also be seen on the module. The measured temperature and motion data, erroneous or non-defective information, and brightness information are transmitted by radio frequency to the Long-range (LoRa) gateway by the LoRa end device. LoRa gateway has internet access. In this way, the data is transferred to the server. Radio LoRa broadcasts were made every 1 hour. It also informs the relevant institutions by broadcasting when the streetlight does not give light. 868 MHz is broadcast according to European standards. A Long-range wide area network (LoRaWAN) default end node class port is defined as Class C. LoRaWAN adaptive data rate is on. The LoRaWAN activation type is authentication by personalization. The flowchart of the system is given in Fig. 9.

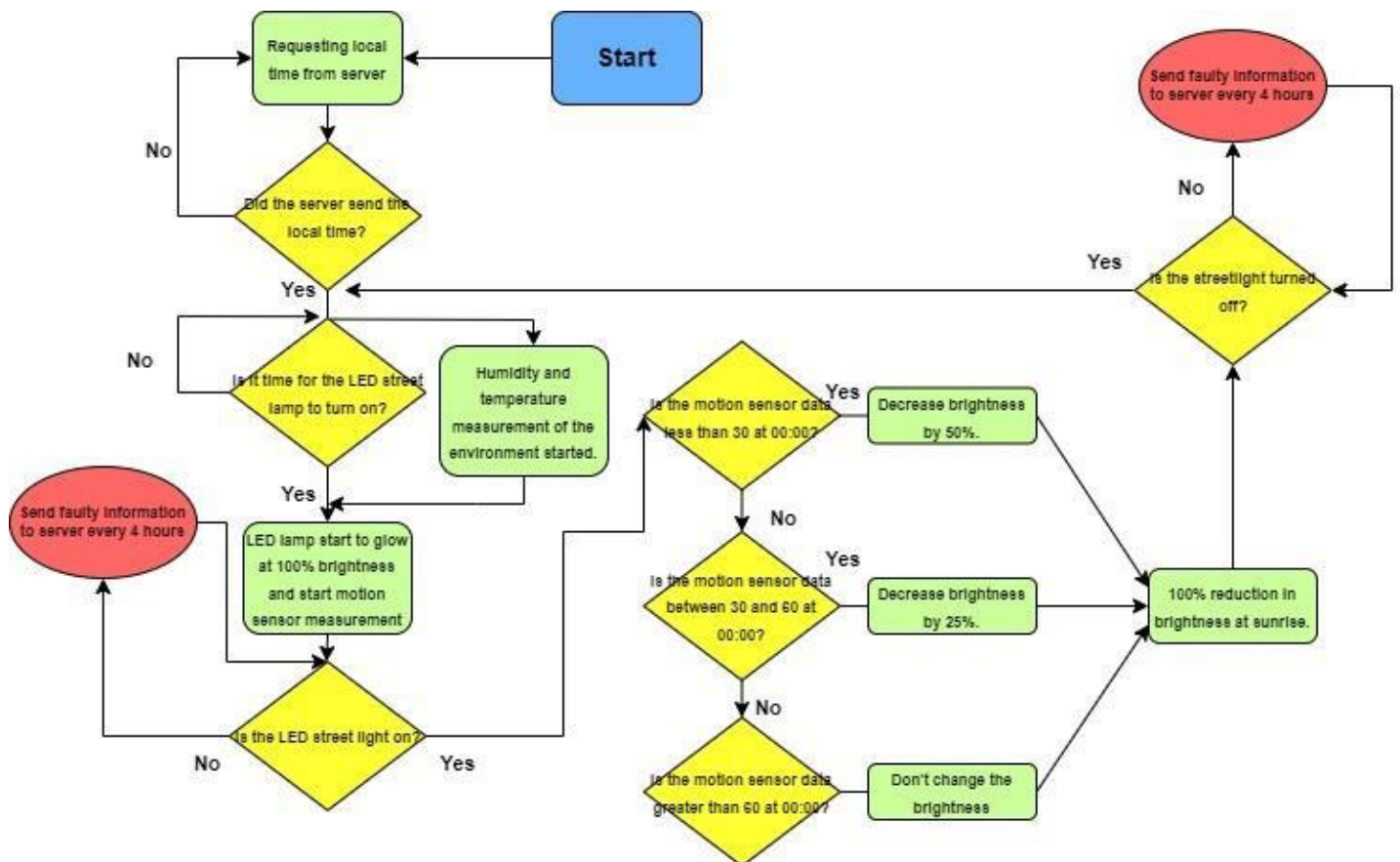


Fig. 9. Flowchart of The System

The overview of the system is given in Fig. 10.



Fig. 10. System Overview

3. Results and Discussion

This system, it is aimed to examine the relationship between the amount of energy consumed by the light-emitting diode (LED) streetlight in different modes and the amount of energy consumed by the sodium vapor streetlight in different periods, and the amount of energy consumed. To speed up troubleshooting/repair phases with an LED streetlight. There are sensors in the system that measure the value of 4 variables. These variables are the light-dependent resistor (LDR), which measures the light intensity of the LED streetlight, the motion sensor that captures the movement in the environment, and a temperature and humidity sensor that measures the temperature and humidity of the environment. LDR and motion sensor are active when the LED streetlight is turned on to save energy. The temperature and humidity sensors are always busy. In the designed system, a Long-range wide area network infrastructure was used for data transfer to the server and the processes reaching the processor from the server. When the system starts, it sends a media access control (MAC) command to the server to learn the local time. The server checks local time information to determine whether a downlink is made or not. If the local time does not reach the system, the MAC command is repeated at certain time intervals. When the local time goes to the processor, it is controlled when the LED streetlight will turn on according to the month and day. When the LED streetlight is on, it lights up at 100% brightness, and at the same time, the motion sensor and LDR sensor start to measure. When the light intensity falls below a specific value, the streetlight sends the LoRa terminal device to the server with the information that the streetlight is malfunctioning. When the time is 00:00, the number of detected motions is evaluated. If the total number of detected movements is more than 60, the streetlight continues to glow at 100% brightness. If the total number of seen motions is between 30 and 60, the streetlight will turn on at 75% brightness, and if less than 30, at 50% brightness. In order not to create a security gap and not to deteriorate the welfare of society, the streetlight was not completely turned off. At sunrise, the streetlight is completely turned off. The system checks whether the streetlight is turned off. If the streetlight is not turned off, the server is

informed that it is not turned off. An example view of the designed computer interface is shown in Fig. 11.

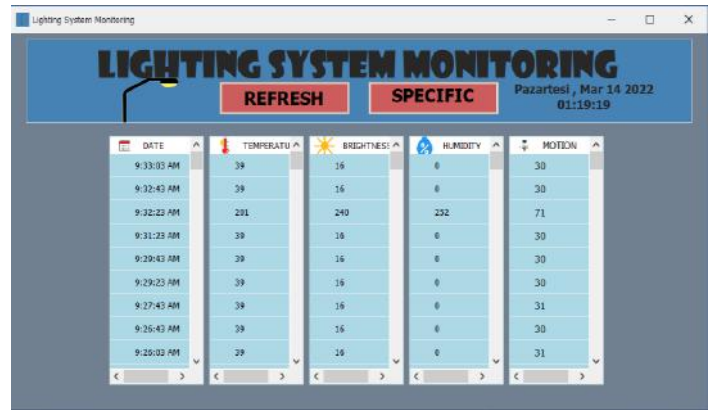


Fig. 11. Designed Interface

As a result of the measurements, the data presented in Table 1. are presented in terms of the current drawn by the streetlight at different brightnesses in amps, the voltage used in volts, and the total power consumed in watts.

Table 1. Total Power Consumed at Different Brightnesses

| Brightness | Current (A) | Voltage (V) | Total Power Consumption (W) |
|-----------------|-------------|-------------|-----------------------------|
| 100% Brightness | 0.565 A | 10.26 V | 5.80 W |
| 75% Brightness | 0.493 A | 9.15 V | 4.51 W |
| 50% Brightness | 0.410 A | 7.24 V | 2.97 W |
| 25% Brightness | 0.224 A | 3.34 V | 0.75 W |

The amount of energy consumed by the streetlight at different brightnesses is shown in Fig. 12 every month.

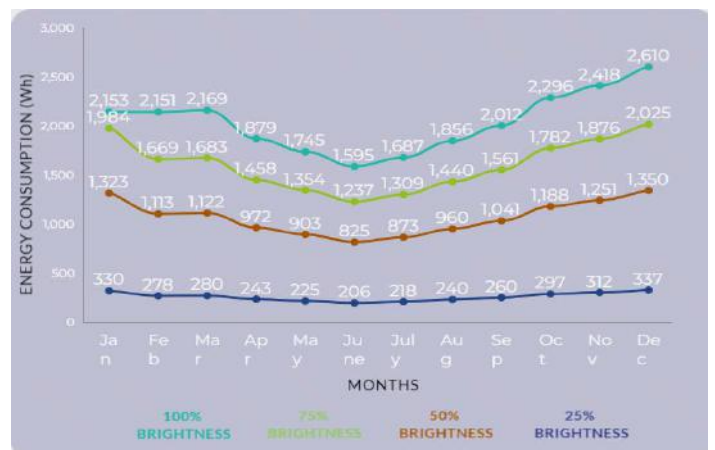


Fig. 12. Energy Consumption of Streetlight by Month

4. Conclusions and Recommendations

This study designed and tested a light-emitting diode (LED) street luminaire system with communication protocol instead of a sodium vapor street luminaire. The brightness of the LED streetlight should be checked by examining the data received from the sensors connected to the system. The transfer of data to the server was performed by the long-range (LoRa) end device, the LoRa gateway. The long-range wide area network protocol can be quickly and successfully applied to transmit data and multiple systems. The data reaching the server can be easily examined thanks to the prepared interface, and the authorized person is automatically informed via e-mail in case of unintentional data changes. Sodium vapor street fixtures consume 70-400 Watts of power. Thanks to the designed system, energy consumption has decreased considerably, and significant energy saving has been achieved. The LED streetlight malfunctioned cases were determined, and the malfunction information was sent to the server. The system was implemented, the application details were explained, and presented the results. Based on the results given, no problems were encountered in the communication and stability of the system, and it has been shown to perform adequately. Machine learning methods can be used to improve wireless communication in case the proposed work is continued or similar in the future.

5. Acknowledge

This work is supported by the Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBITAK) under the 2209B-Bachelor Final Thesis Focused on Industry Program with Project number 1139B412100859.

References

- Abdou, O. A. J. J. o. a. e. (1997). Effects of luminous environment on worker productivity in building spaces. 3(3), 124-132.
- Davidovic, M., Djokic, L., Cabarkapa, A., Djuretic, A., Skerovic, V., & Kostic, M. J. I. a. (2019). Drivers' preference for the color of LED street lighting. 7, 72850-72861.
- De la Obra, I., Esteban García, B., García Sánchez, J., Casas López, J., Sánchez Pérez, J. J. P., & Sciences, P. (2017). Low cost UVA-LED as a radiation source for the photo-Fenton process: a new approach for micropollutant removal from urban wastewater. 16(1), 72-78.
- Douglas, C. H., & Douglas, M. R. J. H. e. (2004). Patient-friendly hospital environments: exploring the patients' perspective. 7(1), 61-73.
- Gallaway, T., Olsen, R. N., & Mitchell, D. M. J. E. e. (2010). The economics of global light pollution. 69(3), 658-665.
- Goodenough, J. B., Abruña, H. D., & Buchanan, M. V. (2007). Basic research needs for electrical energy storage. report of the basic energy sciences workshop on electrical energy storage, april 2-4, 2007. Retrieved from
- Korkmazer, E., Bektas, Y., Aykanat, M., Jevdzade, S., & Caymaz, G. F. Y. J. J. O. C. U. A. (2019). Study of Light Pollution in Urban Lighting in Nisantasi Example. 3(2), 8-15.
- Lagorse, J., Paire, D., & Miraoui, A. J. R. E. (2009). Sizing optimization of a stand-alone street lighting system powered by a hybrid system using fuel cell, PV and battery. 34(3), 683-691.
- Minnaar, C., Boyles, J. G., Minnaar, I. A., Sole, C. L., & McKechnie, A. E. J. J. o. a. e. (2015). Stacking the odds: light pollution may shift the balance in an ancient predator-prey arms race. 52(2), 522-531.
- Owens, A. C., & Lewis, S. M. J. E. (2018). The impact of artificial light at night on nocturnal insects: a review and synthesis. 8(22), 11337-11358.
- Peck, J., Ashburner, G., & Schratz, M. (2011). Solid state led lighting technology for hazardous environments; lowering total cost of ownership while improving safety, quality of light and reliability. Paper presented at the Petroleum and Chemical Industry Conference Europe Electrical and Instrumentation Applications.
- Putri, M., & Aryza, S. J. I. J. I. R. i. C. (2018). Design of security tools using sensor Light Dependent Resistor (LDR) through mobile phone. 4(10), 168-173.
- Rustemli, S., & Demir, Y. J. L. (2021). Comparative Analysis Of Lighting Installations Used In Road Illumination. 29(6).
- Sanford, S. J. U. o. W. M., WI, USA. (2004). Energy-Efficient Agricultural Lighting. 14, 1-12.
- Satterthwaite. (2009). The implications of population growth and urbanization for climate change. 21(2), 545-567.
- Sharma, P., Jain, S., Bagga, U., Panse, P. J. I. J. f. R. i. A. S., & Technology, E. (2021). Smart Traffic Light and Street Light Management System. 9(1), 392-397.
- Shiraki, S., Ohashi, Y., Uehara, T., & Shioda, S. J. I. A. (2021). Verification of error-increasing factors by sensor response-based localization technology through real device experiments. 9, 101729-101740.
- Taguchi, T. J. I. T. o. E. (2008). Present status of energy saving technologies and future prospect in white LED lighting. 3(1), 21-26.
- Widianto, E. D., Pakpahan, M. S., & Septiana, R. (2018). LoRa QoS performance analysis on various spreading factor in Indonesia. Paper presented at the 2018 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD).
- Xie, R.-J., Li, Y. Q., Hirosaki, N., & Yamamoto, H. (2011). Nitride phosphors and solid-state lighting: Taylor & Francis Boca Raton, FL.
- Yoomak, S., Jettanasen, C., Ngaopitakkul, A., Bunjongjit, S., Leelajindakraierk, M. J. E., & Buildings. (2018). Comparative study of lighting quality and power quality for LED and HPS luminaires in a roadway lighting system. 159, 542-557.
- Yuen, M.-C., Chu, S. Y., Chu, W. H., Cheng, H. S., Ng, H. L., & Yuen, S. P. J. I. J. E. T. (2018). A low-cost IoT smart home system. 7, 3143-3147.



Yüksek Sıcaklığın Polipropilen Lif Takviyeli Horasan Harcının Bazı Özelliklerine Etkisi

Tuğçe İsağça Kaya¹, Kemal Karakuzu², Ali Mardani^{3*}, Adem Doğangün⁴

¹ Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9331-1339), tucekaya@uludag.edu.tr

² Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1023-3962), karakuzu.kemal@gmail.com

^{3*} Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0326-5015), alimardani@uludag.edu.tr

⁴ Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1867-7103), adogangun@uludag.edu.tr

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies – 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1135216)

ATIF/REFERENCE: İsağça Kaya, T., Karakuzu, K., Mardani, A. & Doğangün, A. (2022). Yüksek Sıcaklığın Polipropilen Lif Takviyeli Horasan Harcının Bazı Özelliklerine Etkisi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (37), 96-101.

Öz

Dünyanın pek çok yerinde, tarihi eser niteliği taşıyan yapılarda kireç esaslı harç ve sıvaların kullanıldığı bilinmektedir. Horasan harcı ise ülkemizin önemli kültürel miraslarını oluşturan tarihi yapılarda sıklıkla rastlanan kireç esaslı bir geleneksel harç türüdür. Yüzyıllardan beri yapıların inşası sırasında örgü ve sıva harcı olarak kullanılan Horasan harcı günümüzde bu yapıların onarım ve güçlendirme işlerinde sıklıkla tercih edilmektedir. Bu sebeple, bu harcın dayanım ve durabilite özelliklerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmada da sentetik bir lif çeşidi olan polipropilen lif takviyesinin, yüksek sıcaklığa maruz bırakılan Horasan harcının bazı özelliklerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, kontrol karışımına ek olarak %0,4, 0,6, 0,8 oranlarında 3 mm uzunluğunda polipropilen lif içeren toplamda 4 farklı harç karışımı hazırlanmıştır. Tüm karışımlar için su/bağlayıcı, agrega/bağlayıcı oranları ve yayılma değerleri sırasıyla, 0,91, 3,0 ve 150±10 mm olarak sabit tutulmuştur. Tüm karışımlarda, bağlayıcı kütesinin %80'ini doğal hidrolik kireç ve %20'sini tuğla tozu oluşturmaktadır. Agrega olarak ise, %70 oranında tuğla kırığı %30 oranında dere kumu kullanılmıştır. Elde edilen harç numunelerinin, 90 günlük kür süresi sonunda, başlangıç durumunda ve 300, 600, 900 °C sıcaklığa maruz bırakıldıktan sonraki birim hacim ağırlık, ultrases geçiş hızı ve dinamik elastisite modülü değerleri belirlenmiştir. Deneysel çalışma sonucunda, harç karışımlarında lif kullanımı ve dozajının artışı ile hedef yayılma değerine ulaşabilmek için su azaltıcı katkı ihtiyacının arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, lif içeriğine bağlı olarak, numunelerin başlangıç durumunda ve 300 °C sıcaklığa maruz bırakıldıklarında söz konusu değerlerinde azalma olduğu görülmüştür. Daha yüksek sıcaklıklarda ise lifli ve lifsiz numunelerin ultrases geçiş hızı ve dinamik elastisite modülü değerleri açısından benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Horasan Harcı, Kireç Harcı, Polipropilen Lif, Yüksek Sıcaklık

Effect of Elevated Temperature on Some Properties of Polypropylene Fiber Reinforced Khorasan Mortar

Abstract

In many parts of the world, it is known that lime-based mortars and plasters are used in buildings that have the characteristics of historical monuments. On the other hand, Khorasan mortar is a traditional type of lime-based mortar that is frequently found in historical buildings that constitute the important cultural heritage of our country. Khorasan mortar was used as a masonry mortar and plaster during the construction of structures for centuries. It is also frequently preferred in the restoration works of these structures. For this reason, studies are continuing to improve the strength and durability properties of this mortar. In this study, the effect of polypropylene fiber reinforcement on some properties of Khorasan mortar specimens exposed to high temperatures was investigated. For this purpose, in addition to the control mixture, four different mortar mixtures containing 3 mm long polypropylene fiber at 0.4, 0.6 and 0.8% ratios were prepared. Water/binder, aggregate/binder ratios and target flow value for all mixtures were constant at 0.91, 3.0 and 150±10 mm, respectively. 80% of the binder mass consists of natural hydraulic lime and 20% of brick dust in all mixtures. 70% crushed brick and 30% river sand were used as aggregate. At the end of the 90-day curing period, the unit weight, ultrasonic pulse velocity and modulus of dynamic elasticity values of the mortar specimens were determined in their initial state and after exposure to 300, 600, 900 °C. As a result of the experimental study, it was determined that the need for water-reducing admixture increased to reach the target flow value with the increase in fiber utilization ratio in mortar mixtures. In addition, depending on the fiber utilization ratio, it was observed that the values in question decreased in the initial state and after exposure to a temperature of 300 °C. At higher temperatures, fibrous and non-fibrous specimens were found to have similar properties in terms of ultrasonic pulse velocity and modulus of dynamic elasticity.

Keywords: Khorasan Mortar, Lime Based Mortar, Polypropylene Fiber, Elevated Temperature.

1. Giriş

Çimento teknolojisinin gelişmesinden önce yapılarda, kireç esaslı harçların tercih edildiği bilinmektedir. Bu sebeple, tarihi yapılarda kireç esaslı harçlara sıklıkla rastlanmaktadır. Ancak kirecin geç priz alması, dayanım kazanma süresinin uzun olması ve gözenekli yapısı nedeniyle çeşitli dayanım ve dayanıklılık sorunları gözlemlenebilmektedir (Silva ve ark., 2019; Arizzi ve Cultrone, 2012). Bu amaçla, dönemin teknolojisine bağlı olarak, çeşitli katkı ve lif kullanımı ile bu harçların dayanım ve dayanıklılık performansları artırılmaya çalışılmıştır (Brandt, 2008; Tekin ve Kurugöl, 2012). Kireç esaslı bir harç türü olan Horasan harcı, öğütülmüş tuğla veya kiremit parçası içeren geleneksel bir harç türüdür. Horasan harcının yapısında bulunan pişmiş kil (tuğla tozu, tuğla kırığı vb.), puzolanik aktivite özelliği ile harcın hidrolik performansını artırarak, karışımların dayanım ve dayanıklılık özelliklerini olumlu etkilemektedir. Horasan harcı, hidrolik özelliğinden ötürü, Osmanlı, Selçuklu ve Bizans dönemlerinde, suya maruz kalan yapılarda sıklıkla tercih edilmiştir (Akman ve ark.,1986; Böke ve İpekoğlu, 2004; İsafova ve ark, 2021).

Tarihi yapılarda, çevresel koşullara, dinamik yüklere, yapının kullanım amacına ve kullanılan malzeme gibi etkenlere bağlı olarak çeşitli bozulmalar meydana gelebilir (Torraca, 1982; İsafova ve ark., 2021). Yangınlar da bu etkenlerden biridir. Dünyanın pek çok farklı yerinde meydana gelen yangınlar, tarihi yapılarda ciddi hasarlar meydana getirmektedir. Horasan harcı gibi, yığma yapılarda taşıyıcı duvarları oluşturan elemanları birbirine bağlama amaçlı ya da yapıyı korumak üzere sıva olarak kullanılan malzemelerin, yüksek sıcaklığa maruz kalması sonucunda, fiziko-mekanik ve kimyasal özellikleri önemli derecede olumsuz etkilenebilmektedir. Örneğin, örgü harçlarının performansının zayıflaması yapının stabilitesinin olumsuz etkilenmesine sebep olabilmektedir. Yangına maruz kalan harcın performansı, malzemenin yapısı, ulaşılan maksimum sıcaklık ve maruz kalma süresi gibi etkenler ile ilişkilidir (Pachta ve Stefanidou, 2021).

Çimentolu sistemlerde, yüksek sıcaklığa karşı direncin artırılmasında polipropilen (PP) lifler sıklıkla kullanılmaktadır (Akça ve Zihnioğlu, 2013; Akça ve Özyurt, 2018; Durgun ve ark., 2021). Lifler, yüksek sıcaklıkta eriyerek yüksek sıcaklık etkisine bağlı olarak oluşabilecek buhar basıncının azalmasını sağlayan boşluklar oluşturmaktadır. Fakat, Horasan harcının yüksek sıcaklık direncinin artırılmasına yönelik yapılan çalışmalarda eksiklik olduğu görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında da yüksek sıcaklığa maruz bırakılan PP lif takviyeli Horasan harç numunelerinin dinamik elastisite modülü ve gözeneklilik özelliklerinin ultra-ses geçiş hızı (UPV) deneyi yardımı ile yorumlanması hedeflenmiştir. Bu amaçla, lif içermeyen kontrol karışımına ek olarak, hacimce %0,4, 0,6 ve 0,8 oranlarında PP lif içeren toplamda 4 farklı harç karışımı hazırlanmıştır. Hazırlanan harç karışımlarının, 150±10 mm olarak belirlenen hedef yayılma değerine ulaşabilmesi için gerekli su azaltıcı katkı miktarı ve zamana bağlı yayılma değerleri belirlenmiştir. 90 günlük kür süresinin sonunda sertleşmiş hal birim hacim ağırlık (BHA), ultrases geçiş hızı (UPV) ve dinamik elastisite modülü (DEM) değerleri tespit edilmiştir.

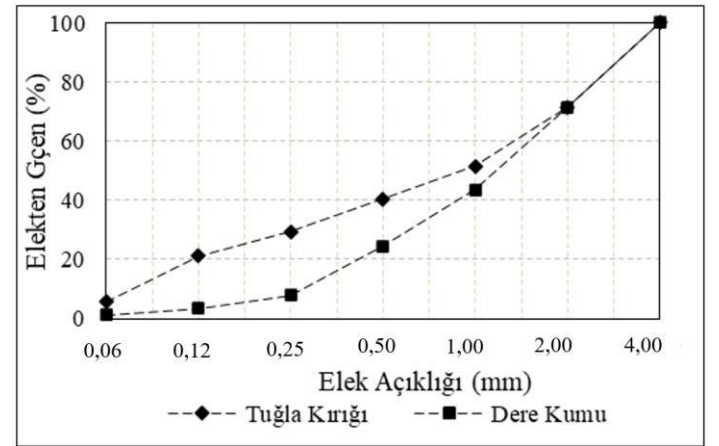
2. Materyal ve Metot

2.1. Malzemeler

Horasan harç karışımlarında, bağlayıcı olarak ağırlıkça %80 doğal hidrolik kireç (NHL3,5) ve %20 tuğla tozu (90 µm elekten elenmiş) kullanılmıştır. Hidrolik kireç ve tuğla tozunun fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Agrega olarak 4 mm'lik elekten elenen tuğla agregası ve nehir kumu tercih edilmiştir. Agregalara ait gradasyon eğrisi Şekil 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Harç karışımlarında kullanılan doğal hidrolik kireç ve tuğla tozuna ait fiziksel ve kimyasal özellikler

| Bileşen | Birim | Miktar | |
|----------------|--------------------|----------------------|------------|
| | | Doğal Hidrolik Kireç | Tuğla Tozu |
| SiO_2 | % | 8,47 | 47,72 |
| Al_2O_3 | % | 3,46 | 14,60 |
| Fe_2O_3 | % | 0,39 | 11,02 |
| CaO | % | 53,84 | 8,98 |
| MgO | % | 0,62 | 6,51 |
| SO_3 | % | 0,54 | 1,25 |
| Na_2O | % | 0,16 | 2,39 |
| K_2O | % | 0,27 | 1,60 |
| Kızdırma Kaybı | % | 30,41 | 0,92 |
| Özgül Ağırlık | | 2,79 | 2,95 |
| Blaine | cm ² /g | 5850 | 4150 |



Şekil 1. Tuğla agregası ve dere kumuna ait gradasyon eğrisi

Tablo 2. Harç karışımlarını oluşturan malzeme miktarları

| Karışım | Kireç(g) | Tuğla Tozu (g) | Tuğla Kırığı (g) | Dere Kumu (g) | Su (g) | Lif (%) * | Su Azaltıcı Katkı (%) ** |
|---------|----------|----------------|------------------|---------------|--------|-----------|--------------------------|
| K | 280 | 70 | 735 | 315 | 320 | - | - |
| PPF4 | 280 | 70 | 735 | 315 | 320 | 0,4 | 0,28 |
| PPF6 | 280 | 70 | 735 | 315 | 320 | 0,6 | 0,40 |
| PPF8 | 280 | 70 | 735 | 315 | 320 | 0,8 | 0,50 |

*Hacimce **Ağırlıkça

2.1.1. Karışımların Hazırlanması

Çalışma kapsamında, su azaltıcı katkı veya lif içermeyen kontrol karışımına ek olarak, hacimce %0,4, 0,6 ve %0,8 oranlarında 3 mm uzunluğunda ve 0,91 g/cm³ yoğunluğunda PP lif içeren dört farklı Horasan harç karışımı hazırlanmıştır. Tüm karışımların bağlayıcı/agrega oranı ve hedef yayılma değerleri sırasıyla 1/3 ve 150±10 mm olarak sabit tutulmuştur. Ayrıca lifli karışımlarda, hedef yayılma değerini sağlamak için polikarboksilat eter esaslı su azaltıcı katkı kullanılmıştır.

Karışımların isimlendirilmesi, içerdikleri lif oranlarına göre yapılmıştır. Lif içermeyen kontrol karışımı K ile gösterilirken %0,4 oranında lif içeren karışım PPF4 olarak isimlendirilmiştir. Horasan harç karışımlarının üretiminde kullanılan malzeme miktarları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2'de verilen karışım oranları göz önünde bulundurularak, yüksek sıcaklık deneyine tabi tutulmak üzere, 50 mm boyutlarında küp numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler, EN 1015-11'e uygun olarak, ilk 2 günü kalıp içerisinde olmak üzere 20±2°C'de %95±5 bağıl nemli ortamda 7 gün, deney gününe kadar da 20±2°C'de, %65±5 bağıl nemli ortamda bekletilmiştir.

2.1. Metot

PP lif kullanımının harç karışımlarının zamana bağlı yayılma miktarına etkisini incelemek amacı ile 60 dakika boyunca her 15 dakikada bir ASTM C1437 standardına göre yayılma ölçümü gerçekleştirilmiştir.

90 günlük Horasan harç numunelerinin birim hacim ağırlık değerleri TS EN 12390-7 Standardına, ultrases geçiş hızı değerleri ASTM C597 Standardına göre tespit edilmiştir. Numunelerin dinamik elastisite modülleri Neville (2010) tarafından önerilen ve aşağıda gösterilen Denklem 1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$E_{dn} = \rho c^2 \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)} \quad (1)$$

E_{dn} : numunenin dinamik elastisite modülü (MPa),

ρ : sertleşmiş numunenin yoğunluğu (kg/m³),

c : ultrases geçiş hızı değeri (km/s)

ν = Poisson oranı

Poisson oranı tüm numuneler için 0,15 olarak kabul edilmiştir (Demirkan D.S., 2014; Drougkas ve ark., 2019).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Taze Hal Özellikleri

Karışımların hedef yayılma değerini sağlamak için su azaltıcı katkı gereksinimi ve zamana bağlı yayılma değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Harç karışımlarına ait zamana bağlı yayılma değerleri (mm)

| Karışım | Su Azaltıcı Katkı (%) * | 0. dk | 15. dk | 30. dk | 45. dk | 60. dk |
|---------|-------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| K | - | 16,0 | 15,6 | 14,7 | 14,7 | 14,2 |
| PPF4 | 0,28 | 16,0 | 15,6 | 15,4 | 15,1 | 14,7 |
| PPF6 | 0,40 | 15,9 | 14,9 | 14,2 | 14,1 | 13,7 |
| PPF8 | 0,50 | 14,0 | 13,3 | 13,0 | 12,5 | 12,5 |

*Ağırlıkça

Tablo 3'ten de anlaşıldığı gibi karışımlara lif ilavesi ve kullanım oranının artması ile istenilen yayılma değerini sağlamak için su azaltıcı katkı gereksiniminin arttığı görülmüştür. Söz konusu su azaltıcı katkı gereksiniminin artışının, liflerin işlenebilirliği olumsuz etkilemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Lif dozajının artışı ile bu etki daha baskın hale gelmektedir. Literatürde PP lif kullanılan çalışmalarda benzer sonuçlar tespit edilmiştir (Izaguirre ve ark. 2011; Barbero-Barrera ve Medina, 2018).

Lif kullanımının karışımların zamana bağlı yayılma davranışına etkisini incelemek için, karışımların yayılma değerleri, her 15 dakikada bir olmak üzere 60 dakika boyunca ölçülmüştür. Buna göre, 60 dakika sonunda karışımların yayılma değerlerindeki kaybın %7,8 ve 10,9 arasında olduğu görülmüştür. Bu bağlamda, kıvam koruma bakımından en iyi performansı PPF4, en kötü performansı ise PPF6 karışımının gösterdiği belirlenmiştir.

3.2. Sertleşmiş Hal Özellikleri

3.2.1. Sertleşmiş Hal Birim Hacim Ağırlık

Çalışma kapsamında, Horasan harç numuneleri 25°C ve 300°C, 600°C ve 900°C sıcaklığa maruz bırakıldıktan sonra BHA değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4: Horasan harç numunelerine ait sertleşmiş hal birim hacim ağırlık değerleri (kg/m³)

| | Karışımların sertleşmiş hal BHA değerleri (kg/m ³) | | | |
|------|--|---------|-------|-------|
| | 22°C | 300°C | 600°C | 900°C |
| K | 1757,33 | 1756 | 1728 | 1584 |
| PPF4 | 1706,67 | 1700 | 1676 | 1544 |
| PPF6 | 1714,67 | 1688 | 1680 | 1544 |
| PPF8 | 1680 | 1679.52 | 1628 | 1524 |

Hem kireç esaslı harçlarda hem de çimentolu sistemlerde kullanılan lifin topaklaşmasının, karışımların işlenebilirlik ve sıkıştırılabilirlik özelliklerini olumsuz etkileyerek harcın yapısında boşluk oluşumuna sebep olduğu bilinmektedir (Rosato ve ark., 2017; Izaguirre ve ark., 2011; Latifi ve ark., 2021; Durgun ve ark. 2022). Yüksek sıcaklık etkisinden bağımsız olarak, bu durum harç numunelerinin boşluk yapısını etkilemektedir. Tablo 4'ten görüldüğü üzere lif ilavesi ile tüm sıcaklık derecelerinde, harç numunelerinin BHA değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Lif dozajından bağımsız olarak, numunelerin maruz kaldığı sıcaklık arttıkça BHA değerlerinde azalma meydana gelmiştir. 300 °C'ye maruz bırakılan tüm numuneler için BHA değerlerindeki azalma, %1'in altında olmuştur. Bununla birlikte BHA kaybındaki en yüksek ve en düşük kayıplar sırasıyla, 600 °C için %3,1 (PPF8) ve %1,7 (K), 900 °C için ise %9,9 (K) ve %9,3 (PPF8) şeklinde olmuştur.

Yüksek sıcaklığa maruz kalan lifli numunelerin boşluk yapısı üzerinde 2 farklı mekanizmadan bahsedilmektedir (Aydm ve ark, 2008; Durgun ve ark., 2022). Birinci mekanizmada, numunelerin içerisindeki lifler yüksek sıcaklık altında eriyerek numunelerdeki boşluk miktarının artmasına sebep olur. İkinci mekanizmada ise erimiş liflerin oluşturduğu boşluk sebebiyle numunelerin gözeneklerindeki buhar basıncı azalır. Bu durum, bu basıncın numuneye olan zararlı etkisini azaltır. Buna bağlı olarak yüksek sıcaklıktan kaynaklı çatlak oluşumu da azalabilmektedir. Ayrıca, boşluk miktarı fazla olan numunelerde, soğuma daha yavaş gerçekleşmektedir. Buna bağlı olarak da soğutma işlemi sırasında numunede çatlak oluşumunun daha az olduğu bildirilmiştir (Durgun ve ark., 2022).

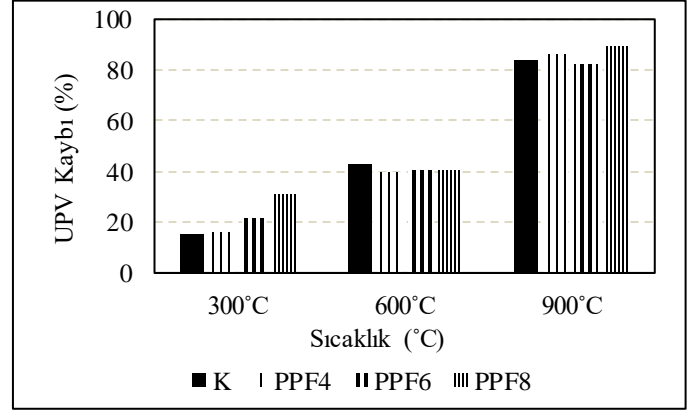
Çalışma kapsamında kullanılan PP lifin erime sıcaklığı 162 °C'dir. Bu sebeple, 300°C'ye kadar yüksek sıcaklık deneyine tabi tutulan numunelerde gerçekleşen BHA değerlerindeki azalmanın, liflerin erimesine bağlı olduğu düşünülmektedir. 200-600°C arasında, harç yapısında bulunan kalsiyum silika hidrat ve kalsiyum alümina hidratların dehidroksilasyona uğradığı bilinmektedir (Böke ve ark., 2006). 600 °C'deki ağırlık kaybının liflerin erimesine ek olarak bu durumdan kaynaklandığı düşünülmektedir. Sıcaklık 900°C'ye ulaştığında ise, bağlayıcılık özelliği gösteren yapıların dekompoze olması nedeniyle ağırlık kaybı oluşmaktadır.

3.2.2. Ultrases Geçiş Hızı

Yüksek sıcaklık deneyine tabi tutulan Horasan harcı numunelerinin deney öncesinde ve sonrasında UPV değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar ve numunelerin başlangıç durumuna göre bağıl UPV değerleri sırasıyla, Tablo 5 ve Şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 5: Harç numunelerine ait UPV değerleri (km/s)

| Karışım | Karışımların UPV değerleri (km/s) | | | |
|---------|-----------------------------------|-------|-------|-------|
| | 22°C | 300°C | 600°C | 900°C |
| K | 1,843 | 1,561 | 1,063 | 0,291 |
| PPF4 | 1,796 | 1,501 | 1,087 | 0,246 |
| PPF6 | 1,795 | 1,403 | 1,071 | 0,217 |
| PPF8 | 1,770 | 1,217 | 1,053 | 0,187 |



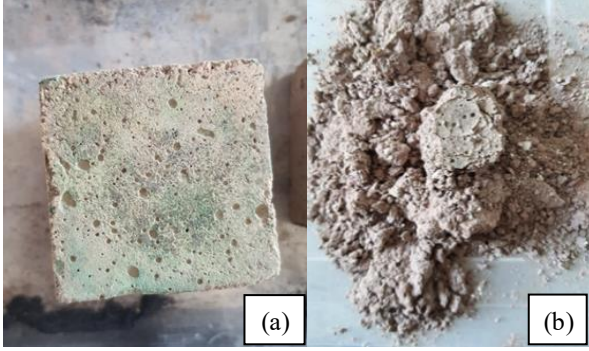
Şekil 2. Yüksek sıcaklığa maruz kalan numunelerin UPV değerleri için kayıp yüzdeleri

Tablo 5'ten görüldüğü üzere sıcaklık etkisinden bağımsız olarak lif oranının artışı ile UPV değerleri azalmıştır. PP lif kullanımının, çimentolu sistemlerin gözenekliliğini arttırdığını gösteren çalışmalar mevcuttur (Karahan ve Atış, 2011). Bu sonuç, numunelerin birim hacim ağırlık değerleri ile de örtüşmektedir. Sıcaklık artışı ile numunelerin UPV değerlerindeki düşüş yüzdeleri de artmıştır. 300 °C derece sıcaklıkta UPV değerindeki en düşük azalma kontrol numunesinde gerçekleşmiştir. Lif kullanım oranının artmasıyla, UPV değerindeki azalma artmıştır. Bu durumun, 300 °C 'de eriyen liflerin boşluk oluşturarak UPV değerini azaltmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Uysal ve arkadaşları da (2012) çimentolu sistemler üzerinde yaptıkları bir çalışmada, yüksek sıcaklığa maruz bırakılan, PP lif içeren numunelerin UPV değerlerindeki düşüşün liffsiz numunelere göre daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Bu bağlamda, lif kullanım ile matriste oluşan boşluk miktarının UPV değerlerini olumsuz etkilediği söylenebilmektedir.

600 ve 900 °C'de UPV değerlerindeki düşüş oranları birbirine yakın olmuş ancak 300 °C'deki değerlere göre artış göstermiştir. Bu durumun ise lif kullanımının etkili olduğu 2. mekanizmaya bağlı olduğu düşünülmektedir. Sıcaklık artışı ile numunenin içerisinde oluşan buhar basıncı da artmıştır. Ancak lif oranı yüksek olan numunelerde lifin erimesi ile oluşan boşluklar bu basınca bağlı olarak meydana gelebilecek çatlak oluşumunu azaltmıştır. Ancak kontrol numunesinde, boşluk miktarının daha az olmasına bağlı olarak, sıcaklık artışı ile birlikte buhar basıncından kaynaklı hasar oluştuğu düşünülmektedir. Buna bağlı olarak, kontrol numuneleri 300 °C'de lifli numunelere göre daha üstün performans sergilerken 600 °C'deki performansı lifli numunelere yakın olmuştur.

900 °C'de ise, numunelerde renk değişimini gözlemlenmiş ve soğumaya bırakılan numunelerin boyutsal kararlılığının bozulduğu tespit edilmiştir. Bu sıcaklıkta, tüm numunelerin UPV değerlerinde %80'in üzerinde düşüş gerçekleşmiştir. Bu

durumun, birim hacim ağırlık değerlerinden de görüldüğü üzere, numunelerin boyutsal kararlılığının bozulmuş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 3).



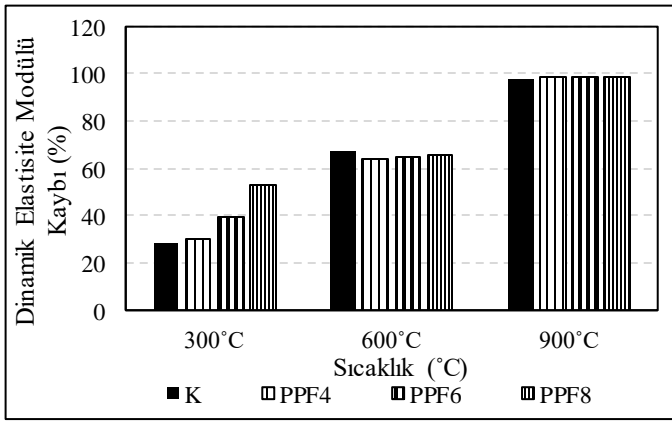
Şekil 3. 900 °C derece sıcaklığa maruz bırakılan harç numunelerinin soğutulmadan önce (a) ve sonraki (b) görünümü

3.2.3. Dinamik Elastisite Modülü

90 günlük Horasan harcı numunelerinin dinamik elastisite modülü değerleri ve sıcaklığa bağlı olarak meydana gelen azalma yüzdeleri sırasıyla Tablo 6 ve Şekil 4'te verilmiştir.

Tablo 6: Harç numunelerinin ait dinamik elastisite modülü değerleri (MPa)

| Karışım | Numunelerin DEM değerleri (MPa) | | | |
|---------|---------------------------------|-------|-------|-------|
| | 22°C | 300°C | 600°C | 900°C |
| K | 5,671 | 4,066 | 1,855 | 0,127 |
| PPF4 | 5,230 | 3,639 | 1,881 | 0,089 |
| PPF6 | 5,216 | 3,157 | 1,822 | 0,069 |
| PPF8 | 5,000 | 2,363 | 1,715 | 0,050 |



Şekil 4. Yüksek sıcaklığa bağlı olarak harç numunelerinin dinamik elastisite modülü değerlerindeki kayıp yüzdeleri

Tablo 6'dan görüldüğü üzere sıcaklıktan bağımsız olarak lif takviyesi ile harç numunelerinin dinamik elastisite modülü değerlerinde belirgin bir değişim gözlemlenmemiştir. Gil ve ark. (2016) da lif takviyesinin çimento ve kireç esaslı harçlara etkisini inceledikleri çalışmalarında, kireç esaslı harçlarının dinamik elastisite modülü değerlerinde önemli bir değişiklik olmazken çimento harçlarında bir miktar saçılma olduğunu tespit etmişlerdir.

Lif kullanımından bağımsız olarak, sıcaklık artışı ile birlikte dinamik elastisite modülü değerlerinde de düşüş tespit edilmiştir. Numunelerin ölçülen UPV değerleri ile bağlantılı olarak, 300°C'de lif oranının artışı ile dinamik elastisite modülü

değerlerinde azalma olurken; 600 ve 900 °C'deki değerlerin düşüş yüzdelerinde önemli bir fark tespit edilememiştir.

4. Sonuç

Yüksek sıcaklığın, lif takviyeli Horasan harcının bazı özelliklerine etkisinin incelendiği çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Lif takviyesi yapılan harç karışımlarının işlenebilirliği olumsuz etkilenmiş ve belirlenen hedef yayılma miktarına ulaşması için su azaltıcı katkı gereksinimi artmıştır.
- Lif kullanımından bağımsız olarak, yüksek sıcaklık deneyine tabi tutulan harç numunelerinin tamamında birim hacim ağırlık, ultrases geçiş hızı ve bunlara bağlı olarak da dinamik elastisite modülü değerlerinin azaldığı görülmüştür. Sıcaklık artışı ile birlikte söz konusu değerlerdeki düşüş belirginleşmiştir.
- Harç numunelerindeki lif içeriğinin artışı ile 300°C'de UPV ve dinamik elastisite modülü değerleri olumsuz etkilenirken, özellikle 600 °C sıcaklığa maruz bırakılan tüm numunelerin söz konusu değerleri arasında önemli bir fark olmadığı görülmüştür.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından OUAP(MH) 2020/4 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Birinci ve ikinci yazarlar doktora eğitimleri süresince Yükseköğretim Kurulu tarafından sağlanan YÖK 100/2000 bursu ile desteklenmektedir. Ayrıca birinci yazar, TÜBİTAK 2211A burs programı kapsamındaki destekleri için, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na teşekkür eder. Ayrıca yazarlar, kireç ve tuğla tozunun kimyasal bileşimini ve fiziksel özelliklerini belirlemede Bursa Çimento Fabrikası'na, su azaltıcı katkı ve polipropilen lifin sağlanmasındaki nazik yardımlarından dolayı Polisan Yapı Kimyasalları ve Polyfibers Şirketlerine teşekkür eder.

Kaynakça

- Akca, A. H., & Özyurt, N. (2018). Deterioration and recovery of FRC after high temperature exposure. *Cement and Concrete Composites*, 93, 260-273.
- Akca, A. H., & Zihnioglu, N. Ö. (2013). High performance concrete under elevated temperatures. *Construction and building materials*, 44, 317-328.
- Akman, M., Güner, A., Aksoy, İ., (1986). Horasan harcı ve betonunun tarihi ve teknik özellikleri. II. Uluslararası türk-islam bilim ve teknoloji tarihi kongresi, İ.T.Ü., İstanbul
- Arizzi, A., Martínez-Martínez, J., & Cultrone, G. (2013). Ultrasonic wave propagation through lime mortars: an alternative and non-destructive tool for textural characterization. *Materials and Structures*, 46(8), 1321-1335.
- Arizzi, A., Viles, H., & Cultrone, G. (2012). Experimental testing of the durability of lime-based mortars used for rendering historic buildings. *Construction and Building Materials*, 28(1), 807-818.

- Aydin, S., Yazici, H., & Baradan, B. (2008). High temperature resistance of normal strength and autoclaved high strength mortars incorporated polypropylene and steel fibers. *Construction and Building Materials*, 22(4).
- Barbero-Barrera, M. M., & Medina, N. F. (2018). The effect of polypropylene fibers on graphite-natural hydraulic lime pastes. *Construction and Building Materials*, 184, 591-601.
- Böke, H., Akkurt, S. & İpekoğlu, B. (2004). Tarihi yapılarda kullanılan Horasan harcı ve sıvalarının özellikleri. *Yapı Dergisi*, 269, 90-94.
- Böke, H., Akkurt, S., İpekoğlu, B., & Uğurlu, E. (2006). Characteristics of brick used as aggregate in historic brick-lime mortars and plasters. *Cement and Concrete Research*, 36(6), 1115–1122.
- Brandt, A. M. (2008). Fibre reinforced cement-based (FRC) composites after over 40 years of development in building and civil engineering. *Composite structures*, 86(1-3), 3-9.
- Demirkan, D. S. (2014). Yiğma yapılarda derz kalınlığı ve duvarörme tekniğinin yapıya etkisinin anizotrop bir model üzerinde incelenmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Drougkas, A., Verstryngge, E., Hayen, R., & Van Balen, K. (2019). The confinement of mortar in masonry under compression: experimental data and micro-mechanical analysis. *International Journal of Solids and Structures*, 162, 105-120.
- Durgun, M. Y., Özen, S., Karakuzu, K., Kobya, V., Bayqra, S. H., & Mardani-Aghabaglou, A. (2022). Effect of high temperature on polypropylene fiber-reinforced mortars containing colemanite wastes. *Construction and Building Materials*, 316, 125827.
- Gil, L., Bernat-Masó, E., & Cañavate, F. J. (2016). Changes in properties of cement and lime mortars when incorporating fibers from end-of-life tires. *Fibers*, 4(1), 7.
- Izaguirre, A., Lanás, J., & Alvarez, J. I. (2011). Effect of a polypropylene fibre on the behaviour of aerial lime-based mortars. *Construction and Building Materials*, 25(2), 992-1000.
- İsağa, T., Karakuzu, K., Özen, S., Doğangün, A., & Mardani-Aghabaglou, A. (2021). Effects of material properties on the mechanical and durability behaviors of Khorasan mortar mixtures: a review. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 35(23), 2507-2528.
- Karahan, O., & Atış, C. D. (2011). The durability properties of polypropylene fiber reinforced fly ash concrete. *Materials & Design*, 32(2), 1044-1049.
- Latifi, M. R., Biricik, Ö., & Mardani Aghabaglou, A. (2022). Effect of the addition of polypropylene fiber on concrete properties. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 36(4), 345-369.
- Neville, A. M., & Brooks, J. J. (2010). *Concrete Technology*, 2nd Editio. Edinburgh, England: Pearson Education Limited.
- Nunes, C., & Slížková, Z. (2016). Freezing and thawing resistance of aerial lime mortar with metakaolin and a traditional water-repellent admixture. *Construction and Building Materials*, 114, 896-905.
- Pachta V. & Stefanidou M. (2021), Evaluation of the Behaviour of Lime and Cement Based Mortars Exposed at Elevated Temperatures, 12th International conference on structural analysis of historical constructions, September 2021, Spain.
- Rosato, L., Stefanidou, M., Milazzo, G., Fernandez, F., Livreri, P., Muratore, N., & Terranova, L. M. (2017). Study and evaluation of nano-structured cellulose fibers as additive for restoration of historical mortars and plasters. *Materials Today: Proceedings*, 4(7), 6954–6965.
- Silva, B., Pinto, A. P. F., Gomes, A., & Candeias, A. (2019). Fresh and hardened state behaviour of aerial lime mortars with superplasticizer. *Construction and Building Materials*, 225, 1127-1139.
- Tekin, Ç., & Kurugöl, S. (2012). Impacts of Various Organic Additives on Carbonization of Lime, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 27(4).
- Torraca, G. (1982). Porous building materials, materials science for architectural conservation. International Centre for The Study of The Preservation and The Restoration of Cultural Property, Italy.
- Uysal, M., Yılmaz, K., & Ipek, M. (2012). Properties and behavior of self-compacting concrete produced with GBFS and FA additives subjected to high temperatures. *Construction and Building Materials*, 28(1), 321-326.



Reçel ve Şerbet Üretim Firması İçin Maliyet Hesaplama Modeli ve Uygulama Önerisi

Güzin Tirkeş^{1*}, Belkıs Pınar Yılmaz², İzel Ece Aksu³

¹ Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0884-4876)

² Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2378-6398)

³ Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7762-6368)

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies – 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1134370)

ATIF/REFERENCE: Tirkeş, G. Yılmaz, B. P. & Aksu, İ. E. (2022). Reçel ve Şerbet Üretim Firması İçin Maliyet Hesaplama Modeli ve Uygulama Önerisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (37), 102-107.

Öz

Rekabet ortamının fiyat ve ürün kalitesi ile değerlendirildiği günümüzde üretim maliyetini doğru hesaplamak önem kazanmıştır. Özellikle büyük çaplı üretimlerde hatalı maliyet hesabı göz ardı edilemez. Teknoloji geliştikçe şirketler daha doğru, daha kapsamlı ve daha hızlı maliyet hesaplamaları yapabilmek için gelişmiş teknolojilere yönelmiştir. Bu durum; doğru maliyet çıkarımı yapabilmek, gelir ve gider verilerini kayıt altında tutabilmek, geçmiş hesaplamaları inceleyebilmek gibi ihtiyaçlar doğurmuştur. Son yıllarda, maliyet hesabı başlığı altında üretim planlama problemleri ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada, yiyecek-içecek üretimi yapan firmalara yönelik Microsoft Visual Studio geliştirme ortamında C# programlama dili kullanılarak bir uygulama geliştirilmiştir. Uygulama gereken hammadde ihtiyacı, işçilik ve paketleme gibi maliyet kalemlerini üretim miktarına göre hesaplamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Maliyet Hesaplama Uygulaması, Maliyet Analizi, Masaüstü uygulaması

A Cost Calculation Model and Application Suggestion for a Jam and Syrup Production Company

Abstract

In today's world, where the competitive environment is evaluated by price and product quality, it has become important to calculate the production cost correctly. Especially in large-scale production, faulty cost calculation cannot be ignored. As technology develops, companies have turned to advanced technologies in order to make more accurate, more comprehensive and faster cost calculations. This situation has increment needs such as making accurate cost inferences, keeping records of income and expense data, and examining past calculations. In recent years, there have been many studies on production planning problems under the title of cost calculation. In this study, an application was developed by using C# programming language in Microsoft Visual Studio development environment for companies producing food and beverage. The application calculates the cost items such as raw material requirement, labor, and packaging according to the production amount.

Keywords: Cost Calculation Application, Cost Analysis, Desktop application

* Sorumlu Yazar: Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, ORCID: 0000-0003-0884-4876,
guzin.tirkes@atilim.edu.tr

1. Giriş

Üretilen mal ve hizmetler ihtiyaç ve talepleri karşılamayı amaçlar. Yiyecek ve içecek endüstrisinin temel amacı yiyecek ve içecek tedarik edebilmektir. Bu sektörün önemi ve istikrarlı konumu nedeniyle birçok firma et ürünleri, süt ürünleri, unlu mamüller, reçel ve meyve suyu üretiminde ve daha birçok gıda alanında faaliyet göstermektedir. Firmalar birbirleriyle sürekli rekabet halindedirler ve en sık karşılaşılan problemler arasında; gıda üretim süreçlerinde yaşanan aksaklıklar, üretim için gerekli iş gücünden az ya da fazla sayıda personel çalıştırmak, yeterli hammadde miktarı ve düzgün maliyet hesabı yer almaktadır. Bu problemlerin çözümüne yönelik çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Firmalar arası rekabeti arttıran en önemli konu şüphesiz düşük maliyet ve yüksek kar oranı ile üretim yapabilmektir. Doğru maliyet hesaplaması ve üretim sürecinin etkin kullanımı en önemli kriterlerdir. Maliyet hesabı manuel olarak yapılabilir ancak üretim çeşitliliği fazla olan firmalarda uygulamalardan destek almak iş sürecini kısıltacaktır. Literatürde çok farklı sektörler için üretilen uygulamalara rastlamak mümkündür. Örneğin, 2013 yılında ısı geri kazanımlı bir Darbeli Elektrik Alan Maliyeti işlemi için bir model oluşturulmuş, istenilen miktarda ürün elde edebilmek için gereken tüm maliyet kalemlerinin hesaplanması ve bir bütçe planının (personel hizmeti, ürün paketlenme, elektrik giderleri) yapılmasını sağlayan bir uygulama geliştirilmiştir (Sampedro, 2013). Bir başka çalışmada; üretim maliyetini en aza indirmek için ve perovskit güneş pilleri üretmek için rulodan ruloya (R2R) yöntemi kullanarak yedek parça, alet, elektrik kullanımı ve tesis gibi parametrelerin her bir süreç adımının maliyeti hesaplanmıştır (Chang, ve diğerleri, 2018).

Yiyecek sektörüne yönelik çalışmalar incelendiğinde, Öztürk (2012) işletmelerin ürün maliyetlerini hesaplarken kullanabilecekleri yöntemleri tanımlamıştır. Üretim aşamasına geçilmeden önce, ürünlerin maliyetlerinin belirlenmesinin imalatçı firmalar için oldukça önemli bir konu olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada, yan ürünlerin maliyetlerinin belirlenmesinde Üretim Miktarı Yöntemi (PQM), Katsayı Yöntemi (TCM), Pazar Değeri Yöntemi (TMVM), Net Satış Geliri Yöntemi (TNSRM), Standart Getiri Yöntemi (TSYM), Yan Ürün Üretim Maliyeti Yöntemleri (BPCPM) kullanılmıştır. Öztürk'e göre firmalar ürünlerin maliyetini hesaplarken tercih ettikleri yöntemi dikkatle seçmeli ve sonrasında tekrar aynı yöntemle maliyet hesaplamalarına devam etmelidir. Bunun sebebi, her yöntemden farklı sonuçlar elde edilebilmesidir (Öztürk, 2002).

Yakın zamanda yapılan bir çalışmada ise; tatlı ekmeğin üretimini hammadde tedarik yönetimi analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. Hammadde gereksinimlerini planlamak ve üretim maliyetini en aza indirmek için malzeme ihtiyaç planlaması ve ekonomik sipariş miktarı tekniği birlikte kullanılmıştır (Citraresmi & Azizah, 2019).

Ürünlerin yaşam döngüsü maliyetlerinin ve tüketici maliyetlerini tahmin etmenin ekonomik yönlerinin açıklandığı bir başka çalışmada ise; ham madde, soğutulmuş veya dondurulmuş tedarik zincirleri de dahil olmak üzere tüketim ve üretim seçenekleri değerlendirilmiştir (Rivera & Azapagic, 2016).

Yiyecek sektöründe yapılan bir başka çalışmada; reçete maliyet hesaplama programı ile reçeteyi içeren her bir parametrenin birim ve toplam maliyetini hesaplamayı amaçlamıştır. Tarifte yer alan tüm malzemelerin yüzdesi, gram ve maliyeti ekranda gösterilerek porsiyon maliyetlerinin hesaplanması sağlanmıştır. (Wintschel, 2013)

Yiyecek sektöründen bağımsız olarak bir başka çalışmada ise, küçük elektrikli makinelerin üretim süreciyle ilgili teknik değişikliklerin maliyet hesaplamaları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Küçük elektrikli makinelerin maliyetini düşürme olanakları değerlendirilmiştir. Ürünlerin hesaplanması maliyet türlerine göre bölünmüş ve katkı payları (karşılama kazançları ve diğer maliyetler) eklenmiştir. Çalışmada, fiyatlandırma, birim maliyetine yansıtılmaktadır (Vitkova & Hajek, 2016).

Yapılan çalışmalara ek olarak firmaların ihtiyaçları doğrultusunda birtakım uygulamalar geliştirilmiştir. 2017 yılında geliştirilen Üretim Planlama Programı, üretim aşamalarının yönetilmesine ve rapor alınarak analiz edilmesine olanak sağlar. Aaro Muhasebe ve Üretim Programı tamamen web tabanlı bir uygulamadır. Kullanıcıların, üretim reçeteleri oluşturup ürün ağacını görsel olarak tasarlayarak ürünlerin hammadde ve işçilik maliyetlerini anlık olarak görmelerine imkân tanır (AARO Yazılım, 2017). PACE (Maliyet Hesaplamaları için Bilgisayar Programı), uygulama yazılımı ise; makine ücretlerini, yol yapım maliyetlerini ve hasat maliyetlerinin hesaplanmasını sağlamıştır (Food and Agriculture Organization, 2002). Made Up Pro, düşük bütçeli şirketler için maliyet hesaplama programı olarak oluşturulmuştur. Program, maliyet hesabını oluştururken hesaba personel, hammadde, elektrik ve vergi giderlerini dahil etmektedir (İKİE Yazılım ve Bilişim Hizmetleri Ticaret Ltd.Ş., 2012). Maliyet Hesaplama Programı, Millî Eğitim Bakanlığı'nın ulaştırma ihalesiyle uyumlu çalışan bir maliyet hesaplama sistemidir. Programın dört özelliği; rota durumuna göre üç ayrı rota hesaplamak, rotaları kategorilere ayırarak veritabanına kaydetmek, Excel listeleri üzerinden toplu hesaplamalar yapmak ve parametreleri manuel veya otomatik olarak düzenlemektir (Taşmalı Eğitim, 2020).

Enflasyon artışı, hammadde fiyatlarını etkilemektedir. Buna bağlı olarak, firmaların ihtiyaç duydukları hammaddelerin maliyetleri düzenli aralıklarla değişim göstermektedir. Bu durumu takip edebilmek adına, şirketlerin öncelikle ürün maliyetlerini hesaplamaları gerekmektedir. Üretim yapan tüm firmalar için ortaya çıkacak ürünlerin maliyetlerinin belirlenmesi önemli bir konudur. Tutarlı maliyet hesaplaması elde edebilmek için ürün maliyet raporlarının enflasyona ve değişen fiyatlara göre düzenli aralıklarla yenilenmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, araştırılan literatür ışığında, müşterilerin taleplerini karşılayabilmek için ürünlerin maliyetini hesaplayabilen bir program tasarlamak ve geliştirmektir. İzmir, Menemen'de faaliyetini sürdüren bir reçel-şerbet üreticisi ile çalışılmıştır. Amaç, gelen talebi karşılayacak üretimin maliyet hesabını çıkarmaktır.

2. Materyal ve Metot

Üretim verileri firmadan alınmıştır. Veri; firmanın üretmekte olduğu ürünlerin reçetelerini ve birim maliyetlerini içermektedir. Bu çalışmada üretim modeli oluşturulmuş ve bir uygulama geliştirilmiştir.

2.2. Matematik Modelleme

Firma farklı türlerde reçel ve şerbet üretmektedir. Her ürünün maliyeti farklıdır. Bu bölümde matematiksel model ile ürün maliyet hesabı detaylandırılmaktadır.

Reçel üretimi için gerekli malzemeler meyve, şeker, sitrik asit, kalsiyum, pektin, kavanoz, kapak, paket ayırıcı (seperatör), kavanoz örtüsü ve etikettir. 1 litre şerbet üretmek için gereken malzemeler ise; meyve, şeker, sitrik asit, kalsiyum, pektin, cam şişe, kapak, paket ayırıcı ve etikettir. Ürün maliyetlerine işçilik de dahil edilerek matematik modeller oluşturulmuştur.

A. Endeksler

Model için aşağıdaki endeksler tanımlanmıştır:

i = ürün sayısı; $\{i=1,2,3,\dots,n\}$ $i=1,\dots,k$ (reçel); $i=k+1,\dots,(n)$ (şerbet)

B. Parametreler

Model için aşağıdaki parametreler tanımlanmıştır:

X_i = reçel $\{i=1,2,3,\dots,k\}$ $i=1,\dots,k$

Y_i = şerbet $\{i=k+1,k+2,k+3,\dots,n\}$ $i=k+1,\dots,n$

F_i = i . ürün için meyve; (kg) $\{i=1,\dots,n\}$

S_i = i . ürün için şeker; (kg) $\{i=1,\dots,n\}$

P_i = i . ürün için pektin; (kg) $\{i=1,\dots,n\}$

C_i = i . ürün için sitrik asit; (gr) $\{i=1,\dots,n\}$

J_i = i . ürün için kavanoz; (birim) $\{i=1,\dots,k\}$

GB_i = i . ürün için cam şişe (birim) $\{i=k+1,\dots,n\}$

CP_i = i . ürün için kapak; (birim) $\{i=1,\dots,n\}$

LA_i = i . ürün için etiket; (birim) $\{i=1,\dots,n\}$

CO_i = i . ürün için örtü; (birim) $\{i=1,\dots,k\}$

PA_i = i . ürün için paket; (birim) $\{i=1,\dots,n\}$

SE_i = i . ürün için separatör; (birim) $\{i=1,\dots,n\}$

L_i = i . ürün için işgücü; (birim) $\{i=1,\dots,n\}$

C. Problem Formülasyonu

Reçel ve şerbet üretiminde kullanılan temel malzemelerin modeli (1)'de verilmiştir.

$$BA_i = [F_i + S_i + P_i + C_i] \quad (1)$$

Paketleme modeli reçel (2) ve şerbet (3) için aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

$$PAC_{ji} = [J_i + CP_i + LA_i + CO_i + PA_i + SE_i] \quad (2)$$

$$PAC_{si} = [GB_i + CP_i + LA_i + PA_i + SE_i] \quad (3)$$

İş gücü modeli aşağıdaki gibidir:

$$LC_i = L_i \quad (4)$$

Ayrıca; bir birim reçel üretmek için gereken malzemelerin toplamı (5) ve bir litre şerbet üretmek için gereken malzemelerin toplamı (6) sırasıyla verilmektedir. Bir birim reçel üretmek için (370cc=450gr) kullanılan toplam malzeme miktarı (7)'de, bir birim şerbet üretmek için toplam bileşen miktarı (8)'de verilmiştir.

$$JAW_i = [BA_i + PAC_{ji} + L_i] \quad (5)$$

$$JUW_i = [BA_i + PAC_{si} + L_i] \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^k (JAW_i X_i) \quad (7)$$

$$\sum_{i=k+1}^n (JUW_i Y_i) \quad (8)$$

2.2. Uygulama

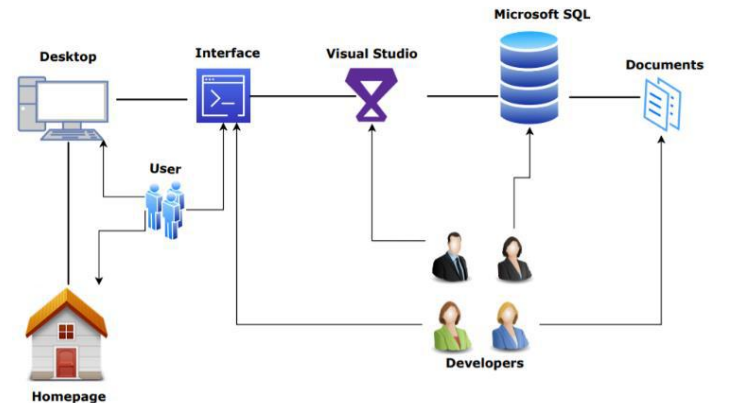
Bu bölümde makine, personel ve malzemelerin toplam maliyetini birim ürün maliyetlerinden yola çıkarak hesaplamayı amaçlayan yazılımın geliştirme aşamaları anlatılmıştır. Program, veritabanı ile etkileşime giren bir masaüstü programı olarak tasarlanmıştır. Ürünün birim veya talep edilen miktarı için ne kadar maliyete sahip olacağını hesaplamak amacıyla geliştirilmiştir. Yazılımın gereksinimleri, metin biçimi ve kullanıcı ve yöneticileri arasındaki tüm etkileşimleri diyagramlar ve şekillerle anlatılmıştır.

A. Kapsam

Geliştirilen uygulama masaüstü uygulaması olarak tasarlanmış olup, ürün giderlerinin maddeler halinde görüntülenmesini sağlar. Dolayısıyla muhasebe sürecini kolaylaştırmaya yardımcı olur. Program, yönetici tarafından analiz ve hesaplama yapılabilmesine olanak sağlar. Yazılımın masaüstüne kurulumu ücretsizdir. Kullanıcının uygulamayı kullanabilmesi için gereken tek şey uygulamanın kullanıcının bilgisayarında kurulu olmasıdır. Başka bir girişe gerek kalmadan, şirketin tüm bilgilerini veritabanından alır. Tüm sistem bilgileri veritabanında saklanmak üzere tasarlanmıştır. Yazılım geliştirme yöntemi olarak şelale modeli kullanılmıştır.

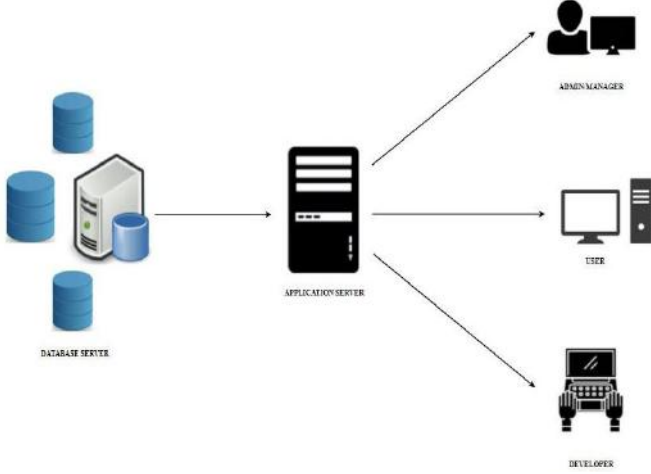
B. Yazılım Mimarisi

Sistem, yazılım mimarisi ve ağ mimarisi olmak üzere iki ana başlık altında tasarlanmıştır (Şekil 2.1).



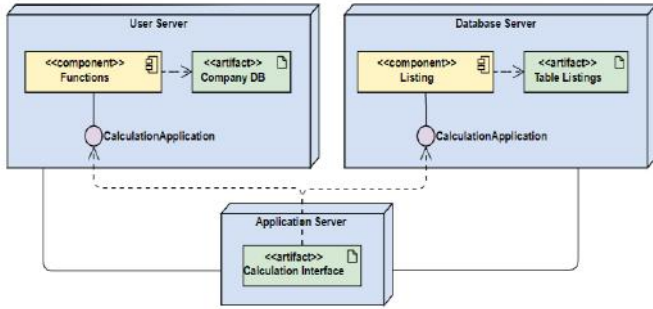
Şekil 2.1 Sistem Mimarisi

Uygulamanın veritabanının Microsoft SQL Server Management Studio'da kurulumu yapıldıktan sonra veritabanı Microsoft Visual Studio ile entegre edilmiştir. İlk olarak Microsoft SQL Management Studio'da veritabanı tabloları oluşturulmuş, ardından firmanın gereksinimlerine göre Visual Studio'da bu tablolar doldurulmuştur. Ağ mimarisi Şekil 2.2 ile açıklanmaktadır.



Şekil 2.2 Ağ Mimarisi

Maliyet hesaplama sistemi Şekil 2.3 'de verilen Microsoft SQL veritabanı sunucusu üzerinde çalışmaktadır.

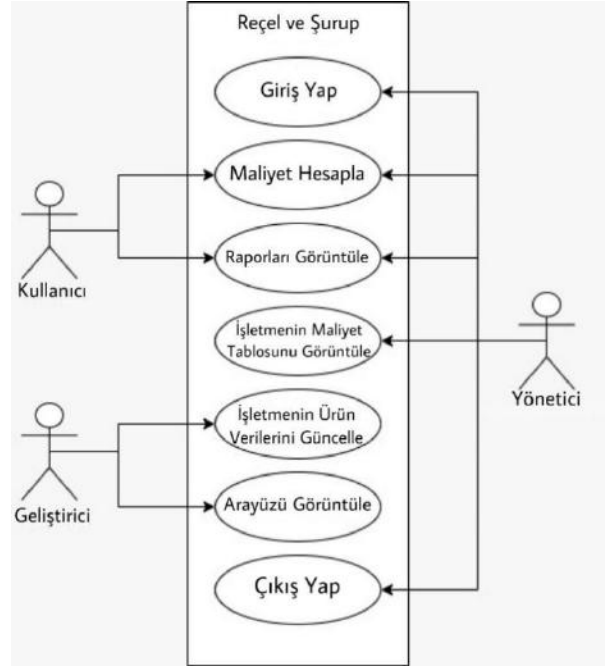


Şekil 2.3 Dağıtım Şeması

C. Uygulama Özellikleri

Bu çalışma, C# programlama açık kaynak teknolojileri ve depolama için kullanılan Microsoft SQL veritabanı ile geliştirilmiştir. Kurulumu ve kullanımı ücretsizdir. Uygulamada 4 farklı kullanıcı rolü bulunmaktadır. Yönetici; sistemdeki bilgileri işleme yetkisine sahiptir. Yönetici kayıt olabilir, sisteme giriş yapabilir ve sistemden çıkış yapabilir, maliyeti hesaplayabilir ve maliyet hesabı raporlarını okuyabilir. Ayrıca sistemdeki maliyet raporlarının değişimini izleyebilir ve ortaya çıkabilecek tüm rapor sorunlarına müdahale edebilir. Firma yetkilisi; genel sistemi ve fiili raporları görüntüleyen ve gözden geçiren yetkili kişidir. Sistemdeki maliyet raporlarının değişimini izleyebilir ve ortaya çıkan sorunlara müdahale edebilir. Yazılım geliştirici; veritabanına veri girişi yapabilen, veri silebilen ve tüm güncellemeleri yapan kişidir. Aynı zamanda sistemin arayüzünü görüntüleyebilir. Geliştirilen uygulamanın yazılım diline hakimdir. Yönetici tarafından gerekli görüldüğü takdirde geliştirici arayüzde değişiklikler yapabilir. Kullanıcı, sisteme giriş

yapması gerekmeyen ve uygulamayı maliyet hesaplaması yapmak için kullanabilen kişidir. Kullanıcı ayrıca maliyet raporlarını da görüntüleyebilir. Şekil 2.4 'de kullanım durumu şeması verilmiştir.



Şekil 2.4 Kullanım Durumu Şeması

D. Uygulamanın Fonksiyonları

Önerilen masaüstü uygulaması 6 farklı ekrandan oluşmaktadır.

- Giriş Ekranı: Giriş ekranı; kullanıcı tipi liste kutusu, kullanıcı adı metin kutusu ve şifre kutusundan oluşur. Beni hatırla opsiyonu sunulmuştur. Beni hatırla onay kutusunun seçilmesi durumunda bir sonraki girişte kullanıcı adı ve şifre sistem tarafından otomatik olarak doldurulacaktır. Sistemde kayıtlı olmayan kullanıcı "Kayıt Ol" butonuna tıklayarak kayıt sayfasına geçiş yapabilir. "Çıkış" butonu ile uygulamadan çıkılır (Şekil 2.5).
- Kullanıcı Ekranı: Kullanıcı ekranı dört etiket, dört metin kutusu ve bir hesaplama butonu içerir. Buna ek olarak, ekranda ürün listesinin tablosu yer almaktadır. Metin kutularına ürün adı, ürünün türü ve ürün miktarı girilebilir. Hesaplama sonucu metin kutusu üzerinden görüntülenebilir. Kullanıcı çıkış butonu ile uygulamadan çıkabilir.
- Geliştirici Ekranı: Geliştirici, tüm arayüzü görüntüleyebilir. Metin kutuları ve butonlar aracılığıyla verileri güncelleyebilir. Geliştirici ekle butonu ile veritabanına yeni veri ekleyebilir, sil butonu ile veritabanından veri silebilir ve güncelle butonu ile veritabanında veri içeriğini güncelleyebilir. Geliştirici, çıkış butonu ile uygulamadan çıkabilir.
- Kullanıcı Listesi Ekranı: Kullanıcı listesi ekranı Şekil 2.6'da verilmektedir. Kullanıcılar tablosunda kullanıcılar hakkındaki verileri güncellemek için gereken metin kutuları ve durum için onay kutusu bulunur. Ayrıca kullanıcı listesi ekranı bir güncelleme

butonu ve sayfaya dön butonu aracılığıyla yönetici sayfasına geçiş sağlayan bir bağlantı içerir. Çıkış butonu ile uygulamadan çıkarılır.

- Yönetici Ekranı: Yönetici ekranında üç adet veri tablosu bulunmaktadır. Bunlar, veritabanı bağlantısı aracılığıyla görüntülenebilen birim maliyet, personel gideri ve ürün bilgileridir. Ayrıca yönetici maliyet hesaplama bölümünden ürünlerin maliyetlerini de hesaplayabilir. Bu bölüm dört etiket, dört metin kutusu ve bir hesaplama butonu içerir. Metin kutularına ürün adı ve türü, ürünün miktarı girilebilir. Metin kutuları üzerinden hesaplama sonucu görüntülenebilir. Yönetici, kullanıcı listesini görüntüle butonu aracılığıyla kullanıcı listesi ekranına geçiş yapabilir ve kullanıcıları görüntüleyebilir. Yönetici bir çıkış butonu ile uygulamadan çıkabilir (Şekil 2.7).
- Kayıt Ekranı: Bu ekran başlık, çıkış butonu, kullanıcı resmi, birleşik giriş kutusu aracılığıyla kullanıcı tipi, metin kutusu aracılığıyla kullanıcı adı, şifre kutusu aracılığıyla şifre, kayıt oluşturma butonu ve oturum açma bağlantı sayfasından oluşur. Oluşturulan şifreler altı karakterden az ise sistem hata mesajı verecektir. Kullanıcı sisteme kayıt olmak için kayıt ol butonuna tıklamalıdır. Çıkış butonu ile uygulamadan çıkarılır.

View Products

| ProdID | ProdName | Type | Amount |
|--------|----------------------|-------|--------|
| 1 | Raspberry Jam | Jam | 1 |
| 2 | Black Mulberry Jam | Jam | 1 |
| 3 | Strawberry Jam | Jam | 1 |
| 4 | Cherry Jam | Jam | 1 |
| 5 | Blackberry Jam | Jam | 1 |
| 6 | Blueberry Jam | Jam | 1 |
| 7 | Black Mulberry Juice | Juice | 1 |
| 8 | Blackberry Juice | Juice | 1 |
| 9 | Blueberry Juice | Juice | 1 |
| 10 | Current Juice | Juice | 1 |

View Unit Cost

| MatID | MatName | UnitCost | MesUnit |
|-------|------------------|----------|---------|
| 1 | Strawberry | 13 | kg |
| 2 | Cherry | 13 | kg |
| 3 | Blackberry | 14 | kg |
| 4 | Blueberry | 45 | kg |
| 5 | Raspberry | 30 | kg |
| 6 | Current | 26 | kg |
| 7 | Black mulberry | 16 | kg |
| 8 | Granulated sugar | 4.5 | kg |
| 9 | Citric acid | 19.22 | l |
| 10 | Glass bottle | 1.1 | count |
| 11 | Cap | 0.39 | count |

View Personnel Expenses and Utility Costs

| ExpID | ExpName | ExpCost |
|-------|----------------------|---------|
| 1 | Labor | 2.6 |
| 2 | Label,Cover,Shipping | 1 |

Calculate the Cost

Product Type:

Product Name:

Amount:

Total Product Cost:

Şekil 2.7 Yönetici Arayüzü

3. Yazılım Testi

Çalışmanın test senaryoları, kullanım senaryoları baz alınarak hazırlanmıştır. The Unit Test Boiler Plate Generator test aracı olarak kullanılmıştır. Her farklı XAML penceresi, daha iyi işlevsellik elde etmek için uygulama işlevleriyle test edilmiştir.

Reçel&Şerbet uygulaması (Sürüm 1), 15/05/2021'ten 20/06/2021'e kadar Unit Test Boilerplate Generator test platformunda test edilmiştir. Yürütülen test aşaması (referans yazılım test planı) Unit Test yöntemi aracılığıyla bir string array list olarak her aşama için bir sütun başlıkları listesi döndürmektedir (Şekil 3.1). TestInitialize aracılığıyla her test için yeni oluşturulan alanlar olarak kaydedilir. Ayrıca, test edilen sınıftaki tüm genel yöntemler, bir test yöntemi taslağıyla kurulmuştur.

```

[TestClass]
0 references
public class Window1Tests
{
    0 references
    public object Assert { get; private set; }

    [TestMethod]
    0 references
    public void TestMethod1()
    {
        // Arrange
        var window1 = new Window1();

        // Act

        // Assert
        //object p = Assert.Fail();
    }
}
    
```

Şekil 3.1 Test Uygulaması

4. Sonuç

Çalışmanın ilk aşamasında doğru maliyet hesabının öneminden bahsedilmiştir. Ürün maliyeti hesaplamalarında Reçel&Şerbet masaüstü uygulaması gibi uygulamaların kullanılması firmaların iş yükünü azaltmaktadır. Önerilen uygulama ne kadar miktarda hammadde kullanılacağına, ne kadar miktarda ürün elde edileceğine ve ne kadar sayıda çalışana ihtiyaç duyulacağına dair sorulara cevap bulmayı amaçlamaktadır. Uygulama benzer yapıdaki üretim firmalarına kolaylıkla uyarlanabilir.

LOGIN PAGE

User Type: Admin

Username: GuzinTirkas

Password:

Remember Me

Not registered yet?

Şekil 2.5 Giriş Arayüzü

User List

| UserID | UserName | PassWord | Status | UserType |
|--------|--------------|-----------|-------------------------------------|-----------|
| 1 | GuzinTirkas | jamjuice1 | <input checked="" type="checkbox"/> | Admin |
| 2 | BelkisPinar | jamjuice2 | <input checked="" type="checkbox"/> | Developer |
| 3 | IzelEce | jamjuice3 | <input checked="" type="checkbox"/> | User |
| 4 | AyşeCanbolat | jamjuice4 | <input type="checkbox"/> | User |
| 5 | BugraCelik | jamjuice5 | <input type="checkbox"/> | User |
| 6 | Ali | jamjuice6 | <input checked="" type="checkbox"/> | User |

UserID: 6

UserName: Ali

PassWord: jamjuice6

Status

UserType: User

Şekil 2.6 Kullanıcı Listesi Arayüzü

Uygulama, test edildikten sonra şirket yetkililerinin kullanımına sunulmuştur. Üretim yöneticisinin de test aşamasından geçen uygulama, şirket tarafından kullanılmaya başlamıştır. Firmanın ihtiyaçları doğrultusunda uygulama geliştirilmeye devam edilecektir.

Kaynakça

- AARO Yazılım ve Makina A.Ş. (2017). Aora Yazılım. Hızlı ve Kolay Üretim Programı: https://www.aaro.com.tr/uretim-planlamayazilimi/?gclid=Cj0KCQiA1pyCBhCtARIsAHaY_5e2V6D6U9LvU8ndxw5h7wRZBkrJ95m9FQAfAQpnYGiRb2_HKbKWwBYaArI4EALw_wcB
- Azizah, F., & Citraesmi, A. P. (2019, February). Inventory control of raw material on sweet bread production. Research Gate: https://www.researchgate.net/publication/331209318_Invent_ory_control_of_raw_material_on_sweet_bread_production
- Changa, N. L., Ho-Baillie, A. W., Vak, D., Gao, M., Green, M. A., & Egan, R. J. (2017, May 26). Manufacturing cost and market potential analysis of demonstrated roll-to-roll. Science Direct: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927024817304865#!>
- Food and Agriculture Organization. (2002). Food and Agriculture Organization. A Computer Program For Cost Calculations: <http://www.fao.org/3/t0579e/t0579e08.htm>
- İKİE Yazılım ve Bilişim Hizmetleri Ticaret Limited Şirketi. (2012). Maliyet Hesaplama Programı Made Up PRO. Maliyet Hesaplama: <http://www.maliyethesaplama.com/abacuss.aspx>
- Öztürk, V. (2002). Determination and accounting of joint and by-product cost in production enterprises. Gazi Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi: <https://gazi.edu.tr>
- Rivera, X. S., & Azapagic, A. (2016, January 20). Life cycle costs and environmental impacts of production and consumption of ready and home-made meals. Science Direct: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615010422?via%3Dihub>
- Sampedro, F., McAloon, A., Yee, W., Fan, X., Zhang, H. Q., & Geveke, D. J. (2012, May 14). Cost analysis of commercial pasteurization of orange juice by pulsed electric fields. Science Direct: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S146685641200121X>
- Taşmalı Eğitim. (2020). Yaklaşık Maliyet Hesaplama Masaüstü Programı. Taşmalı Eğitim: <https://tasimaliegitim.com/masaustu-yazilim>
- Vitkova, E., & Hajek, V. (2015). Optimization of costs related to production of small electric machines. IEEE Explore: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7525866>
- Wintschel, D. (2013). Premier Recipe Costing For Food Business of All Sizes. Recipe Cost Calculator: <https://recipecostcalculator.net/>



An Alternative Approach of Disturbance Rejection Control Methodology to DC-DC Boost Converter

Deha Eker^{1*}, N. Sinan Özbek², Özgür Çelik³

- ^{1*} Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Faculty of Engineering, Department of Energy Systems Engineering, Adana, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8457-1438), deker@atu.edu.tr
- ² Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Adana, Turkey, (ORCID: 0000-0002-7184-9015), nozbek@atu.edu.tr
- ³ Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Faculty of Engineering, Department of Energy Systems Engineering, Adana, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8457-1438), ozgurcelik@atu.edu.tr

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies – 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1136558)

ATIF/REFERENCE: Eker, D. & Özbek, N.S. & Çelik, Ö. (2022). An Alternative Approach of Disturbance Rejection Control Methodology to DC-DC Boost Converter. *European Journal of Science and Technology*, (37), 108-112.

Abstract

This study presents an active disturbance rejection control (ADRC) technique for a boost converter system which is represented with a second - order transfer function. Then, linear active disturbance rejection control (LADRC) technique, wherein a linear extended state observer (LESO) is constructed to estimate both the total disturbance and the system state at the same time, has been applied to the converter. In this context, a pole placement design reduces the number of tuning parameters of LADRC to two to lessen the difficulty of parameter adjustment. The control scheme increases the tracking capability. A numerical example is provided to highlight the effectiveness of the control strategy. The tracking performance and step response are observed via several simulation studies using MATLAB/Simulink tool. It is demonstrated that the algorithm used in study is alternative way of tuning duty cycle of the boost converter instead of PID control technique. The performance of the controller is evaluated with a number of performance metrics. The tabulated results validate the controller's efficacy.

Keywords: Active Disturbance Rejection Control (ADRC), Power Converters, Renewable Energy, Extended State Observer

Yükseltici DA-DA Dönüştürücü için Bozucu Bastırma Kontrolü Metoduna Alternatif Bir Yaklaşım

Öz

Bu çalışma, ikinci derece transfer fonksiyonu ile ifade edilmiş yükseltici konvertör sistemi için aktif bozucu bastırma kontrolü (ABBK) tekniğini ortaya koymaktadır. Daha sonra hem toplam bozulmayı hem de sistem değişkenlerini aynı anda tahmin etmek için tasarlanmış lineer genişletilmiş durum gözleyicisini bünyesinde barındıran doğrusal aktif bozucu bastırma kontrol (DABBK) tekniği dönüştürücüye uygulanmıştır. Bu bağlamda, bir kutup yerleştirme tasarımı, DABBK'nın parametre ayarlama zorluğunu azaltmak için ayar parametrelerinin sayısını ikiye indirmektedir. Kontrol şeması izleme kabiliyetini arttırmaktadır. Kontrol strajesinin etkinliğini vurgulamak için sayısal bir örnek verilmiştir. İzleme performansı ve basamak tepkisi MATLAB/Simulink programı kullanılarak simülasyonla gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılan algoritmanın PID kontrol tekniği yerine yükseltici dönüştürücü görev çevrim oranı

* Corresponding Author: Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8457-1438, deker@atu.edu.tr

ayarlanmasının alternatif yolu olduğu gösterilmiştir. Kontrolcünün performansı bir takım performans indisleri ile değerlendirilmiştir. Tablo haline getirilmiş sonuçlar, kontrolcünün etkinliğini doğrular niteliktedir.

Anahtar Kelimeler: Aktif Bozucu Bastırma Kontrolü (ABBK), Güç Dönüştürücüler, Yenilenebilir Enerji, Genişletilmiş Durum Gözleyicileri

1. Introduction

DC-DC power converters have been employed in a range of applications including wind energy, solar energy, and energy storage systems. To mention a few, in PV systems, power converters are utilized to convert energy form and increase energy harvesting capacity. On the other hand, they are used for the integration of energy storage systems with smart power grids. Power electronics allow control of power through electronic circuits that includes semiconductor devices with different ratings. It is possible to modify the voltage or current in any energy system by using the power electronics circuits. The main goal of the field of power electronics can be expressed as promoting the performance and stability of circuits that are used in energy systems. In this manner, typical applications of power electronics involve the conversion of DC to AC, AC to DC, AC to AC, and DC to DC. The boost converter is one kind of DC-DC converter that is frequently used to accomplish the conversion of DC voltage to a regulated level of DC voltage. Various control strategies have been applied to boost converters such as robust adaptive sliding mode control (Oucheriah & Guo, 2013) and adaptive backstepping sliding mode control (Wu & Lu, 2019).

From the feedback control point of view, numerous types of PID controllers are dominantly used in order to stabilize the output voltages and to provide the need of tracking performance; but for the converters that have dynamic system functionality, the PID controllers do not have the ability to maintain the same efficiency. Active Disturbance Rejection Control (ADRC) is one of the recently utilized control techniques which could overcome the drawbacks of conventional controllers. The application of ADRC to DC-DC converters is still remained a gap to be filled.

Apart from the various control techniques, ADRC can be considered as an efficient technique that is used in several sectors of industry and research. It was first proposed by J. Han (Han, 2009). The main motivation is to demonstrate the fact that PID control is not satisfactory for the new demands of industry and an alternative control technique could be used instead of PID. The reason behind raised motivation is the capability of ADRC regarding dealing with a wide range of uncertainties and disturbances (Herbst, 2013). Although it was first proposed as a nonlinear control technique, it is such an effective method that can overcome the drawbacks of PID. The effectiveness of ADRC has been investigated in several engineering applications by conducting experimental and simulation studies. Some ADRC applications have been carried out in various fields such as diesel engines (Criens et al., 2015), flywheel energy storage systems (Chang et al., 2015), photovoltaic systems (Zhou et al., 2021), DC microgrid systems (Liu et al., 2021), and gas turbine systems (Shi et al., 2020).

Besides the aforementioned studies, improved version of ADRC algorithm is applied to the DC bus voltage of the wind power grid-connected inverter system which contains nonlinearities and susceptibility to the grid-side voltage changes in (Yuan et al., 2022). The traditional Linear Active Disturbance Rejection (LADRC) and improved version of that algorithm mentioned in the study are compared in terms of disturbance rejection performance. In terms of renewable energy field

likewise the wind energy concept mentioned above, DC-DC buck converters are widely used to reduce the voltage. In (Abdelmalek et al., 2020) DC-DC buck converter control problem is addressed because the voltage trajectory tracking and Maximum Power Point (MPP) applications are the concerns to be clarified. With proposed technique which includes sliding mode controller, nonlinear state observer for current estimation; different test scenarios on state estimation, trajectory tracking and active disturbance rejection performances are compared with PI control technique. Whereas the comparison of PI and ADRC are the topics of some papers, the combination of them for inverter-based arc suppression coils are used particularly in resonant grounded distribution power systems in (Barzegar-Kalashani, M., & Mahmud, M. A., 2022). The fault currents and faulty phase voltages are compensated and disturbance rejection performance of the hybrid controller performs better than individually designed ADRC and PI controllers. Another combination of ADRC with Fuzzy control technique is applied to the interior permanent magnet synchronous motor to find a solution of speed control issue in (Feng et al., 2022). The speed fluctuations in Fuzzy-LADRC is observed less than that in LADRC technique.

The idea of ADRC is to treat all uncertainties and disturbances as a generalized disturbances and to estimate them by Extended State Observer (ESO) (Eker & Özbek, 2021). Then, the control scheme utilizes the uncertainties and disturbances as feedback to reduce undesired signals. Although the ADRC algorithm is easy to implement with modern digital computers, the designer is expected to deal with a set of parameters. To overcome this issue a new approach is proposed namely Linear Active Disturbance Rejection Control (LADRC), wherein a linear ESO and state feedback are used.

This paper is organized as follow. In Section 2, the studied model is given for the individual parameters as a transfer function. Then, in Section 3, LADRC algorithm is applied to the boost converter model and obtained results are addressed. In Section 4, the functionality of the controller is discussed and comments are given.

2. Model of the Boost Converter

A DC-DC boost converter circuit, as illustrated in Fig.1, is a power electronic circuit that employs a switching mechanism to transfer one voltage level to another voltage level. Because of its potential impact on the power capacity, control of DC-DC power converters is an issue that attracts attention in industrial applications.

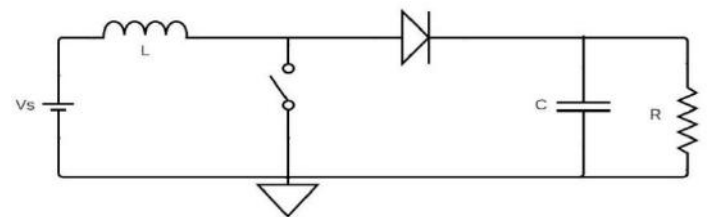


Fig. 1. DC-DC Boost Converter Topology

As in Fig.1. the capacitance, load resistance, and inductance are denoted by C , R , and L , respectively. For modelling of boost converter, firstly the state space equations are extracted to get the

transfer function of the system. For the elaborated DC-DC ideal boost converter, the system states are $x_1 = i_L$, $x_2 = V_C$; and D represents the switching state of the DC-DC boost converter, which is a discrete set in the range 0–1. The following state-space representation is used to develop an accurate control scheme.

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -(1-D)/L \\ (1-D)/C & -1/(R \times C) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_C/L \\ -i_L/C \end{bmatrix} \hat{d} \quad (1)$$

$$[y] = [0 \quad 1] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

By using the system variables, small-signal model is expressed as a transfer function. Based on the converter parameters and state variables, the resulting transfer function is as follows:

$$G(s) = \frac{-60000[s - (1.25 \times 10^4)]}{s^2 + 1000s + (1.25 \times 10^7)} \quad (2)$$

The parameters of the elaborated boost converter are presented in Table 1.

Table 1. Boost Converter Parameters

| Converter Parameters | Symbol | Value |
|----------------------|----------|--------------|
| Input Voltage | V_{in} | 15 V |
| Inductance | L | 2 mH |
| Capacitance | C | 10 uF |
| Resistance | R | 100 Ω |
| Duty Cycle | D | 0.5 |

3. ADRC Design for the Boost Converter

The functionality of the boost converter is to get a higher output voltage level than the input voltage level with the same polarity. According to converter parameters such as input voltage and duty cycle, the second-order model is constructed in the previous section. Through the model; DC gain, damping factor, and time constant of the system can be calculated for utilization in LADRC algorithm.

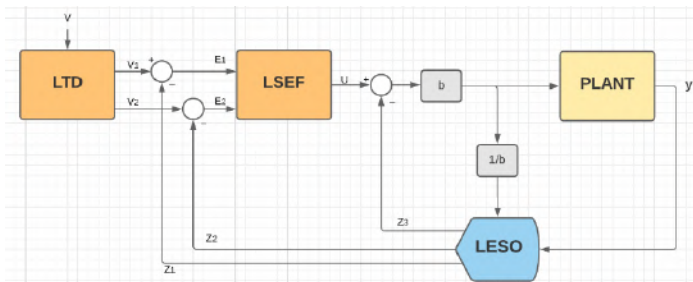


Fig. 2. LADRC topology

According to the transfer function K , D , and T values can be calculated as 60, 500, and 0.002 seconds, respectively. The transfer function has one zero, that is why by evaluating the natural frequency w_n of the transfer function and using with damping ratio ζ value, a second-order transfer function is constructed as the standard form of the second-order system:

$$\frac{w_n}{s^2 + 2\zeta w_n s + w_n^2} \quad (3)$$

The system model is rearranged by using the equation (3) as given below:

$$\ddot{y} = b_0 u + f \quad (4)$$

where b_0 is the input parameter, u is the input signal, y is the output signal, and f is the generalized disturbance. It should be noted that f parameter involves the input disturbance, the first derivative part of output signal. The parameter b_0 , which improves the control performance of ADRC, can be approximately calculated from K/T^2 . However, the tuning of b_0 is generally found by trial and error (Wang, F., Wang, R.-J., & Liu, 2019).

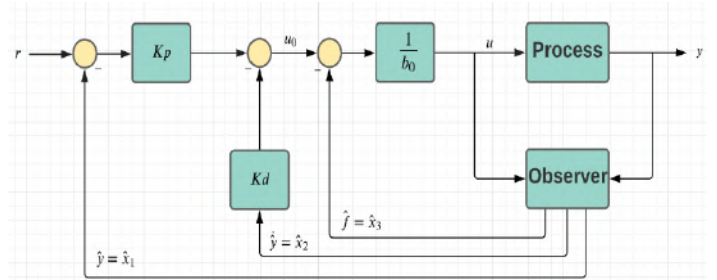


Fig. 3. ADRC topology used in the study

For the simplicity b_0 is considered to be 1 in the present study. In the pursuit of getting good robustness and satisfactory dynamic response simultaneously, the parameter can be selected a small value, then increase slowly until a sufficient control system performance is achieved. There will be three state variables for a second-order system due the augmented generalized disturbance parameter as an extra state, see Fig. 3. The most crucial part for the estimation the state variables is to design the observer as in Fig. 3. For this study Luenberger type of observer is designed. The objective is to design the observer to make the estimation of all system parameters as close as actual state variables. The states are:

$$\begin{aligned} x_1 &= y \\ x_2 &= \dot{y} \\ x_3 &= f \end{aligned} \quad (5)$$

According to these considerations the state-space representation can be arranged as:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu + B_f \dot{f} \\ y &= Cx \end{aligned} \quad (6)$$

When the system parameters A , B , C , B_f are determined, the observer can be designed according to the following equation:

L can be named as the observer gain and selection of observer parameters depend on the parametrization techniques. Then, PD controller parameters can be evaluated by determining the settling time of the system. The designer should adjust the settling time depend on the design and application of the boost converter.

One practical approach to tune the controller is to choose K_p and K_d as critically damped behaviour. For this simulation, the settling time is selected as 1 second and selection of the closed-loop poles as selected according to 5% rule regarding to:

$$s_{CL} = -\frac{6}{T_{settling}}, K_p = (s_{CL})^2, K_d = -2 \times (s_{CL}) \quad (7)$$

According to the design procedure K_p and K_d are calculated as 36 and 12 respectively, but it is a necessity to define the observer gains and pole locations. According to the bandwidth parametrization method (Gao, 2003), it can be calculated as:

$$s^{ESO} = (3 \dots 10) \times s_{CL} \quad (8)$$

Observer poles should be selected as at least three times faster than closed-loop poles as regards Equation (7). For this simulation, observer poles are selected as five times faster than closed-loop poles. Once the observer pole locations are chosen, the observer gains are computed from the characteristic polynomial of (A-LC) but it can be calculated directly from:

$$l_1 = -3 \cdot s^{ESO}, l_2 = 3 \cdot (s^{ESO})^2, l_3 = -(s^{ESO})^3 \quad (9)$$

By using Eq. 9 the gains are calculated and design procedure can be completed. However, the tuning procedure should be adjusted with b_0 value. It should be selected as 1 at the beginning of simulation and increase slowly to get rid of the oscillation at the starting point of transition.

4. Performance Evaluation

The closed loop system was simulated via MATLAB/Simulink platform. Step response graph and tracking graphs of the system are shown in Fig. 4 (a) and (b), respectively.

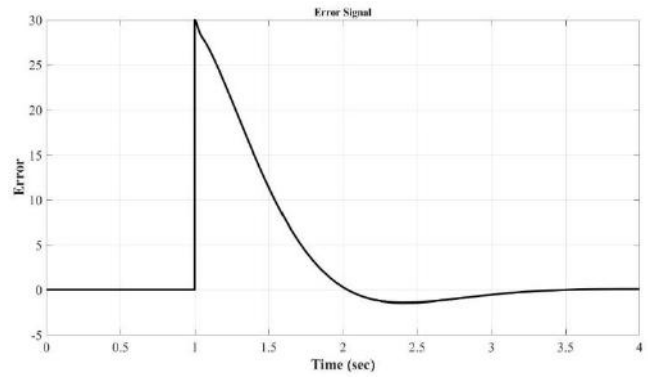
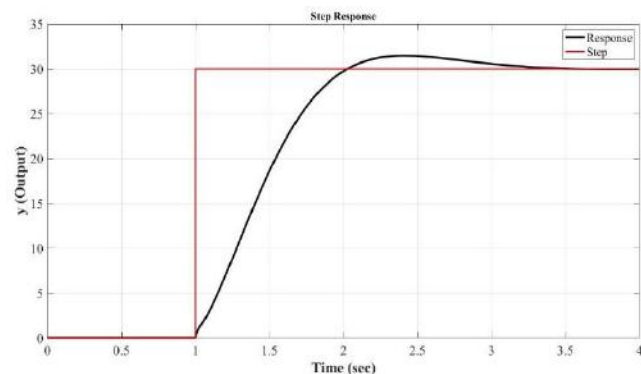


Fig. 4. (a) Step Response Graph and (b) Error Signal Graph

It can be seen that LADRC algorithm operates and regulates the converter regarding the conditions that designer chooses. The reference voltage is set to 30 V. From the Fig. 4 (a), a small amount of overshoot can be observed and the maximum value of the overshoot 31.45 V. The desired settling time is arranged as 1 second while the designing procedure and after tuning, the settling time is monitored as 0.85 second. This demonstrates that performance of controller is satisfactory for the boost converter model used in this paper. From the Fig. 4 (b), the maximum output voltage difference between the reference voltage and the maximum output voltage can be calculated as 1.45V. Thus, the maximum error voltage regarding to reference voltage is 4.83 % which is below the expected percentage error value.

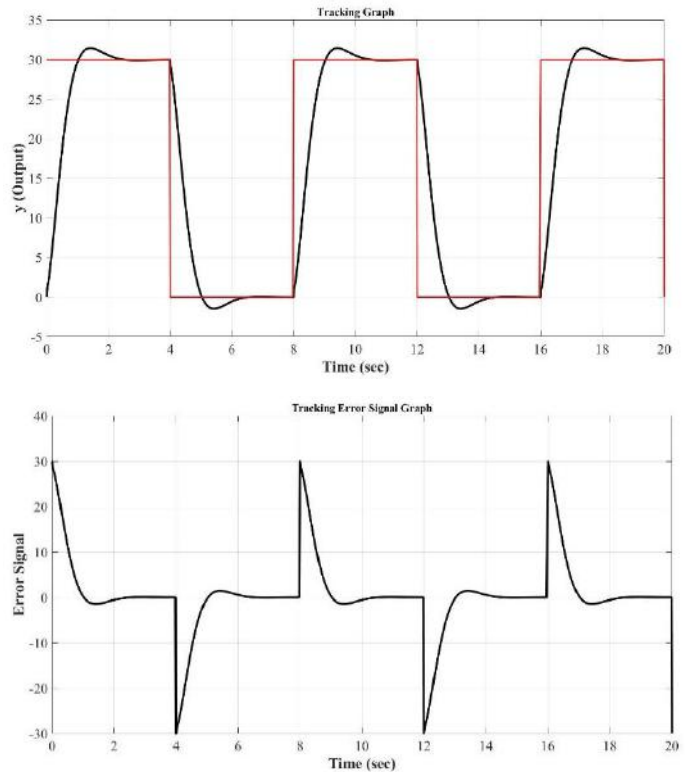


Fig. 5. (a) Tracking Graph and (b) Tracking Error Graph

In the second scenario tracking performance is tested in the presence of square wave input signal. According to the Fig. 5, 50% of the square wave which has an amplitude value of 30 V is applied to the closed loop system for the duration of 20 seconds. The capability of tracking the voltage values indicated as in the graph shows that the tracking performance of the controlled system is sufficient for the application.

A number of performance metrics namely Integral Absolute Error (IAE), Integral Squared Error (ISE), Integral Time Square Error (ITSE) and Integral Time Absolute Error (ITAE), have been employed for a quantitative performance measurement of the control scheme. In this context, the numerical results of the aforementioned indices are shown in Table 2, wherein the step changes were taken into account in order to get the performance indices.

Table 2. Performance Criteria

| Performance Parameter | Value |
|-----------------------|--------|
| IAE | 14.04 |
| ISE | 251.89 |
| ITAE | 19.80 |
| ITSE | 305.9 |

During the parameter tuning procedure, it is not recommended to increase the b_0 parameter too much because it affects the duration of the settling time.

5. Conclusion

In this paper, a new control technique named as ADRC is applied to a boost converter model. After the transfer function of the system is extracted, the damping factor, time constant, and DC gain of the system are adjusted. PD based LADRC is designed with proportional gain and derivative gain by using the practical approach. Then, the locations of the observer poles are determined to complete the design procedure. Regarding to the results, it can be stated that the LADRC approach is an alternate technique that may be utilized in the place of the PID.

References

- Chang, X., Li, Y., Zhang, W., Wang, N., & Xue, W. (2015). Active Disturbance Rejection Control for a Flywheel Energy Storage System. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 62(912), 991–1001.
- Criens, C. H. A., Willems, F. P. T., Van Keulen, T. A. C., & Steinbuch, M. (2015). Disturbance rejection in diesel engines for low emissions and high fuel efficiency. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 23(2), 662–669.
- Eker, D. & Özbek, N. S. (2021). An Assessment of Active Disturbance Rejection Technique From a Theoretical Perspective. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Ejosat Özel Sayı 2021 (ISMSIT), 284-291.
- Gao, Z. (2003). Scaling and Bandwidth-Parameterization based Controller Tuning. *Proceedings of the American Control Conference*, 6, 4989–4996.
- Han, J. (2009). From PID to active disturbance rejection control. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56(3), 900–906.
- Herbst, G. (2013). A Simulative Study on Active Disturbance Rejection Control (ADRC) as a Control Tool for Practitioners. *Electronics*, 2(4), 246–279.
- Liu, S., You, H., Li, J., Kai, S., & Yang, L. (2021). Active disturbance rejection control based distributed secondary control for a low-voltage DC microgrid. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 27, 100515.
- Oucheriah, S., & Guo, L. (2013). PWM-based adaptive sliding-mode control for boost DC-DC converters. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 60(8), 3291–3294.
- Shi, G., Wu, Z., He, T., Li, D., Ding, Y., & Liu, S. (2020). Shaft speed control of the gas turbine based on active disturbance rejection control. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 12523–12529.
- Wang, F., Wang, R.-J., & Liu, E.-H. (2019). Analysis and Tuning for Active Disturbance Rejection Control. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019, 1–11.
- Wu, J., & Lu, Y. (2019). Adaptive Backstepping Sliding Mode Control for Boost Converter With Constant Power Load. *IEEE Access*, 7, 50797–50807.
- Zhou, X., Liu, Q., Ma, Y., & Xie, B. (2021). DC-Link voltage research of photovoltaic grid-connected inverter using improved active disturbance rejection control. *IEEE Access*, 9, 9884–9894.
- Yuan, C., Zhou, X., & Ma, Y. (2022). DC Bus Voltage Control of Wind Power Inverter Based on First-Order LADRC. *IEEE Access*, 10, 3263–3274.
- Abdelmalek, S., Dali, A., Bakdi, A., & Bettayeb, M. (2020). Design and experimental implementation of a new robust observer-based nonlinear controller for DC-DC buck converters. *Energy*, 213, 118816.
- Barzegar-Kalashani, M., & Mahmud, M. A. (2022). A linear hybrid active disturbance rejection controller design to extenuate powerline bushfires in resonant grounded distribution power systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 142(PB), 108192.
- Feng, X., Xie, S., Zhang, Z., Chen, Y., Qin, H., & Zhao, C. (2022). Research on speed loop control of IPMSM based on Fuzzy linear active disturbance rejection control. *Energy Reports*, 8, 804–812.



Evaluation and Compensation of Temperature Effects on Ultrasonic Flow Measurement

Alkım Gökçen^{1*}, Bahadır Yeşil²

^{1*} BAYLAN Measurement Meters, Department of Research and Development, Izmir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8131-388X), a.gokcen@baylanwatermeters.com

² BAYLAN Measurement Meters, Department of Research and Development, Izmir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-9622-2593), b.yesil@baylanwatermeters.com

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies – 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1136816)

ATIF/REFERENCE: Gökçen, A. & Yeşil, B. (2022). Evaluation and Compensation of Temperature Effects on Ultrasonic Flow Measurement. *European Journal of Science and Technology*, (37), 113-118.

Abstract

This paper presents an evaluation of temperature effects on ultrasonic piezoelectric transducers for electronic flow measurement devices. Transducers generate ultrasonic wave against electrical signals and electrical signals against ultrasonic waves due to their bidirectional characteristics. Temperature dynamics of the physical environment is one of the most crucial parameters which affects the electrical dynamics of the ultrasonic transducers. Due to the temperature related false sensor readings, flow measurement process for different temperature causes calibration errors. In order to identify the temperature effects on transducers characteristics and constitute a generalized solution, a test procedure and data collection process are developed. Initially, two identical transducers are located reciprocally on a flow meter body. Secondly, bodies are located on a test bench to get signal measurements for different flows. A wireless communication data acquisition card is employed to collect ultrasonic signal measurements. Test procedure is repeated for 5 different temperatures and 13 flow rates. The created dataset is evaluated and visualized in MATLAB environment. A temperature effect compensation process, which is based on machine learning algorithms, is proposed. This method considers time domain information of transducer elements. Experiment temperature value and average values of Time-of-Flight (TOF) signals for each transducers are considered to predict actual flow velocity. In this manner, machine learning algorithms linear regression, support vector regression (SVR), Gaussian process regression (GPR) and artificial neural networks (ANN) are employed to construct the relation between temperature variation and flow measurement. Compensation performance is investigated by considering the R^2 , root mean square error (RMSE), mean absolute error (MAE) and mean square error (MSE) model evaluation metrics. According to the results, neural network based compensation algorithm gives the best result with $R^2 = 0.95$.

Keywords: Ultrasonic transducers, Flow metering, Compensation, Time-of-Flight Measurement.

Ultrasonik Akış Ölçümünde Sıcaklık Etkisinin İncelenmesi ve Kompensasyonu

Öz

Bu makale, elektronik akış ölçüm cihazları için ultrasonik piezoelektrik dönüştürücüler üzerindeki sıcaklık etkilerinin bir değerlendirilmesini sunar. Dönüştürücüler, çift yönlü özelliklerinden dolayı elektrik sinyallerine karşı ultrasonik dalga ve ultrasonik dalgalara karşı elektrik sinyalleri üretir. Fiziksel ortamın sıcaklık dinamiği, ultrasonik dönüştürücülerin elektrik dinamiklerini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Sıcaklık değişimi kaynaklı yanlış sensör okumaları, farklı sıcaklıklar için akış ölçüm işlemi sırasında kalibrasyon hatalarına neden olur. Bu nedenle, dönüştürücü özellikleri üzerindeki sıcaklık etkilerini belirlemek ve geliştirilmiş bir çözüm oluşturmak için bir test prosedürü ve veri toplama süreci geliştirilmiştir. Başlangıçta, bir akış ölçer gövdesi üzerinde karşılıklı olarak iki özdeş dönüştürücü konumlandırılmıştır. İkinci olarak, gövdeler, farklı akışlar için sinyal ölçümleri almak

*Alkım Gökçen: BAYLAN Measurement Meters, Department of Research and Development, Izmir, Turkey, ORCID: 0000-0002-8131-388X, a.gokcen@baylanwatermeters.com

üzere bir test masasına yerleştirilmiştir. Ultrasonik sinyal ölçümlerini toplamak için bir kablosuz iletişim veri toplama kartı kullanılmıştır. Test işlemi 5 farklı sıcaklık ve 13 debi için tekrarlanmıştır. Veri toplama sonucu elde edilen veri seti MATLAB ortamında değerlendirilip, çalışma koşulları belirlenmiştir ve makine öğrenmesi algoritmalarına dayalı bir sıcaklık etkisi kompenzasyon modeli önerilmiştir. Bu yöntem, dönüştürücü elemanlarının zaman eksenini bilgilerini dikkate almaktadır. Gerçek akış hızını tahmin etmek için her deney sıcaklık değeri ve Uçuş Süresi (TOF) sinyallerinin ortalama değerleri dikkate alınmaktadır. Böylece, sıcaklık değişimi ve akış ölçümü arasındaki ilişkiyi oluşturmak için makine öğrenmesi algoritmalarından doğrusal regresyon, destek vektör regresyonu (SVR), Gaussian süreç regresyonu (GPR) ve yapay sinir ağları (YSA) kullanılmıştır. Önerilen modelin kompenzasyon performansı R^2 , ortalama kare-kök hata (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama kare hata (MSE), gibi hata metriklerinin hesaplanması ile incelenmiştir. Sonuçlara göre, YSA tabanlı kompenzasyon algoritmasının $R^2 = 0.95$ metriği ile en iyi sonucu verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ultrasonik transduser, Akış ölçümü, Kompanzasyon, Uçuş süresi ölçümü.

1. Introduction

Parameter change caused by temperature effect is a widely countered disturbance phenomenon in the sensor and measurement fields including biomedical (Sarjova et al., 2005), process control (Mehta et al., 2022), measurement devices (Fang et al., 2022) and embedded system designs (Rudnicki, 2020). Transducers are commonly used cheap and easy to use sensor elements to measure distance (Balasubramanian et al., 2022), liquid flow (Yao et al., 2021), gas flow (Chen et al., 2021) and pressure (MacAskill et al., 2021). However, change of temperature has a significant role on transducer electrical characteristics which causes false sensor readings and measurement errors (Zibitsker et al., 2021). Calibration process, due to the underlying problem, is underwhelmed to converge to actual measurement. Identifying the behavior of the problem and developing a method to eliminate temperature effects is a crucially significant for the sake of true measurement process. Related literature is investigated to study on different perspectives on the problem. Huang and Young (2009) employed an external sensor to measure the temperature of a distance measurement system to compensate the ultrasound velocity during the measurement process. Wang and Zhang (2010) proposed to use a neural network model which considers the temperature sensor data and ultrasonic flow measurements to both calibrate and compensate the measurements, and proved that the measurement error decreased to 3% from 5.2%. Scale transform and cross-correlation methods are employed by Harley and Moura (2012) to find phase delay caused by the temperature variations. Herein, they can find the optimal time domain information of the ultrasonic waves. A methodology, that aims to model temperature effects on signal amplitude and waveform of the ultrasound to understand that how temperature affects the measurement, is proposed by Jia et al. (2021). Huang et al. (2021) employed the transducers to predict temperature value of a specific medium where the ultrasound velocity is known and used to extract temperature.

In this study, transducer complex dynamics are investigated under certain temperature and flow conditions with a data acquisition process. The problems defined in the literature focus on the temperature change of the water however we focus on the temperature effect on the transducer and its electrical characteristics. Upstream and downstream signals, which represents the electrical signals on transducers caused by ultrasonic wave transmitted from other transducer, might be evaluated to determine the working conditions. Thus, transducers are placed inside of a brass flow meter body to measure the stream signals during the flow. Through the instrument of heat test bench, flow and temperature test conditions are satisfied. Flow measurements, temperature

measurements, Time Of Flight (TOF) values representing the time domain features of stream signals and actual flow measurements are collected using a data acquisition card. During the test process, data are collected for different water temperatures (10° C, 20° C, 30° C, 40° C, 50° C) and 13 flow rates between 16 L/h and 5000 L/h.

Remaining parts of the paper is organized as follows: In Section 2. transducer element and its mathematical dynamics are explained. Problem is detailly defined, collected data are given and proposed compensation method is explained. In Section 3. the results of the experiment and compensation work are presented. Conclusion and the future work of the study are presented in the Section 4.

2. Material and Method

2.1. Ultrasonic Transducer and Flow Metering

Ultrasonic transducers are piezoelectric components used to generate and/or receive the ultrasonic sound waves (Jaffe et al., 1965). Pulsed ultrasonic transducers use electrical energy to generate ultrasonic wave trains into the water medium. Reflected waves, which might be called echo, are transformed into electrical energy back by the ultrasonic transducers. The total time during the transmission and reflection is considered to compute distance or depth in a water medium. Based upon this principle, ultrasonic transducers might be employed for flow measurement process. Initially, reciprocal transducers are located on a body (or transducer paths are connected with the mirror reflecting the waves) to generate and receive waves (Figure 1). Transducers are pulsed with a pre-determined specific period of time. Received signals by the transducers are employed to compute wave transmission time measure Time-of-Flight (TOF). These waves are called Upstream (In the direction of flow) and/or Downstream (In the reverse direction of flow) signals. This transmission/receiving operation might be performed with an ultrasonic Time-to-Digital Conversion (TDC) integrated circuit chip. TOF difference value, which might be computed considering the time difference between downstream and upstream signals, is considered to measure both direction and amplitude of the flow with an offset compensation and calibration process.

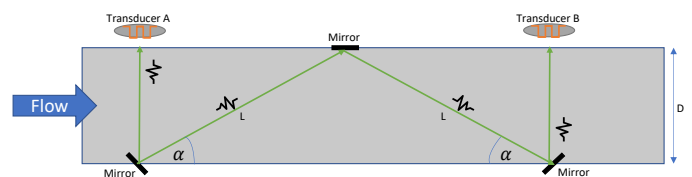


Figure 1. Visual representation of an ultrasonic flow meter.

2.2. Time of Flight Measurement and Data Collection

TOF of an ultrasonic wave in the direction of downstream might be given as:

$$t_{(B>A)} = \frac{D}{C_0} + \frac{L}{C_0 + v\cos(\alpha)} + \frac{L}{C_0 + v\cos(\alpha)} + \frac{D}{C_0} \quad (1)$$

where L is the distance between transducers, D is the diameter of the pipe, α is the degree between pipe and mirror, C_0 is the speed of ultrasonic wave in water, v is the flow velocity, and $t_{(B>A)}$ is the downstream TOF value. In the same manner, upstream TOF might be calculated as:

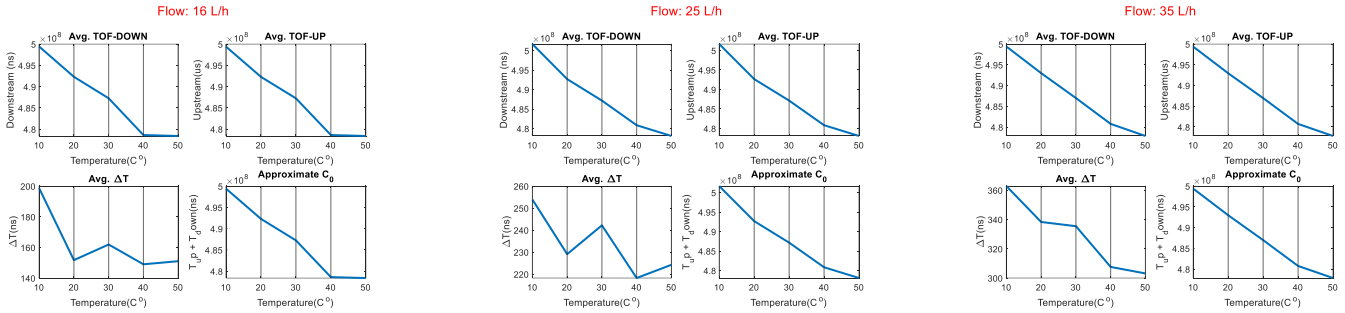
$$t_{(A>B)} = \frac{D}{C_0} + \frac{L}{C_0 - v\cos(\alpha)} + \frac{L}{C_0 - v\cos(\alpha)} + \frac{D}{C_0} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & t_{(B>A)} * t_{(A>B)} \\ &= \frac{4(L + D)^2}{(C_0 - v\cos(\alpha))(C_0 + v\cos(\alpha))} \\ &+ \frac{4D\cos(\alpha)(L - C_0L - Dv\cos(\alpha))}{C_0^2(C_0 - v\cos(\alpha))(C_0 + v\cos(\alpha))} \end{aligned} \quad (4)$$

Left side of the Eq. (4) may be assumed as zero, and substituting (4) in (3) for $C_0^2 - v^2 \cos^2(\alpha)$ gives temperature independent flow velocity as:

$$v = \frac{\Delta T}{t_{(B>A)} * t_{(A>B)}} * \frac{(L + D)^2}{L\cos(\alpha)} \quad (5)$$

Due to the flow calculation is not dependent on C_0 variations, measurement is not affected by temperature variation. However, the aim of this study is to eliminate temperature effects on transducer electrical characteristics. To understand the temperature related measurement behaviors and dynamics of the transducer, flow measurements are performed for different temperatures and velocities (Figure 2). TOF values for both



upstream and downstream, temperature readings, flow measurements and actual flow velocities are recorded to perform a calibration process which eliminates the temperature variation effects.

where $t_{(B>A)}$ is the upstream TOF value. Due to the TOF value is reverse proportional to the flow velocity, TOF Difference (TOF DIFF) value might be computed as:

$$\begin{aligned} \Delta T &= t_{(B>A)} - t_{(A>B)} \\ &= \frac{2L}{C_0 - v\cos(\alpha)} - \frac{2L}{C_0 + v\cos(\alpha)} \\ &= \frac{4Lv\cos(\alpha)}{C_0^2 - v^2 \cos^2(\alpha)} \end{aligned} \quad (3)$$

Computing the flow velocity is directly affected by the change of water temperature due to the sound velocity C_0 is affected by temperature. To eliminate this dependency:

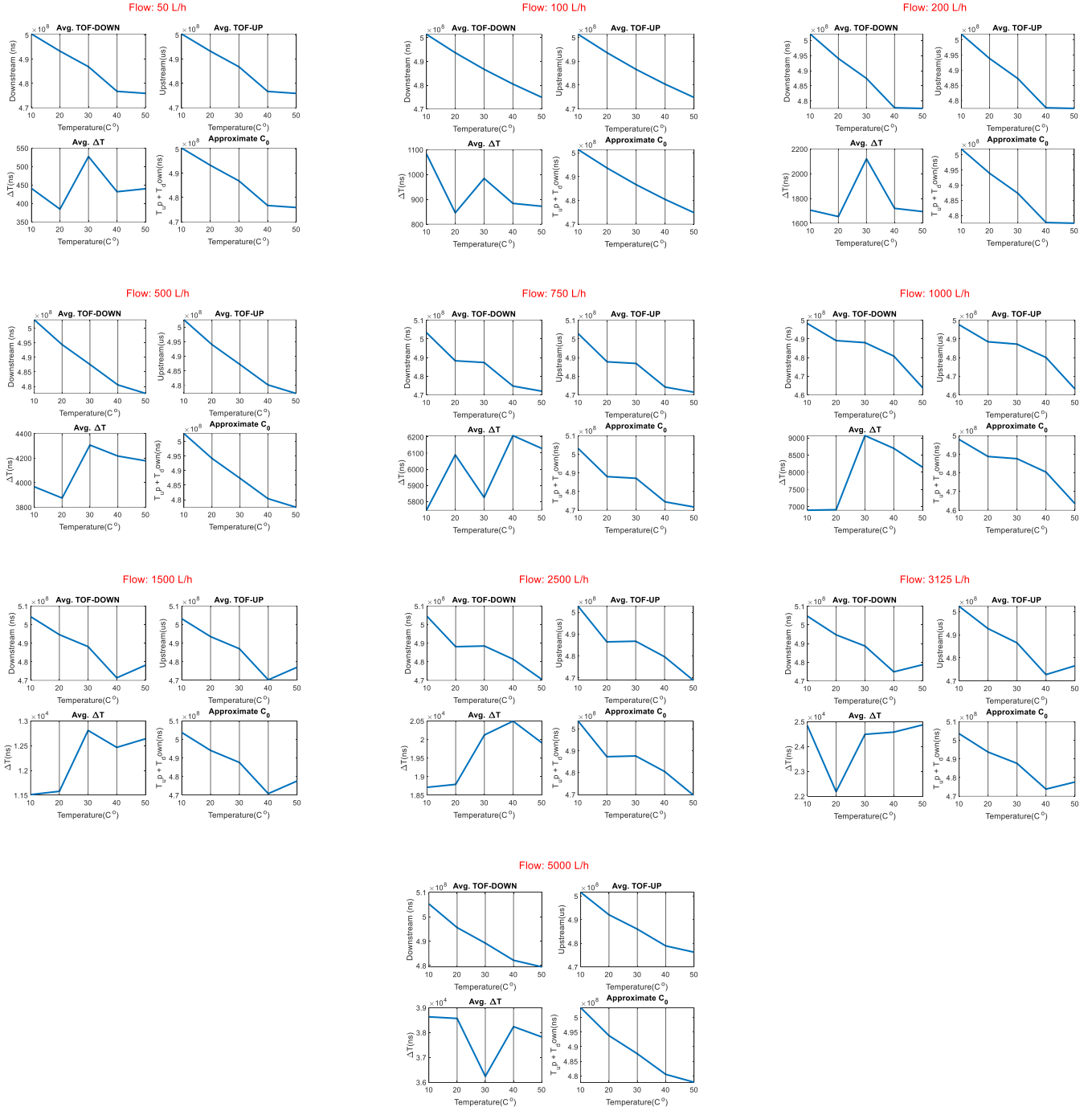


Figure 2. TOF signal evaluation of collected data during experiments.

2.3. Temperature Compensation Process

Temperature parameter must be known to eliminate its effects on transducer. Due to the C_0 parameter has a known correlation with temperature, it might be employed to estimate temperature value. C_0 might be computed as:

$$t_{(B>A)} + t_{(A>B)} = \frac{4LC_0}{C_0^2 - v^2 \cos^2(\alpha)} \quad (6)$$

due to the $C_0^2 \gg v^2 \cos^2(\alpha)$, equation (6) becomes:

$$C_0 = \frac{4L}{t_{(B>A)} + t_{(A>B)}} \quad (7)$$

Proposed compensation method is based on a machine learning model which considers the water temperature correlated parameter C_0 , flow measurement v to estimate actual velocity \hat{v} (Figure 3).

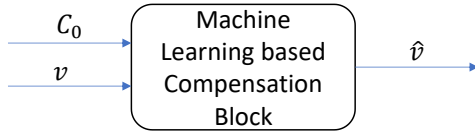


Figure 3. Block representation of proposed machine learning model.

To perform this process, machine learning models are employed. Linear regression is method which defines a linear mathematical expression between dependent and independent variables to perform a prediction process of the independent variable (Weisberg, 2005). This model might be defined as:

$$\hat{y} = \theta^T X \tag{9}$$

where \hat{y} is the model prediction, θ represents model regression parameters, and X represents model inputs.

Support Vector Regression (SVR) method employees a mapping kernel function which projects feature space into a higher dimensional hyperplane (Awad and Khanna, 2015). The objective of constructing a Support Vector Machine (SVM) is to map features into a higher dimensional space (F) by employing a kernel function. Estimation function of a general SVR might be defined as:

$$\hat{y} = \alpha_i K(x_i, x_j) + b \tag{10}$$

where α_i represents the support vectors with i samples, and b represents the bias term. Mapping function K is employed as linear, quadratic and cubic, respectively.

Gaussian process regression is a non-parametric regression method based on optimizing the distribution kernel function hyper parameters (Wilson et al., 2011). Kernel function with optimal parameters define a regression fit which maximize the negative log-marginal-likelihood (NLML) of the training set.

In this framework, probabilistic approach to regression between input-output relation might be defined as:

$$\hat{y} = f(x) + \epsilon \tag{11}$$

where ϵ term represents a Gaussian distribution.

Fundamentals of ANN is based on learning brain neuron cells, and hypostatized in machine learning framework (Eskov et al., 2019). This model consists of an input layer, hidden layers, an output layer and processing elements known as neurons. Each neuron node receives its input from previous neuron nodes. Neurons passes linearly weighted sum of the signal to another neuron over an activation function. Activation functions within the hidden layers gain the model its dynamics, and are selected considering the complexity of the dataset. Multi-Layer Perceptron (MLP) type of ANN has known number of input and output layer neurons, and equals to the number of independent and dependent variables, respectively. MLP might be defined as:

$$\hat{y} = h_o \left(W_o^T * h_i \left(W_{in}^T * X \right) \right) \tag{12}$$

where W_{in} represents the hidden-layer neuron parameters, $h_i(\cdot)$ represents the hidden-layer activation function, W_o represents the output-layer neuron parameters, and $h_o(\cdot)$ is the output-layer activation function. In this work, a single hidden-layer MLP type ANN is employed for compensation process.

3. Results and Discussion

MATLAB environment is employed to study on the collected dataset. Firstly, C_0 and v values are computed for each temperature value. Linear regression, SVR, GPR and ANN are employed to perform compensation process. Model performances are investigated by considering the metrics $R^2, RMSE, MSE, MAE$ values (Table 1).

Table 1. Model performance metric evaluations.

| | Linear Regression | Linear Kernel SVR | Quadratic Kernel SVR | Cubic Kernel SVR | GPR | ANN |
|--------|-------------------|-------------------|----------------------|------------------|--------|--------|
| R^2 | 0.82 | 0.81 | 0.81 | 0.84 | 0.92 | 0.95 |
| $RMSE$ | 0.09876 | 0.1009 | 0.1007 | 0.0932 | 0.0374 | 0.0707 |
| MSE | 0.0097 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0086 | 0.0014 | 0.0050 |
| MAE | 0.0414 | 0.0315 | 0.0352 | 0.0220 | 0.0076 | 0.0065 |

According to the results, linear models have close performance in terms of R^2 and error metrics. Although the quadratic kernel SVR is a nonlinear model, it is understood that it provides close performance to linear models in terms of R^2 and error metrics. Cubic kernel SVR gives slightly better performance on R^2 , $RMSE$ and MSE metrics, but it is successful in terms of MAE metric compare to previous models. Thus, it is observed that solving the problem with quadratic or cubic approaches is not appropriate in terms of a trade-off between model complexity and model performance. GPR, as a probabilistic distribution based model, gives the best performance in terms of $RMSE$ and MSE metrics due to its stochastic behavior. ANN, which gives the best performance in terms of R^2 , also is successful in terms of MAE compare to all proposed models on predictin the actual flow velocity.

4. Conclusions and Recommendations

This study presents a machine learning based calibration method for temperature effects on transducer dynamics on flow measurement devices. Herein, the problem is identified and related works are given. Initially, transducer component and flow measurement process are defined. The data collection process for understanding the nature of the problem and adapting the proposed method parameters are explained. Afterward, temperature effect and proposed method are explained. Machine learning models and machine learning based compensation process are detailly explained. Finally, model performances on compensation process are investigated via performance indexes. According to the results, neural network based compensation block gives the better performance compare to other models in terms of performance metrix. In the future direction of the study, a reinforcement learning based compensation method may be considered to eliminate disturbance effects.

References

Sorvoja, H., Kokko, V. M., Myllyla, R., & Miettinen, J. (2005). Use of EMFi as a blood pressure pulse transducer. *IEEE transactions on instrumentation and measurement*, 54(6), 2505-2512.

Mehta, Y., Bhargav, V., & Kumar, R. (2022). Characterization and Control of High Temperature Impinging Jet Issued from a Mach 4 Rocket Nozzle. In *AIAA SCITECH 2022 Forum* (p. 0124).

Fang, L., Ma, X., Zhao, J., Faraj, Y., Wei, Z., & Zhu, Y (2022). Development of a high-precision and wide-range ultrasonic water meter. *Flow Measurement and Instrumentation*, 102118.

Rudnicki, T. (2020). Measurement of the PMSM Current with a Current Transducer with DSP and FPGA. *Energies*, 13(1), 209.

Balasubramanian, A. B., Sastry, K. V., Magee, D. P., & Taylor, D. G. (2022). Transmitter and Receiver Enhancements for Ultrasonic Distance Sensing Systems. *IEEE Sensors Journal*.

Yao, S., Yang, M., Zhang, P., Zhang, K., Fang, J., Huang, J., ... & Zhao, Y. (2021). A Small Diameter Ultrasonic Water Meter With Self-Diagnosis Function and Self-Adaptive Technology. *IEEE Access*, 9, 80703-80715.

Chen, D., Cao, H., & Cui, B. (2021). Study on flow field and measurement characteristics of a small-bore ultrasonic gas flow meter. *Measurement and Control*, 54(5-6), 554-564.

MacAskill, W., Hoffman, B., Johnson, M. A., Sharpe, G. R., & Mills, D. E. (2021). Pressure measurement characteristics of a micro-transducer and balloon catheters. *Physiological Reports*, 9(8), e14831.

Zibitsker, A., Berreby, M., Michaels, D., Shilav, R., & Frisman, I. (2021). Ultrasonic Temperature Compensating Method for Tracking Decomposition Front in Silica-Phenolic Thermal Protection Material. *Journal of Thermophysics and Heat Transfer*, 35(4), 770-787.

Huang, Y. S., & Young, M. S. (2009). An accurate ultrasonic distance measurement system with self temperature compensation. *Instrumentation Science and Technology*, 37(1), 124-133.

Wang, Y. X., Li, Z. H., & Zhang, T. H. (2010, October). Research of ultrasonic flow measurement and temperature compensation system based on neural network. In *2010 International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence* (Vol. 1, pp. 268-271). IEEE.

Harley, J. B., & Moura, J. M. (2012). Scale transform signal processing for optimal ultrasonic temperature compensation. *IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control*, 59(10), 2226-2236.

Jia, Y., Wu, T., Dou, P., & Yu, M. (2021). Temperature compensation strategy for ultrasonic-based measurement of oil film thickness. *Wear*, 476, 203640.

Huang, J., Cegla, F., Wickenden, A., & Coomber, M. (2021). Simultaneous measurements of temperature and viscosity for viscous fluids using an ultrasonic waveguide. *Sensors*, 21(16), 5543.

Jaffe, H., & Berlincourt, D. A. (1965). Piezoelectric transducer materials. *Proceedings of the IEEE*, 53(10), 1372-1386.

Weisberg, S. (2005). *Applied linear regression* (Vol. 528). John Wiley & Sons.

Awad, M., & Khanna, R. (2015). Support vector regression. In *Efficient learning machines* (pp. 67-80). Apress, Berkeley, CA.

Wilson, A. G., Knowles, D. A., & Ghahramani, Z. (2011). Gaussian process regression networks. *arXiv preprint arXiv:1110.4411*.

Eskov, V. M., Pyatin, V. F., Eskov, V. V., & Ilyashenko, L. K. (2019). The heuristic work of the brain and artificial neural networks. *Biophysics*, 64(2), 293-299.



Evaluation of Different Methods on Time of Flight Calculation

Alkım Gökçen^{1*}, Bahadır Yeşil²

^{1*} BAYLAN Measurement Meters, Department of Research and Development, Izmir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8131-388X), a.gokcen@baylanwatermeters.com

² BAYLAN Measurement Meters, Department of Research and Development, Izmir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-9622-2593), b.yesil@baylanwatermeters.com

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies – 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1136834)

ATIF/REFERENCE: Gökçen, A. & Yeşil, B. (2022). Evaluation and Compensation of Temperature Effects on Ultrasonic Flow Measurement. *European Journal of Science and Technology*, (37), 119-122.

Abstract

Instrumentation and measurement have become a very important field in the developing industry. This development reveals requirements such as minimization of measurement errors. Accurate measurement of flow and consumption is a significant process to avoid wrong billing and entanglement for water utilities. This paper presents an ultrasonic Time-of-Flight (TOF) estimation algorithm evaluation for liquid or gas flow rate measurement applications for electronic smart meters. Transducers, as a piezoelectric material, are employed in flow measurement industry, and generate ultrasonic sound waves against pressure. Reciprocal located transducers in a flow medium are triggered to obtain ultrasonic sound waves in both flow direction. Due to the small distance between transducers and speed of sound in flow medium, TOF calculation becomes a challenging process. Equivalent circuit model of a transducer is implemented on MATLAB/Simulink environment numerically, and both upstream and downstream signals, which are the transit waves between transducers and named in order to triggering order, are obtained. Firstly, behavior of an excited transducer is evaluated on simulation environment, and a random signal, which simulates measurement noise, is employed to mimic the real-world conditions. Problem definitions and proposed algorithms given in the literature are investigated, and candidate TOF measurement algorithms are selected. Each method is implemented. Afterward, obtained transit waves are employed with the conventional method to compute TOF at each zero-crossing point. To improve the measurement performance, a cross-correlation based method is proposed for TOF estimation process, and results are compared to conventional method-based measurements. Possible future directions of the study are indicated.

Keywords: Ultrasonic time of flight, ultrasonic flow meter, cross-correlation, flow measurement.

Uçuş Süresi Hesaplamasında Farklı Yöntemlerin Değerlendirilmesi

Öz

Enstrümantasyon ve ölçüm gelişen endüstride oldukça önemli bir alan haline gelmiştir. Bu gelişim ölçüm hatalarının eniyilenmesi gibi gereklilikler ortaya çıkartmaktadır. Akış ve tüketimin doğru ölçümü, yanlış faturalandırma ve sular idaresinde meydana gelebilecek karışıklıkları önlemede önemli bir süreçtir. Bu çalışmada, elektronik akıllı sayaçlarda sıvı veya gaz akış hızı ölçüm uygulamaları için ultrasonik uçuş süresi (TOF) hesaplama algoritmalarının değerlendirilmesi sunulmaktadır. Transdüserler, bir piezoelektrik malzeme olarak akış ölçüm endüstrisinde kullanılır ve basınca karşı ultrasonik ses dalgaları üretirler. Bir akış ortamında karşılıklı olarak yerleştirilmiş transdüserler, her iki akış yönünde ultrasonik ses dalgaları üretmek amacı ile tetiklenir. Transdüserler arası kısa mesafe ve akış ortamında sesin yüksek hızı nedeniyle, TOF hesaplaması zorlu bir süreç haline gelmektedir. Bir transdüserin eş değer devre modeli MATLAB/Simulink ortamında nümerik olarak uygulanmakta ve transdüserler arası geçiş dalgaları olan ve tetiklenme sırasına göre isimlendirilen yukarı/aşağı akış sinyalleri elde edilmektedir. İlk olarak, tetiklenmiş bir transdüserin davranışı benzetim ortamında incelenir ve gerçek dünya koşullarını taklit etmek için ölçüm gürültüsünü benzeten bir sinyal kullanılır. Literatürde verilen problem tanımları ve önerilen algoritmalar incelenir ve aday TOF ölçüm algoritmaları seçilir. Seçilen her yöntem

*Alkım Gökçen: BAYLAN Measurement Meters, Department of Research and Development, Izmir, Turkey, ORCID: 0000-0002-8131-388X, a.gokcen@baylanwatermeters.com

gerçeklenir. Daha sonra elde edilen geçiş dalgaları, her sıfır geçiş noktasında TOF değerini hesaplamak için geleneksel yöntem ile kullanılır. Ölçüm performansı arttırmak için çapraz korelasyon tabanlı bir TOF tahmin süreci metodu önerilir ve sonuçlar geleneksel yöntem tabanlı ölçümler ile karşılaştırılır. Çalışmanın gelecekteki olası yönleri paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ultrasonik uçuş süresi, ultrasonik sayaç, çapraz korelasyon, akış ölçümü.

1. Introduction

In flow rate and velocity measurement, ultrasonic flowmeters (UF) are extensively used devices (Çengel and Boles, 2015) due to its advantages as follows; i) Easy to install (Rajita and Mandal, 2016), ii) No pressure drop (Lynnworth and Liu, 2006), iii) No moving parts (Mousavi et al., 2020), iv) Measuring reverse flows (Chen et al., 2020). UF devices measure the ultrasonic wave flight time, also known as Time-of-Flight (TOF), to compute the flow rate of fluid (Peng et al., 2018). For this process, transducer components are employed. Transducers are piezoelectric materials which provide bipolar transformation between electrical signals and sound-waves (Chen et al., 2021). A flowmeter consists of two transducer (A and B) which are triggered sequentially. Firstly, transducer A is triggered to generate the ultrasonic wave called upstream signal in fluid, and transmit to transducer B. Secondly, transducer B is triggered, after the upstream signal is read, to generate another ultrasonic wave called downstream signal, and transmit to transducer A. TOF difference (TOFD) of upstream and downstream signals may be determined to compute the direction and velocity of flow on an embedded system (Uchiyama et al., 2019).

As for the measurement of TOFD signal, related literature is investigated (Willigen et al., 2021; Sun et al., 2021; Huang and Young, 2009; Angrisani et al., 2006; Gueuning et al., 1996; Demirli and Saniie, 2001; Andria et al., 2001; Barshan, 2000). Willigen et. al. (2021) proposed different excitation signal characteristics to minimize measurement zero-flow error. Sun et. al. (2021) proposed an interpolation based method to increase measurement accuracy of TOF signal. Huang and Young (2009) defined a temperature problem on TOF measurement, and designed a novel self compensated TOF measurement system. Angrisani et. al. (2006) proposed a discrete Kalman filtering based method on TOF measurement process, and reliability of the system is investigated. Gueuning et. al. (1996) combined the conventional method and phase-shift method, and performed experimental studies to investigate the performance of the proposed system. Demirli and Saniie (2001) proposed a parametric generalized echo model based method to estimate the actual TOF value. Andria et. al. (2001) proposed to use wavelet and short time Fourier transform to determine the enveloped signals, and applied pulse detection algorithms for measurement process. Barshan et. al. (2000) employed threshold, correlation, curve-fitting, and sliding-window based measurement methods, and compared to results considering the different error evaluation metrics.

This paper represents a comparison of different methods on computation of TOF value of the streams. Firstly, a RLC equivalent model of transducer is employed to mimic its dynamics and behavior as given in Willigen et al (2021). Numerical implementation and analysis of the model is performed on MATLAB/Simulink environment. Nonlinear and complex dynamics of the transducer model are evaluated. According to the evaluations, necessary implementation conditions of the proposed method are determined. Equivalent circuit parameters are changed to generate phase-shift on signals.

This phase-shift provides the upstream and Downstream signals. Afterward, these signals are contaminated by a noise signals to mimic the real system conditions. A sample cross-correlation function, threshold method and Nth zero-crossing method are applied to signals to investigate the time domain performances of the proposed methods. TOF measurement results of the three methods are compared, and results are given.

Remaining parts of the paper are organized as follows; i) In Section 2, related equivalent model of the transducers, TOF measurement process and proposed method are explained, ii) Section 3 represents the results of the proposed method based TOF measurement, and its performance evaluations, iii) A brief summary of the paper, necessary findings of the proposed method, and possible future directions of the study are indicated in the Section 4.

2. Material and Method

2.1. Transducer Equivalent KLM-model

A simple KLM-model is employed in order to observe complex dynamics of a transducer in simulation environment (Krimholtz and Leedom, 1970) (Figure 1).

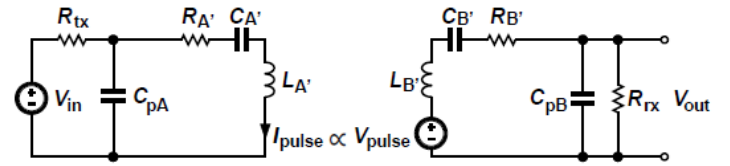


Figure 1. KLM electrical equivalent circuit of a transducer.

Transducer equivalent model consists of a transmitting circuit including a resistor R_{tx} and a voltage source V_{in} . R_{rx} resistor is employed as the receive circuit impedance. To mimic the cable capacitance and transducer waveform and phase features, C_p is considered for the modelling process. Separated parts of the KLM-model represents the upstream transducer A and downstream transducer B. Proportionality between I_{pulse} and V_{pulse} represents the transition of the ultrasonic wave from one transducer to another. V_{in} signal is employed as the excitation signal of the streaming transducer, and chosen as a single pulse signal. V_{out} signal is considered as the overall output signal of the model which represents the received ultrasonic stream waveform.

2.2. Simulation of Equivalent Transducer Model

Numerical analysis of the KLM-model is performed on MATLAB/Simulink environment. Related model component parameters are chosen from Willigen et al. (2021) (Table 1).

Table 1. Implementation of electrical circuit model parameters.

| R | L | C_A | C_p | $C_B(U)$ | $C_B(D)$ |
|-----|------|-------|--------|----------|----------|
| 20Ω | 46μH | 139pF | 0.55nF | 139pF | 130pF |

A phase-shift on upstream signal is obtained by setting the capacitor C_B to be 5% mismatch. Thus, downstream signal is achieved. A zero mean unit variance white noise is added to the stream signals as measurement noise. Amplitude of this noise is assumed to be 10% of the signal amplitudes (Figure 2).

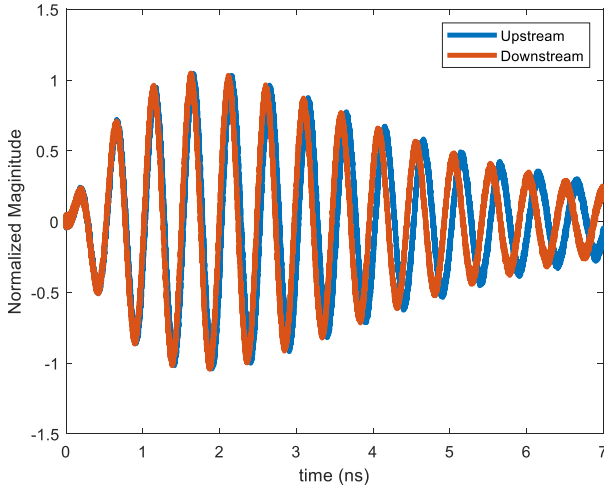


Figure 2. Contaminated stream signals.

2.3. Time-of-Flight Measurement Methods

N th zero-crossing (NZC) method is an algorithm which identifies the points where the signals are crossing the time-axis. After each of N zero-crossing points of both upstream and downstream signals are determined, TOFD might be determined from the time difference related to the first zero-crossing point after a predetermined threshold is obtained. In this study, TOFD value is computed for different values of N .

Threshold (T) based TOFD measurement is a method which detects the time point where the stream signals are exceeding a predetermined threshold value τ . Time difference of exceeding

points may be determined as TOFD value of the corresponding stream signals. In this study, threshold based measurement method is repeated for different choice of τ .

A sample cross-variance function might be defined as:

$$c_{y_1, y_2} = \begin{cases} \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{T-k} (y_{1,t} - \bar{y}_1)(y_{2,t+k} - \bar{y}_2) ; k = 0, 1, \dots \\ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{T+k} (y_{2,t} - \bar{y}_2)(y_{1,t-k} - \bar{y}_1) ; k = 0, -1, \dots \end{cases} \quad (1)$$

where y_1 and y_2 are the time series inputs of the sample cross-correlation function, \bar{y}_1 and \bar{y}_2 represent the mean of the time series, c_{y_1, y_2} represents the cross-variance function, and T is the number of sample points. Thus, sample cross-correlation function might be expressed as:

$$r_{y_1, y_2}(k) = \frac{c_{y_1, y_2}(k)}{s_{y_1} s_{y_2}} \quad (2)$$

where s_{y_1} and s_{y_2} represents the standard deviations of the time series, and r_{y_1, y_2} is the sample cross-correlation. In this study, upstream and downstream signals are considered as s_{y_1} and s_{y_2} , and TOFD measurement is performed by employing the sample cross-correlation function.

3. Results and Discussion

N th Zero-crossing (NZC) and threshold (T) based methods are employed for different settings, and a cross-correlation (CC) based method is considered. Table 2 indicates the results for each measurement.

Table 2. TOFD measurement results in nanoseconds (ns).

| CC | NZC(5%) | NZC(10%) | NZC(15%) | T(5%) | T(10%) | T(15%) |
|--------|---------|----------|----------|--------|--------|--------|
| 0.0246 | 0.0070 | 0.0070 | 0.0088 | 0.0026 | 0.061 | 0.0097 |

While the predetermined value of threshold is increased, the variation of the measurement is increasing for threshold method. However, the measurement variation is small for NZC based method while the threshold is changed. Besides, CC based measurement provides the largest TOFD value compared to other methods. Execution time of the proposed methods are computed to evaluate the algorithm performances. T method performs the related task faster. Likewise, CC based measurement method gives the most inefficient results in terms of computation time.

4. Conclusions and Recommendations

This study represents a numerical implementation of a transducer equivalent electrical circuit model, and TOFD measurement comparison of the methods in literature. Herein, the problem is defined and related previous works given in the literature are indicated. Firstly, the model implementation parameters are determined for the simulation works. Secondly, necessary implementation of the KLM-model is performed on the Simulink simulation environment. To simulate the both upstream and downstream transit waves, model parameters are varied in a small margin. Thus, ultrasonic waves in both flow

directions may be obtained. Afterward, measurement methods, which are selected from literature, are employed to determine TOFD for different settings of; i) *Nth* zero-crossing based method, ii) Thresholding based method, iii) Sample cross-correlation based method. Also, changes in both thresholding and zero-crossing level effects on algorithm performances are investigated. A normally distributed random signal, which is a mimic of noise signal, is employed to mimic real-world implementation conditions. According to the results, sample cross-correlation based method gives better performance on computing the TOFD value. As the future direction of the study, a machine learning based TOFD estimation algorithm, which considers numerical and statistical features of the transit waves, may be a new area for the researchers.

References

- Kanoglu, M. (2015). *Thermodynamics: An Engineering Approach 8th Edition in SI Units*.
- Rajita, G., & Mandal, N. (2016, January). Review on transit time ultrasonic flowmeter. In 2016 2nd International Conference on Control, Instrumentation, Energy & Communication (CIEC) (pp. 88-92). IEEE.
- Lynnworth, L. C., & Liu, Y. (2006). Ultrasonic flowmeters: Half-century progress report, 1955–2005. *Ultrasonics*, 44, e1371-e1378.
- Mousavi, S. F., Hashemabadi, S. H., & Jamali, J. (2020). Calculation of geometric flow profile correction factor for ultrasonic flow meter using semi-3D simulation technique. *Ultrasonics*, 106, 106165.
- Chen, J., Zhang, K., Wang, L., & Yang, M. (2020). Design of a high precision ultrasonic gas flowmeter. *Sensors*, 20(17), 4804.
- Peng, S., Liao, W., & Tan, H. (2018). Performance optimization of ultrasonic flow meter based on computational fluid dynamics. *Advances in Mechanical Engineering*, 10(8), 1687814018793264.
- Chen, Y., Chen, Y., Hu, S., & Ni, Z. (2021). Continuous ultrasonic flow measurement for aerospace small pipelines. *Ultrasonics*, 109, 106260.
- Uchiyama, Y., Morita, R., Umezawa, S., & Sugita, K. (2019). Flow rate measurement of wet steam in large bore piping by clamp-on type ultrasonic flow meter.
- van Willigen, D. M., van Neer, P. L., Massaad, J., de Jong, N., Verweij, M. D., & Pertijs, M. A. (2020). An Algorithm to Minimize the Zero-Flow Error in Transit-Time Ultrasonic Flowmeters. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 70, 1-9.
- Sun, S., Li, S., Lin, L., Yuan, Y., & Li, M. (2019, July). A novel signal processing method based on cross-correlation and interpolation for ToF measurement. In 2019 IEEE 4th International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP) (pp. 664-668). IEEE.
- Huang, Y. S., & Young, M. S. (2009). An accurate ultrasonic distance measurement system with self temperature compensation. *Instrumentation Science and Technology*, 37(1), 124-133.
- Angrisani, L., Baccigalupi, A., & Moriello, R. S. L. (2006). A measurement method based on Kalman filtering for ultrasonic time-of-flight estimation. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 55(2), 442-448.
- Gueuning, F., Varlan, M., Eugene, C., & Dupuis, P. (1996, June). Accurate distance measurement by an autonomous ultrasonic system combining time-of-flight and phase-shift methods. In *Quality Measurement: The Indispensable Bridge between Theory and Reality (No Measurements? No Science! Joint Conference-1996: IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference and IMEKO Tec (Vol. 1, pp. 399-404)*. IEEE.
- Demirli, R., & Sanie, J. (2001). Model-based estimation of ultrasonic echoes. Part II: Nondestructive evaluation applications. *IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control*, 48(3), 803-811.
- Andria, G., Attivissimo, F., & Giaquinto, N. (2001). Digital signal processing techniques for accurate ultrasonic sensor measurement. *Measurement*, 30(2), 105-114.
- Barshan, B. (2000). Fast processing techniques for accurate ultrasonic range measurements. *Measurement Science and technology*, 11(1), 45.
- Krimholtz, R., Leedom, D. A., & Matthaei, G. L. (1970). New equivalent circuits for elementary piezoelectric transducers. *Electronics Letters*, 6(13), 398-399.



A Model Suggestion For Alzheimer's Disease Diagnosis By Using Deep Learning

Anıl Özkaya^{1*}, Ufuk Cebeci², for the Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative**

¹ Istanbul Technical University, Faculty of Management, Industrial Engineering Department, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0002-5226-9955), ozkayaa18@itu.edu.tr

² Istanbul Technical University, Faculty of Management, Industrial Engineering Department, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0003-4367-6206), cebeci@itu.edu.tr

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies – 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1136855)

ATIF/REFERENCE: Özkaya, A. & Cebeci, U. (2022). A Model Suggestion For Alzheimer's Disease Diagnosis By Using Deep Learning. *European Journal of Science and Technology*, (37), 123-130.

Abstract

Alzheimer's disease is one of the greatest health problems of our time. Since there is no cure, it is necessary to diagnose the disease in the early stages and to apply preventive treatments. However, early diagnosis of the disease is very difficult, so most people can be diagnosed after significant and irreversible effects occur. Various studies are carried out by researchers around the world for the early diagnosis of the disease. Deep learning has recently gained importance in the early diagnosis of Alzheimer's disease. With the use of models created using deep learning, the success of early diagnosis has reached high levels. In this study, the stages of Alzheimer's disease and the changes that occur were examined. A literature review was conducted for various techniques used in the diagnosis of Alzheimer's and the use of imaging techniques in the early diagnosis of Alzheimer's was investigated. Due to its widespread use, the MRI technique has been emphasized, and mostly studies using MRI have been examined. Concepts used in deep learning are explained, innovations and results are presented. The architectures used in deep learning and the innovations they bring to this field are revealed, and deep learning models that have been created and tested in current studies are examined. The innovations and success rates brought by various studies have been revealed. Efforts have been made to develop a fast, efficient and successful model that provides ease of use. For this, the scheduler structure, MONAI framework, Data loader structure and various techniques are presented with simple use. Also, the model is optimized to run smoothly on Google Colab. In addition, the tools in the FSL library, which are very important in preprocessing, were studied and optimal parameters were found for the "Bias field and Neck Clean Up", "Standard Brain Extraction Using BET2" and "Robust Brain Center Estimation" tools. By using this library, optimal brain images can be obtained for any model. The DenseNet121 model was used as a basis in the model and it was presented in a structure that can be easily changed. The model can directly use 3D MR images, thus preventing the loss of various spatial information.

Keywords: Alzheimer's Disease, Deep Learning, Image Recognition, Early Diagnosis, Artificial Intelligence

Derin Öğrenme ile Alzheimer Hastalığı Teşhisi İçin Model Önerisi

Öz

Alzheimer hastalığı çağın en büyük sağlık problemlerinden biridir. Bir tedavisi bulunmaması nedeniyle hastalığın erken evrelerde teşhis edilmesi ve önleyici tedavilerin uygulanması gerekmektedir. Ancak hastalığın erken teşhisi oldukça zordur, bu nedenle çoğu kişide belirgin ve geri dönüşsüz etkiler oluştuktan sonra teşhis yapılabilmektedir. Hastalığın erken teşhis edilmesi için dünyada araştırmacılar tarafından çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Deep learning, Alzheimer hastalığının erken teşhisinde son zamanlarda oldukça önem kazanmıştır. Deep learning ile oluşturulmuş modellerin kullanılmasıyla erken teşhis yapılabilme başarısı yüksek

*Corresponding Author: ozkayaa18@itu.edu.tr

** Data used in preparation of this article were obtained from the Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative (ADNI) database (adni.loni.usc.edu). As such, the investigators within the ADNI contributed to the design and implementation of ADNI and/or provided data but did not participate in analysis or writing of this report. A complete listing of ADNI investigators can be found at: http://adni.loni.usc.edu/wp-content/uploads/how_to_apply/ADNI_Acknowledgement_List.pdf

seviyelere ulaşmıştır. Bu çalışmada Alzheimer hastalığının oluşum evreleri ve oluşan değişiklikler incelenmiştir. Alzheimer's teşhisinde kullanılan çeşitli teknikler için literatür taraması yapılmış ve görüntüleme tekniklerinin Alzheimer's erken teşhisinde kullanımı araştırılmıştır.

Yaygın kullanımı nedeniyle MRI tekniği üzerinde durulmuş, çoğunlukla MRI kullanılan çalışmalar incelenmiştir. Deep learning'te kullanılan kavramlar açıklanmış, yenilikler ve sonuçlar ortaya konmuştur. Deep learning'te kullanılan mimariler ve bu alanda getirdikleri yenilikler ortaya konmuş, mevcut çalışmalarda oluşturulmuş ve test edilmiş deep learning modelleri incelenmiştir. Yapılan çeşitli çalışmaların getirdiği yenilikler ve başarı oranları ortaya konmuştur. Kullanım kolaylığı sağlayan ve hızlı, performanslı ve başarılı bir model geliştirilmesi için çalışılmıştır. Bunun için scheduler yapısı, MONAI yapısı, "Data loader" yapısı ve çeşitli teknikler basit bir kullanımla sunulmuştur. Ayrıca model Google Colab üzerinde sorunsuz şekilde çalışması için optimize edilmiştir. Ayrıca görüntü önışilemede oldukça önemli olan FSL kütüphanesindeki toollar ile çalışılmış ve "Bias field and Neck Clean Up", "Standard Brain Extraction Using BET2" ve "Robust Brain Center Estimation" toolları için optimal parametreler bulunmuştur. Bu kütüphane ile herhangi bir model için optimal beyin görüntüleri elde edilebilmektedir. Modelde temel olarak DenseNet121 modeli kullanılmıştır ve kolaylıkla model değiştirilebilen bir yapıda sunulmuştur. Model 3 boyutlu MR görüntülerini doğrudan kullanabilmektedir ve bu sayede çeşitli uzaysal bilginin kaybının önüne geçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alzheimer Hastalığı, Derin Öğrenme, Görüntü Tanıma, Erken Teşhis, Yapay Zeka

1. Introduction

Alzheimer's disease is a neurodegenerative disease characterized by irreversible deterioration of cognitive and memory functions. Symptoms develop progressively towards the advanced stages of the disease and affect the daily life of the patient. The disease causes irreversible damage to brain cells and in advanced stages the disease is fatal. AD is the most common type of dementia and accounts for approximately 50% to 80% of total dementia cases [1]. The average expected life expectancy of people with Alzheimer's disease is between 3 years and 10 years. This expectation varies according to the age at which the disease occurs. As age increases, life expectancy also decreases [1]. For people older than 65 years, the risk of Alzheimer's doubles every 5 years [2]. Mild Cognitive Impairment (MCI) is a stage in which cognitive functions are impaired and dementia symptoms appear mildly, unlike healthy people of similar age. In other words, it can be said that it is the intermediate stage between a healthy person and a person with dementia. MCI has language, thinking and decision-making problems, and memory problems, and these are much more serious than normal age-related problems. Symptoms can be seen on tests, but they do not yet affect daily life like dementia. MCI is a factor that increases the risk of developing dementia. In fact, the risk of Alzheimer's disease increases when memory problems predominate in MCI. Some MCI patients can develop into AD. Some studies have found that between 10% and 15% of people with MCI develop AD each year [3][4]. Correctly detecting the possible conversion from MCI to AD is very important for the diagnosis of AD in the early stages.

The most used techniques in the early diagnosis of Alzheimer's disease in recent years are imaging methods. The images obtained by imaging methods like Functional MRI (fMRI), Structural MRI (sMRI), Diffusion Tensor Imaging (DTI) and Positron Emission tomography (PET) are processed with various models and meaningful results are obtained. Many studies have been conducted to improve success rates, and a variety of models have been tested on these students. First of all, the imaging technique to be used should be selected. MRI is one of the most used imaging techniques. This is because the MRI technique has many advantages over other imaging techniques. One of the studies in which the functional MRI technique is preferred is the study [5]. Resting-State fMRI (RS-fMRI), a type of functional MRI, was used in studies [6] and [7]. Volumetric

MRI (vMRI) was used in the study [8], structural MRI (sMRI) was used in [9] and 4D fMRI is used in [10]. There are also studies using imaging techniques other than MRI. In one of these studies [11], 18F-FDG PET technique, a type of positron emission tomography, was used. In [12] and [8], Diffusion Tensor Imaging (DTI) technique was used.

According to experiments, Convolutional Neural Networks are the best deep learning method for image recognition and processing. For this reason, high success rates have been obtained in studies using this method. In the study [10] using 4D fMRI, 3D convolutional neural networks were used. 4D imaging such as fMRI encompasses the time dimension, among other dimensions, so much more information can be obtained from imaging. However, since there is not enough and suitable 4D algorithm, 4D images that can be led by various imaging techniques are transformed into 2D and 3D. A model for processing 4D images is presented in the article. This model is the C3d-LTSM model and is created by combining 3D convolutional neural networks. Temporal and spatial features can be extracted from 3D images in fMRI images. Consequently, it is an excellent approach for processing 4D fMRI images. As a result experiments and comparisons, C3d-LTSM gave much better results than 2D imaging, 3D imaging and functional connectivity methods that are currently used under the same conditions.

In recent studies, it has been seen that better results are obtained by using more than one method together. Much better results will be obtained by combining CNN, which is a very successful method, with other methods. Finding the best combination of these is the main challenge. Such a study was conducted with convolutional neural networks in [13] and early diagnosis of dementia and Alzheimer's disease, and separation of MCI and Alzheimer's patients were studied. In the study, an ensemble of 3D densely connected convolutional networks (3D-DenseNets) model is proposed for the diagnosis of Alzheimer's disease and MCI patients. 1000 iterations were made to select the best from different 3D-DenseNets models, and as a result, the best 5 3D-DenseNets models were selected as the base classifier. Then, a probability-based fusion method was applied and 3D-DenseNets were combined with different architectures and an ensemble model was created. The accuracy rating of this ensemble model is 97.52 percent. This is better than a stand-alone 3D-DenseNet. It was seen that the probability-based ensemble model and the majority voting approach used in the study performed quite well and could give better results than the state-of-art models. It has also been determined that combining

multiple classifiers reduces the error rate and increases the success rate. The probability-based ensemble model which is proposed in the study performed much better than the majority voting method. The proposed model gave an accuracy rate of 98.83% in distinguishing Alzheimer's patients from normal individuals, and an accuracy rate of 93.61% in discriminating Alzheimer's Disease/Mild Cognitive Impairment. It also outperformed Demet on other thorny classification missions. It was concluded that the proposed ensemble 3D-DenseNet model is an effective way to distinguish and diagnose Alzheimer's diseases and MCI.

The availability of proper data is one of the most crucial challenges in the early diagnosis of Alzheimer's disease. Deep learning methods need data consisting of a large number of images. If there are not enough images, an overfitting problem may occur. Various techniques exist to solve this problem like data augmentation and transfer learning and have been used in various studies. In a transfer learning application study [14], accuracy results are increased by using data augmentation. This shows the importance and benefit of data augmentation. In addition, data augmentation plays a key role in preventing the overfitting problem. In addition to the necessity of having sufficient data, it is also necessary to preprocess the data used correctly. Preprocessing of MR images is a very challenging issue for researchers. For this, various methods have been tried in this study.

2. Materials and Method

2.1. Dataset

Various imaging techniques are used in the diagnosis of Alzheimer's. It is very difficult for researchers to collect and organize the images obtained with these techniques. For this reason, various organizations have been established to collect and standardize Alzheimer's disease data. One of these is the Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative (ADNI) [15]. In addition to MRI, PET images, genetic and biospecimen data are also included and these data are shared with researchers free of charge. In this study, MR images were studied due to its prevalence and ease of use, and trials were conducted using the ADNI:Baseline 3T and ADNI:Complete 1Yr 1.5T4 datasets. There are 3 classes in these datasets and they are Control Normal (CN), Mild Cognitive Impairment (MCI) and Alzheimer's Disease (AD). It also has various information about the people with the images, such as gender, age and number of visits. The ADNI database contains data of 3208 people from various age groups and different genders. Despite the large number of data available, not every patient has all types of data. Images in the ADNI database have undergone certain processes to establish a certain standard. All exams in the ADNI database are intensity normalized and gradient un-warped T1 images. The distribution of the data in the ADNI database is shown in Table 1. NC: Normal Control, MCI: Mild Cognitive Impairment, EMCI: Early MCI, LMCI: Late MCI, AD: Alzheimer's Disease

Table 1. Age distributions of people in ADNI [16]

| Age Group | CN | MCI | EMCI | LMCI | AD |
|-----------|-----|-----|------|------|-----|
| Under 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2-11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12-18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19-29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30-39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 40-49 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50-59 | 39 | 31 | 18 | 10 | 24 |
| 60-69 | 282 | 170 | 133 | 54 | 85 |
| 70-79 | 422 | 343 | 137 | 95 | 216 |
| 80-89 | 114 | 144 | 51 | 24 | 119 |
| Above 89 | 6 | 5 | 1 | 2 | 12 |
| Unknown | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

2.2. FMRIB Software Library (FSL)

Although the MR images in the ADNI database have undergone certain processes, they still need various processes to enter the model. The most critical ones are clearing the neck area from the image and removing the skull from the image. As a result of these procedures, the regions in the MR image that are unnecessary for the model are deleted, leaving only the brain regions. In this way, various errors that may occur are prevented.

There are various methods and tools used in this field. One of them is Fsl [17][18][19], which is a very comprehensive library of analysis tools. It can be used on Windows, macOS and Linux. The tools used for MR images in Alzheimer data are "Bias field and Neck Clean Up", "Standard Brain Extraction Using BET2" and "Robust Brain Center Estimation" [20][21]. With Bias Field and Neck Clean Up process, various irrelevant areas in the MR image are deleted such as neck, nose, sinuses and eyes. In this way, the performance increases and the learning rate increases while training the deep learning model. After this process, Standard Brain Extraction Using BET2 is applied and skull stripping is performed. In this way, the skull around the brain is erased and a very clean brain image is obtained. Alternatively, the Robust Brain Center Estimation process can be applied, which aims to give the best result by applying the BET2 tool several times to obtain a more accurate image.

2.3. Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network is a type of Multi-Layer Perceptron (MLP). The CNN algorithm, which is a forward-looking neural network, was inspired by the visual center of animals. In Convolutional Neural Networks, convolutional layers are used as an essential part. A CNN consists of one or more convolutional layers, a subsampling layer, followed by one or more fully connected layers such as a standard multilayer neural network. The purpose of CNNs is the same as neural networks. With the various transformations of the inputs, representations of a more abstract level are obtained [22]. Conversely, convolutional layers use local connectivity instead of full connectivity and perform calculations and transformations

between input and hidden neurons. Another component of the CNN is the pooling layer. They are usually found between a convolutional layer and the next one. The main purpose of the pooling layers is to reduce the dimensions, that is, the features, and while doing this, to protect the information as much as possible. They do this with various pre-specified pooling methods. The pooling layer works with various hyperparameters and makes dimension reduction with these parameters. There are various pooling methods. For example, averaging-pooling, stochastic pooling, max-pooling, etc. According to [23] the method that gives the best results with images is the maxpooling method, so it is the most used pooling method.

The first CNN network is the architecture called LeNet, which was introduced by Yann LeCun in 1988 and continued to be improved until 1998 [24]. In the LeNet network, the sublayers consist of cascading convolution and maximum pooling layers. The next upper layers correspond to the fully connected conventional MLP. CNN algorithms are applied in many different fields such as natural language processing (NLP), medical image processing, especially in the fields of image and sound processing. In particular, the best results have been obtained in the field of image processing. In the ImageNet Competition in 2014, all of the teams that received the best scores in object classification and detection with millions of images and hundreds of object classes used modifications of CNN algorithms [25]. In a 2015 study, CNN demonstrated success in capturing faces in wide-angle ranges, including reversed faces. This network is trained on a database of 200,000 images containing faces from various angles and orientations, and another 20 million images without faces [26]. Apart from these examples, CNN has been used in many areas.

2.3.1 Supervised Learning

In supervised learning, each data in the used dataset has a label. Each feature creates a dimension and the vector created by the features is called the feature vector. A label can be of many different types like integer, real number, matrix, vector, classes, etc. The purpose of supervised learning is to produce a model that uses a dataset. The model uses the features taken from the feature vector as input and produces output. With these outputs, label deducing is done for the feature vector [27]. Diagnosing Alzheimer's using MRI images is a type of supervised learning. Using MR data, each of which has a label, the deep learning model is trained and the success of classification for the test data is measured. Supervised learning is more widely used than unsupervised learning. The most well-known supervised network methods are Convolutional Neural Network (CNN), Recurrent Neural Network (RNN), and Deep Neural Network (DNN) [28]. The most successful method among them is the convolutional neural network. Many CNN models can successfully perform AD classification. Examples of these are the models VNet, AlexNet [29][30][31][32], ResNet [33][34], DenseNet [35][36] and Inception [37][38].

There have been many studies using these models, and many have achieved high accuracy rates. For example, in one study [39], a feature map was created using the improved PCANet model and this map was used as an input in the DenseNet model. Thanks to the dense connections in DenseNet, image classification was made in a fast and high-performance way. Although CNN is a very successful model and is considered better than traditional feature extraction methods, it requires a large number of image data for training. Also, a CNN

model needs more time to train properly than other methods [28]. As can be seen in the studies carried out, the lack of medical image has always been a big problem. Various methods such as data augmentation and transfer learning have been created to overcome this problem. With the techniques tried in the proposed model, the time spent on preprocessing and training has been reduced. In addition, an optimal model has been tried to be created with the infrastructure of proven architectures such as DenseNet and ResNet. Various data augmentation methods such as adding noise, Gaussian offset and image flipping are also available in the model. The DLTK library is used for this [40].

2.3.2 Voxel-based Feature Extraction

In this method, feature extraction is done over voxels. The method is to extract the activated voxel values in preprocessed images utilizing statistical methods. These voxel values are features. If a three-dimensional analysis is desired like the diagnosis of Alzheimer' Disease by using MR images, it is the method that can be applied most directly. In this way, quantitative analysis of the brain can be done directly using voxels. With the voxel-based feature extraction method, even very small changes in the brain can be noticed and quantitatively analyzed. In addition, this process can be easily done for certain areas of the brain.

In a study, Voxel-Based Morphometry (VBM) obtained from MR images was used to distinguish between AD and normal control individuals [41]. Since there are too many voxels in MR images and computational costs will be high if all of them are used, some methods have been applied to reduce the number of features. The "t-algorithm" was used in a study to reduce the calculation amount and computational cost and to increase the performance. With this algorithm, appropriate voxels are selected and other voxels are excluded [42].

2.4. Google Colab

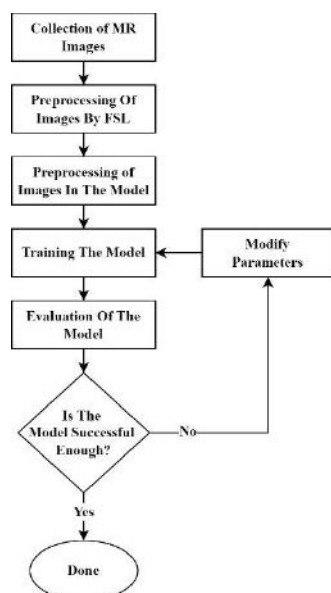
Google Colab is a platform established by Google to provide free resources to researchers [43]. This platform, which can be used for many different purposes such as machine learning and deep learning applications, has specially optimized hardware. Thus, it provides convenience and time savings in the studies carried out. Since it is free, its resources are limited and its use needs to be managed correctly. On average, 12.5 GB of RAM is available for system RAM usage. The use of GPU provides very high performance in the field of image recognition. That's why it's important to properly manage GPU usage. On average, 12.5 GB of GPU RAM is available for free use. The disk space available for free is 70 GB on average. The model used uses an average of 11 GB of GPU RAM. The remaining GPU RAM is insufficient to use all images. For this reason, it is necessary to insert images into the model in batches, not all at once.

2.5. Proposed Method

The main purpose of the proposed model is to find solutions to various problems that researchers encounter while establishing or applying a deep learning model, and thus to lead the way in the creation of more successful and performance models. For this reason, various tools and techniques that provide ease of use have been researched and tested in the model to be easily used by other researchers. PyTorch framework is preferred in the model. This is because of the open-source and easily modifiable nature of PyTorch builds. Successful

architectures such as DenseNet264 and ResNet can easily be used instead of DenseNet121 used in the model. The MONAI framework [44][45] was used as the infrastructure in the model. It has been preferred because it provides ease of use and is easy to understand. 3D images can be used directly in the model and feature extraction is voxel-based. The model is openly shared on Github and researchers can access it easily on [Github](#). The process of preparing the data and applying the model is shown in Figure 1.

Figure 1. Process of Data and Model



3. Results and Discussion

In the skull stripping process, which is an important preprocessing step, the optimal parameter (Fractional Intensity Threshold) for the ADNI dataset was found to be $f=0.5$ as a result of approximately 300 trials for the "Bias field and Neck Clean Up" tool. By using this value, neck and nose parts can be wiped optimally. Since only the brain is used in the diagnosis of Alzheimer's disease using MR images, the performance and accuracy of the model increase with this process. The second operation is the accurate deletion of the skull around the brain in the image with the neck, nose and eye parts removed. The point to be considered in this process is to protect the brain regions while wiping the skull, and therefore the correct parameter usage is very important. For "Standard Brain Extraction Using BET2", approximately 700 images were tested and the optimal value was found to be $f=0.15$. In the experiments performed on the same images with the "Robust Brain Center Estimation" tool, the optimal parameter for this tool was found to be $f=0.1$. Figure 2 shows the sagittal plane image of an MR image taken from the ADNI database. The sagittal plane view of the image formed as a result of the operations performed with the Bias field and Neck Clean Up tool is shown in Figure 3. The last image created with the Standard Brain Extraction tool is shown in Figure 4 and it is seen that the brain is successfully separated from other regions. With the FSL processing, the regions outside the brain were deleted and a brain MR image was created which is ready to enter the deep learning model. To process these images, a model was created that can directly use 3D images. In this way, three-dimensional images such as MR can be used directly without the

2.5.1. Scheduler Structure

Optimal parameter selection in deep learning models is a very important and difficult issue. In the proposed model, the "Scheduler" structure is used to find the optimal value of the "Learning Rate" parameter. With this structure, the learning rate changes automatically and gradually, and the success rates can be followed on the graph. By default, the initial learning rate= $1e-7$ and the max learning rate= $1e-5$ are given in the model. The amount of learning rate increase is calculated depending on the size of the training data and the number of epochs.

2.5.2. Data loader Structure

Each of the MR images used is 42 MB on average and contains a lot of data. Therefore, RAM usage is high. It causes problems, especially in Google Colab and prevents the model from working. For this reason, the data loader structure, which is a structure that puts images into the model piece by piece, not all at once, was used and RAM usage was significantly reduced. The batch size can be adjusted according to the amount of free RAM available and the model can work optimally. In this way, low RAM capacity or high image count is no longer a problem. Due to the usage limits of Google Colab, the optimal batch size=7 for the training data is determined and the model can work without any problems. It is possible to easily change the batch size according to the changing sources.

need for any slice operation and loss of information. In addition, with the new brain extracted images, training time is reduced by approximately 35% compared to normal MR images.

One of the benefits of the model is that it greatly reduces the need for RAM by using a data loader. Most models store all images on RAM, which results in performance degradation. Thanks to the data loader structure used in the proposed model, the images are used in batches and provide improvements in terms of performance and resource usage. Due to the usage limits of Google Colab used in the study, it is very important to manage the resource usage correctly and a great improvement has been achieved with this structure.

Figure 2. Magnetic Resonance Image From ADNI [15]

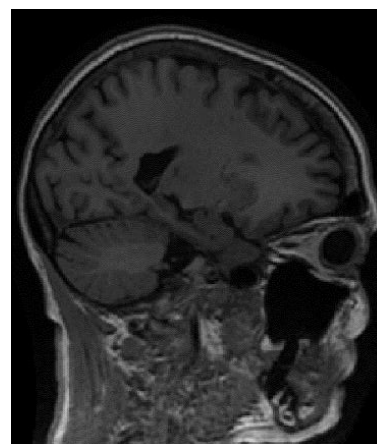


Figure 3. Neck, Nose and Eye Removed

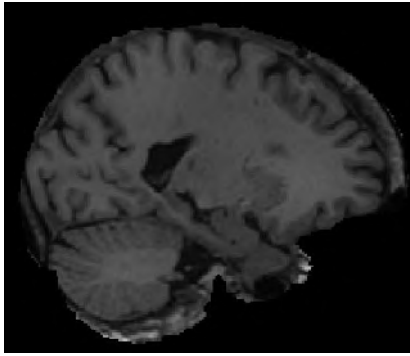
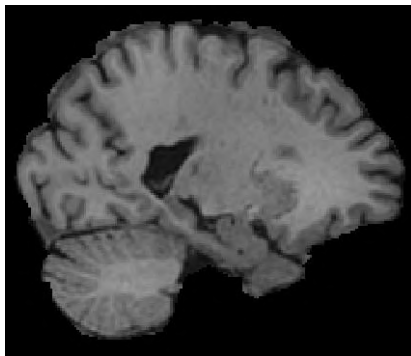


Figure 4. Brain Extracted (Skull Stripped)



To provide a standard for images, they are first resized to 128*128*128. All images are normalized within the model and pixel values are drawn between zero and one. Different normalization options are also available in the model and can be

4. Conclusions and Recommendations

In the study, a new model is proposed to be used in the diagnosis of Alzheimer's and to provide an infrastructure for new models. In the proposed model, various techniques that increase success and performance are presented in an easy-to-use and customizable manner. The main purpose of the model is to present the techniques that can be simply used in future research and to support the researchers at the points where they have difficulties. It was aimed and succeeded to provide improvement in the fields of image preprocessing, model construction, optimal determination of parameters, and efficient use of resources. As a result of the trials with the ADNI dataset, approximately 35% reduction in training time was achieved. The most important reason for this is that the unused voxels are cleaned from the MR image with the FSL library. In the study, optimal parameters were found for three tools in the FSL library. With the data loader structure, the limited resources in Google Colab were used effectively and the model was run without any problems. With the scheduler structure, the learning rate parameter has changed automatically and it has been possible to find the optimal parameter quickly and easily. All of these developments are presented in a proposed model with easy use and it is aimed to reduce the difficulties in new studies.

easily arranged as desired. Various data augmentation methods such as adding noise, Gaussian offset and image flipping are also included in the model and can be used. The DLTK library was used for data augmentation and normalization [40]. In addition, DenseNet121 infrastructure is used in the model. The infrastructure can be easily changed with minor modifications, thus providing great convenience in new works that can be done. Using proven infrastructures promises high accuracy and success rates. With the data to be prepared with the aforementioned Fsl tools, both ease of use, high performance and economical resource use, as well as high success can be achieved. In this sense, all the tools mentioned in this study work seamlessly in harmony and overcome various difficulties in use.

The scheduler structure used in the model is one of the most important features used in the model. This structure is a structure that aims to facilitate parameter management, which is quite time-consuming. Without the need for any processing, the "Learning Rate" in the model is constantly changing within the specified range and the optimal learning rate is found much faster. In addition, The Tensorboard library is used for visualization and parameters can be monitored simultaneously with the model.

The advantage of using 3D images directly in the model is that the loss of information is at a minimum level. Spatial information loss occurs when 3D images are converted by various methods. Preserving this valuable information will increase the success of potential studies using the proposed model. In addition, converting 3D images and inserting them into the model in different ways means extra time and resource usage. With the proposed model, these processes are not required and time and resource savings are provided.

In future studies, using the techniques in the proposed model will save researchers from many difficulties and save time and resources. In addition, the use of the PyTorch framework will also provide ease of work due to its more open structure. Researchers can easily develop their models or use parts of the proposed model in the future.

5. Acknowledgement

Data collection and sharing for this project were funded by the Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative (ADNI) (National Institutes of Health Grant U01 AG024904) and DOD ADNI (Department of Defense award number W81XWH-12-2-0012). ADNI is funded by the National Institute on Aging, the National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering, and through generous contributions from the following: AbbVie, Alzheimer's Association; Alzheimer's Drug Discovery Foundation; Araclon Biotech; BioClinica, Inc.; Biogen; Bristol-Myers Squibb Company; CereSpir, Inc.; Cogstate; Eisai Inc.; Elan Pharmaceuticals, Inc.; Eli Lilly and Company; EuroImmun; F. Hoffmann-La Roche Ltd and its affiliated company Genentech, Inc.; Fujirebio; GE Healthcare; IXICO Ltd.; Janssen Alzheimer Immunotherapy Research & Development, LLC.; Johnson & Johnson Pharmaceutical Research & Development LLC.; Lumosity; Lundbeck; Merck & Co., Inc.; Meso Scale Diagnostics, LLC.; NeuroRx Research; Neurotrack Technologies; Novartis Pharmaceuticals Corporation; Pfizer

Inc.; Piramal Imaging; Servier; Takeda Pharmaceutical Company; and Transition Therapeutics. The Canadian Institutes of Health Research is providing funds to support ADNI clinical sites in Canada. Private sector contributions are facilitated by the Foundation for the National Institutes of Health (www.fnih.org). The grantee organization is the Northern California Institute for

Research and Education, and the study is coordinated by the Alzheimer's Therapeutic Research Institute at the University of Southern California. ADNI data are disseminated by the Laboratory for Neuro Imaging at the University of Southern California

References

- [1] Wee, C. Y., Yap, P. T., & Shen, D. (2012). Prediction of Alzheimer's disease and mild cognitive impairment using cortical morphological patterns. *Human Brain Mapping*, 34(12), 3411–3425. <https://doi.org/10.1002/hbm.22156>
- [2] Bain LJ, Jedrzejewski K, Morrison-Bogorad M, Albert M, Cotman C, Hendrie H, Trojanowski JQ (2008): Healthy brain aging: A meeting report from the Sylvan M. Cohen Annual Retreat of The University of Pennsylvania Institute On Aging. *Alzheimers Dement* 4:443–446.
- [3] Grundman M, Petersen RC, Ferris SH, Thomas RG, Aisen PS, Bennett DA, et al. (2004): Mild cognitive impairment can be distinguished from Alzheimer's disease and normal aging for clinical trials. *Arch Neurol* 61:59–66.
- [4] Misra C, Fan Y, Davatzikos C (2009): Baseline and longitudinal patterns of brain atrophy in MCI patients, and their use in prediction of short-term conversion to AD: Results from ADNI. *Neuroimage* 44:1414–1422.
- [5] Sarraf, S., & Tofghi, G. (2016). Deep learning-based pipeline to recognize Alzheimer's disease using fMRI data. 2016 Future Technologies Conference (FTC). <https://doi.org/10.1109/ftc.2016.7821697>
- [6] Kam, T. E., Zhang, H., & Shen, D. (2018). A Novel Deep Learning Framework on Brain Functional Networks for Early MCI Diagnosis. *Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention – MICCAI 2018*, 293–301. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00931-1_34
- [7] Yan, W., Zhang, H., Sui, J., & Shen, D. (2018). Deep Chroonectome Learning via Full Bidirectional Long Short-Term Memory Networks for MCI Diagnosis. *Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention – MICCAI 2018*, 249–257. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00931-1_29
- [8] Dyrba, M., Barkhof, F., Fellgiebel, A., Filippi, M., Hausner, L., Hauenstein, K., Kirste, T., & Teipel, S. J. (2015). Predicting Prodromal Alzheimer's Disease in Subjects with Mild Cognitive Impairment Using Machine Learning Classification of Multimodal Multicenter Diffusion-Tensor and Magnetic Resonance Imaging Data. *Journal of Neuroimaging*, 25(5), 738–747. <https://doi.org/10.1111/jon.12214>
- [9] Zhang, Y., Teng, Q., Liu, Y., Liu, Y., & He, X. (2022). Diagnosis of Alzheimer's disease based on regional attention with sMRI gray matter slices. *Journal of Neuroscience Methods*, 365, 109376. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2021.109376>
- [10] Li, W., Lin, X., & Chen, X. (2020). Detecting Alzheimer's disease Based on 4D fMRI: An exploration under deep learning framework. *Neurocomputing*, 388, 280–287. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2020.01.053>
- [11] Ding, Y., Sohn, J. H., Kawczynski, M. G., Trivedi, H., Hamish, R., Jenkins, N. W., Lituiev, D., Copeland, T. P., Aboian, M. S., Mari Aparici, C., Behr, S. C., Flavell, R. R., Huang, S. Y., Zalocusky, K. A., Nardo, L., Seo, Y., Hawkins, R. A., Hernandez Pampaloni, M., Hadley, D., & Franc, B. L. (2019). A Deep Learning Model to Predict a Diagnosis of Alzheimer Disease by Using 18F-FDG PET of the Brain. *Radiology*, 290(2), 456–464. <https://doi.org/10.1148/radiol.2018180958>
- [12] Dyrba, M., Ewers, M., Wegryn, M., Kilimann, I., Plant, C., Oswald, A., Meindl, T., Pievani, M., Bokde, A. L. W., Fellgiebel, A., Filippi, M., Hampel, H., Klöppel, S., Hauenstein, K., Kirste, T., & Teipel, S. J. (2013). Robust Automated Detection of Microstructural White Matter Degeneration in Alzheimer's Disease Using Machine Learning Classification of Multicenter DTI Data. *PLoS ONE*, 8(5), e64925. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064925>
- [13] Wang, H., Shen, Y., Wang, S., Xiao, T., Deng, L., Wang, X., & Zhao, X. (2019). Ensemble of 3D densely connected convolutional network for diagnosis of mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Neurocomputing*, 333, 145–156. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.12.018>
- [14] Mehmood, A., Yang, S., Feng, Z., Wang, M., Ahmad, A. S., Khan, R., Maqsood, M., & Yaqub, M. (2021). A Transfer Learning Approach for Early Diagnosis of Alzheimer's Disease on MRI Images. *Neuroscience*, 460, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2021.01.002>
- [15] ADNI | Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. (n.d.). Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. Retrieved January 18, 2022, from <https://adni.loni.usc.edu/>
- [16] ADNI | Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. (n.d.). Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. Retrieved January 18, 2022, from https://ida.loni.usc.edu/home/projectPage.jsp?project=ADNI&page=HOME&subPage=OVERVIEW_PR
- [17] FSL - FslWiki. (n.d.). FMRIB Software Library. Retrieved March 23, 2022, from <https://fsl.fmrib.ox.ac.uk/fsl/fslwiki/FSL>
- [18] M.W. Woolrich, S. Jbabdi, B. Patenaude, M. Chappell, S. Makni, T. Behrens, C. Beckmann, M. Jenkinson, S.M. Smith. Bayesian analysis of neuroimaging data in FSL. *NeuroImage*, 45:S173-86, 2009
- [19] S.M. Smith, M. Jenkinson, M.W. Woolrich, C.F. Beckmann, T.E.J. Behrens, H. Johansen-Berg, P.R. Bannister, M. De Luca, I. Drobnjak, D.E. Flitney, R. Niazy, J. Saunders, J. Vickers, Y. Zhang, N. De Stefano, J.M. Brady, and P.M. Matthews. Advances in functional and structural MR image analysis and implementation as FSL. *NeuroImage*, 23(S1):208-19, 2004
- [20] S.M. Smith. Fast robust automated brain extraction. *Human Brain Mapping*, 17(3):143-155, November 2002.
- [21] M. Jenkinson, M. Pechaud, and S. Smith. BET2: MR-based estimation of brain, skull and scalp surfaces. In Eleventh Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping, 2005.
- [22] Emmert-Streib, F., Yang, Z., Feng, H., Tripathi, S., & Dehmer, M. (2020). An Introductory Review of Deep

- Learning for Prediction Models With Big Data. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 3. <https://doi.org/10.3389/frai.2020.00004>
- [23] Scherer, D., Müller, A., & Behnke, S. (2010). Evaluation of Pooling Operations in Convolutional Architectures for Object Recognition. *Artificial Neural Networks – ICANN 2010*, 92–101. https://doi.org/10.1007/978-3-642-15825-4_10
- [24] Le Cun, Y., Jackel, L., Boser, B., Denker, J., Graf, H., Guyon, I., Henderson, D., Howard, R., & Hubbard, W. (1989). Handwritten digit recognition: applications of neural network chips and automatic learning. *IEEE Communications Magazine*, 27(11), 41–46. <https://doi.org/10.1109/35.41400>
- [25] ILSVRC2014 Results. (n.d.). ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge 2014 (ILSVRC2014). Retrieved February 2022, from <https://image-net.org/challenges/LSVRC/2014/results>
- [26] Farfade, S. S., Saberian, M. J., & Li, L. J. (2015). Multi-view Face Detection Using Deep Convolutional Neural Networks. *Proceedings of the 5th ACM on International Conference on Multimedia Retrieval*. <https://doi.org/10.1145/2671188.2749408>
- [27] Burkov, A. (2019). *The Hundred-Page Machine Learning Book*. Andriy Burkov.
- [28] Gao, S., & Lima, D. (2022). A review of the application of deep learning in the detection of Alzheimer's disease. *International Journal of Cognitive Computing in Engineering*, 3, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ijcce.2021.12.002>
- [29] Zhang, Y. D., Govindaraj, V. V., Tang, C., Zhu, W., & Sun, J. (2019). High Performance Multiple Sclerosis Classification by Data Augmentation and AlexNet Transfer Learning Model. *Journal of Medical Imaging and Health Informatics*, 9(9), 2012–2021. <https://doi.org/10.1166/jmih.2019.2692>
- [30] Zhang, Y., Guttery, D., & Wang, S. H. (2020). 90P Abnormal breast detection by an improved AlexNet model. *Annals of Oncology*, 31, S277. <https://doi.org/10.1016/j.annonc.2020.08.211>
- [31] Lu, S., Lu, Z., & Zhang, Y. D. (2019). Pathological brain detection based on AlexNet and transfer learning. *Journal of Computational Science*, 30, 41–47. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2018.11.008>
- [32] Wang, S. H., Xie, S., Chen, X., Guttery, D. S., Tang, C., Sun, J., & Zhang, Y. D. (2019). Alcoholism Identification Based on an AlexNet Transfer Learning Model. *Frontiers in Psychiatry*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2019.00205>
- [33] Alotaibi, B., & Alotaibi, M. (2020). A Hybrid Deep ResNet and Inception Model for Hyperspectral Image Classification. *PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, 88(6), 463–476. <https://doi.org/10.1007/s41064-020-00124-x>
- [34] Firdaus, N. M., Chahyati, D., & Fanany, M. I. (2018). "Tourist Attractions Classification using ResNet. In *Proceedings of the 10th international conference on advanced computer science and information systems (ICACSIS)* .
- [35] Zhang, Y. D., Satapathy, S. C., Zhang, X., & Wang, S. H. (2021). COVID-19 Diagnosis via DenseNet and Optimization of Transfer Learning Setting. *Cognitive Computation*. <https://doi.org/10.1007/s12559-020-09776-8>
- [36] Wang, S. H., & Zhang, Y. D. (2020). DenseNet-201-Based Deep Neural Network with Composite Learning Factor and Precomputation for Multiple Sclerosis Classification. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications*, 16(2s), 1–19. <https://doi.org/10.1145/3341095>
- [37] Puttagunta, M., & Ravi, S. (2021). Medical image analysis based on deep learning approach. *Multimedia Tools and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11042-021-10707-4>
- [38] Yang, K. & Mohammed, E. (2020). A Review of Artificial Intelligence Technologies for Early Prediction of Alzheimer's Disease. *arXiv.Org*. <https://arxiv.org/abs/2101.01781>
- [39] Huang, Z., Zhu, X., Ding, M., & Zhang, X. (2020). Medical Image Classification Using a Light-Weighted Hybrid Neural Network Based on PCANet and DenseNet. *IEEE Access*, 8, 24697–24712. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2971225>
- [40] D. (n.d.). DLTk Input normalisation and augmentation. GitHub. Retrieved February 21, 2022, from https://github.com/DLTk/DLTk/blob/master/examples/tutorials/04_input_normalisation_and_augmentation.ipynb
- [41] Zhang, F., Tian, S., Chen, S., Ma, Y., Li, X., & Guo, X. (2019). Voxel-Based Morphometry: Improving the Diagnosis of Alzheimer's Disease Based on an Extreme Learning Machine Method from the ADNI cohort. *Neuroscience*, 414, 273–279. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.05.014>
- [42] Ortiz, A., Munilla, J., Górriz, J. M., & Ramírez, J. (2016). Ensembles of Deep Learning Architectures for the Early Diagnosis of the Alzheimer's Disease. *International Journal of Neural Systems*, 26(07), 1650025. <https://doi.org/10.1142/s0129065716500258>
- [43] Google Colaboratory. (n.d.). Google Colaboratory. Retrieved January 13, 2022, from <https://colab.research.google.com/>
- [44] Project MONAI. (n.d.). GitHub. Retrieved January 21, 2022, from <https://github.com/Project-MONAI>
- [45] MONAI. (n.d.). Medical Open Network for Artificial Intelligence. Retrieved January 21, 2022, from <https://monai.io/index.html>



Görüntü İşleme Tekniklerinden Faydalanarak Elma Çeşitlerinin Türlerine Göre Sınıflandırılması

Sevim Adige^{1*}, Rifat Kurban², Ali Durmuş³, Ercan Karaköse⁴

¹Kayseri Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8693-1126), sevim-adige@hotmail.com

²Kayseri Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0277-2210), rifatkurban@kayseri.edu.tr

³Kayseri Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Elektrik ve Enerji Bölümü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8283-8496), alidurmus@kayseri.edu.tr

⁴Kayseri Üniversitesi, Müh. Mim. Tasarım Fakültesi, Müh. Temel Bilimleri Bölümü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5586-3258), ekarakose@kayseri.edu.tr

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies – 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1136913)

ATIF/REFERENCE: Adige, S., Kurban, R., Durmuş, A. & Karaköse, E. (2022). Görüntü İşleme Tekniklerinden Faydalanarak Elma Çeşitlerinin Türlerine Göre Sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (37). 131-138.

Öz

Gelişen teknoloji ile birlikte son dönemlerde sıkça duymaya başladığımız “Yapay Zekâ” ve “Derin Öğrenme” kavramlarının pek çok uygulama alanları mevcuttur. İnsan zekâsını taklit eden bu yöntemler çevresinden aldığı veri setlerini tıpkı insanlar gibi de neyim yoluyla öğrenir. Bu çalışmada Kayseri'nin Yahyalı ilçesinde yetişen elma çeşitlerinin cinslerine göre sınıflandırılması yapılmıştır. Elma meyvesi Eylül ayında toplandığı için elmaların ağaçtan koparıldığı hasat zamanında elde edilmiştir. Elma üretimi yapan çiftçilerin en büyük problemleri el izi olmadan ve en kısa sürede elmaların çeşitlerine göre sınıflandırılmasıdır. Bu çalışmada, 20 Golden, 20 Arjantin, 20 Buckeye Gala, 20 Galaval, 20 Superchief ve 20 Joremin elma türlerinden toplam 120 görüntü alınmıştır. Görüntüler sabit bir arka fonda aynı açı ve aynı büyüklükte Canon EOS 70D DSLR marka fotoğraf makinası ile çekilmiştir. Görüntü işlemek için MATLAB programının R2021a sürümünden faydalanılmıştır. Elma çeşitlerinin türlerine göre sınıflandırılması için derin öğrenme algoritmalarından yararlanılmıştır. Sınıflandırma problemlerinin çözümünde kullanılan en temel mimarilerinden olan AlexNet ve GoogleNet derin öğrenme algoritmaları kullanılmıştır. Çalışma AlexNet ve GoogleNet yöntemlerinin her ikisinde de 10 epoch değerinde ve sgd eğitim algoritmasında gerçekleştirilmiştir. Öğrenme oranları AlexNet ve GoogleNet için sırasıyla 0.0001 ve 0.0003 olarak ele alınmıştır. Görüntülerin %70'i eğitim %30'u test amacıyla kullanılmış olup toplam veri seti her çeşitte 20 adet olmak üzere 120 tane görselden oluşmaktadır. AlexNet mimarisi %83.33 başarı oranı, 1 dakika 52 saniyedir. GoogleNet mimarisinin sınıflandırma başarı oranı %91,67' dir, 2 dakika 14 saniye süre ile en başarılı sınıflandırma işlemini gerçekleştirmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elma Sınıflandırma, AlexNet, GoogleNet, Derin Öğrenme.

Classification of Apple Varieties by Types Using Image Processing Techniques

Abstract

With the developing technology, the concepts of "Artificial Intelligence" and "Deep Learning", which we have been hearing frequently in recent years, have many application areas. These methods, which imitate human intelligence, learn the data sets they receive from their environment through experience, just like humans. In this study, apple varieties grown in Yahyalı district of Kayseri were classified according to their type variables. Since the apple fruit is picked in September, it was obtained at the harvest time when the apples were plucked from the tree. The biggest problem of the farmers producing apples is the classification of apples according to their varieties without a handprint and as soon as possible. In this study, a total of 120 images were taken from 20 Golden, 20 Argentina, 20 Buckeye Gala, 20 Galaval, 20 Superchief and 20 Joremin apple varieties. The images were taken with a Canon EOS 70D DSLR camera at the same angle and the same size, on a fixed background. R2021a version of MATLAB program was used for image processing. Deep learning algorithms were used to classify apple varieties according to their types. AlexNet and GoogleNet deep learning algorithms, which are among the most basic architectures used in solving classification problems, are used. The study was carried out in both

* Sorumlu Yazar: Kayseri Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8693-1126, sevim-adige@hotmail.com

AlexNet and GoogleNet methods at 10 epochs and sgd training algorithm. Learning rates are taken as 0.0001 and 0.0003 for AlexNet and GoogleNet, respectively. 70% of the images were used for training and 30% for testing, and the total data set consists of 120 images, 20 of each type. AlexNet architecture has 83.33% success rate, 1 minute 52 seconds. The classification success rate of the GoogleNet architecture is 91.67%, and it performed the most successful classification process for 2 minutes and 14 seconds.

Keywords: Apple Classification, AlexNet, GoogleNet, Deep Learning.

1. Giriş

Türkiye, verimli ve çevresel olarak çeşitlendirilmiş tarım alanları ile kaliteli tarım ürünleri üreten ülkeler arasında yer almaktadır. Tarımsal üretimin önemli kollarından biri de yaş meyve yetiştiriciliğidir. Türkiye, bazı meyve türleri bakımından dünyanın önde gelen üreticisidir. Elma (*Malus domestica*), gül (*Rosaceae*) familyasından bir meyve türüdür. Elma, içerdiği antioksidanlar, vitaminler, lif ve birçok farklı mineral ile sağlıklı ve yaygın olarak tüketilen bir meyvedir. Elma, yüksek miktarda C vitamini eşdeğer fenolik bileşikler, kanser ve DNA hasarı riskini azaltan değerli antioksidanlar içerir [1]. 2019-2020 sezonunda Türkiye dünya elma üretiminde 4. sırada yer almaktadır [2]. Son yıllarda elma üretiminin artmasıyla birlikte, yetiştiriciler için en önemli endişelerden biri, elmaları kısa sürede temassız olarak farklı türlere ayırmaktır. Elmaların türlerine göre sınıflandırması sırasında el değmeden sınıflandırılması ihracatta kayıpları azaltır ve elma kabuğunun daha steril olmasını sağlar. Bu sorunu çözmek için modern tarımda teknolojiyi en üst düzeyde kullanmak ve otomasyondan yararlanmak üreticiler için bir çözüm yöntemidir. Kamera, video kamera, tarayıcı gibi cihazlardan elde edilen sayısallaştırılmış görüntülerin bilgisayar ortamında yazılımlar vasıtasıyla işlenmesi veya analiz edilmesi görüntü işleme olarak tanımlanmaktadır. Bir karar vermek için bilgisayarla görme görevleri, dijital görüntüleri toplama, işleme, değerlendirme ve anlama yöntemlerini içerir.

Gelişen teknoloji ile birlikte son dönemlerde sıkça duymaya başladığımız “Yapay Zekâ” ve “Derin Öğrenme” kavramlarının pek çok uygulama alanları mevcuttur. İnsan zekâsını taklit eden bu yöntemler çevresinden aldığı veri setlerini tıpkı insanlar gibi deneyim yoluyla öğrenir.

Yapay zekâ çalışmaları genel olarak insanın düşünme yöntemlerini taklit eden yapay yöntemler geliştirmeye yönelik çalışmalara önem veren bir disiplindir. Ancak yapay zekânın yetenekleri bununla sınırlı değildir. Öğrenebilen, kendini geliştirebilen ve aynı zamanda gelecekte insan zekâsından bağımsız gelişebilecek bir kavrama doğru yeni yönelimler oluşmaktadır. Bu yönelim, insanın evreni ve doğayı anlama çabasında kendisine yardımcı olabilecek belki de kendisinden daha zeki, insan ötesi makineler oluşturmanın bir ürünüdür.

Derin öğrenme, oluşturulan veri setleri ile sonuçlar hakkında tahminde bulunan birden çok katmandan meydana gelen makine öğrenme yöntemidir. Derin öğrenme, yapay zekâ yöntemlerinden biridir. Derin öğrenme yöntemi birden çok katmanda işlem yapabilmektedir. Genel olarak literatürde görüntü işleme, tıp, endüstri, nesne tespiti, gelecek tahmini gibi pek çok alanda çözüm üretmektedirler. Raikar ve arkadaşları [3] tarafından, bamyaların uzunluğuna göre küçük, orta, büyük ve ekstra büyük olmak üzere dört sınıflandırma yapılmıştır. Bamyaların uzunluğuna göre derecelendirmek için yapay görme teknolojisi ile araştırma yapılmıştır. Bamyanın derecelendirilmesinde üç derin öğrenme modeli kullanılmıştır: AlexNet, GoogleNet ve ResNet50. Elde

edilen doğruluklar AlexNet için %63,45, GoogleNet modeli için %68,99 ve ResNet50 için %99’ dur. Liu ve arkadaşları [4] tarafından CNNs modelinin kömür görüntü tanıma ve sınıflandırmadaki operasyonel süreçleri ortaya konmuş, sınıflandırma ağırlıklarını etkileyen özellikler analiz edilmiştir. En yüksek sınıflandırma doğruluğu ResNet50 modelinde tespit edilmiş, karışık kömür numunesi görüntü veri setindeki sınıflandırma doğruluğu %83,42 olarak belirlenmiştir. Antrasit renkli kömür numunelerinde doğruluk oranı ise %90,19’dur. GoogleNet sinir ağıları kullanılarak tıbbi görüntüler incelenmektedir, tıbbi veri tabanından bir sorgu görüntüsüne benzer görüntüler sağlayarak hastalık teşhisine yönelik oldukça başarılı sonuçlar elde edilmektedir [5]. Yabancı ot tohumlarının tespitinde de GoogleNet ve AlexNet sinir ağıları kullanılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmektedir [6]. Dünya’da en çok ekimi gerçekleştirilen mısır mahsulünün yaprakları üzerinde hastalık tespiti için de evrişimli sinir ağılarıyla sınıflandırma yapılmaktadır [7]. AlexNet evrişimli sinir ağıları sınıflandırma için sağlık alanında oldukça ciddi problemler için verimli bir sinir ağı olmuştur. Alzheimer hastalığını MCI düzeyinde teşhis etmek için MRI (Manyetik Rezonans Görüntüleme) tıbbi görüntülerinden önemli özellikleri etkili bir şekilde almak amacıyla AlexNet sinir ağılarının kullanıldığı bir sınıflandırma modeli önerilmektedir [8]. Meyveler üzerinde birçok sınıflandırma çeşidinde derin öğrenmenin kullanıldığı literatürde sık rastlanan bir durumdur. Papaya meyvelerinin olgunluk sınıflandırması için aralarında GoogleNet ve AlexNet’in de bulunduğu 7 farklı önceden eğitilmiş evrişimli sinir ağı kullanılmıştır [9]. Erken olgunlaşmış ve olgun çilek örneklerini sınıflandırmak için de önceden eğitilmiş AlexNet evrişimsel sinir ağı kullanılmıştır [10]. Derin öğrenme teknikleri aracılığıyla türlerini sınıflandırmak için iki bitki tohumu veri setini incelemiş; mahsullerde hastalıkların erken tespiti ve mahsul verimini artırmak için çok önemli sonuçlar elde edilmiştir [11-12]. Bitkilerdeki hastalıkların sınıflandırılması evrişimli sinir ağılarının kullanımı yine bazı çalışmalarda gerçekleştirilmiş ve iyi sonuçlar elde edilmiştir [13].

Görüntü işleme fotoğraf makinası, video kamera ve tarayıcı gibi cihazlardan elde edilerek sayısallaştırılan görüntülerin bilgisayar ortamında gerçekleşen yazılımlar yardımıyla işlenmesi veya analizi olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan derin öğrenme yapılarından AlexNet, görüntü sınıflandırmasında kullanılan derin konvolüsyonel bir sinir ağıdır. İlk beş tanesi konvolüsyonel olmak üzere, son üç tanesi ise tam bağlı sekiz adet katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlar arasında “pooling-ortaklama” ve “aktivasyon” katmanları da bulunmaktadır. Ayrıca giriş ve çıkış katmanları da birçok yapay zekâ alanlarında olduğu gibi yer almaktadır. AlexNet mimarisi, 1000 nesneyi sınıflandıracak şekilde tasarlanmış ve aynı zamanda nesne tanımlamada hata oranı %15,3 olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada analizleri gerçekleştirilen bir diğer derin öğrenme yapısı ise GoogleNet’tir. GoogleNet [14] yapısındaki Inception modüllerinden dolayı AlexNet mimarisine göre karmaşık bir mimaridir ve 22 katmanlı bir yapıya sahiptir. Bu yapının nesne tanımlamada hata oranı %5,7 olarak tespit edilmiştir. GoogleNet mimaris, ardışık bir şekilde konvolüsyon ve havuzlama yapısı oluşturmaktan uzak CNN mimarilerinden birisidir. GoogleNet

bellek ve güç kullanımı üzerinde günümüz teknolojisinde de önemli bir yere sahiptir.

Bu çalışmada elma çeşitlerini türlerine göre sınıflandırmak için AlexNet ve GoogLeNet derin öğrenme yöntemleri kullanılmıştır. Kayseri'nin Yahyalı bölgesine ait 6 farklı türden elde edilen elma görüntüleri eğitim ve test veri setlerine ayrılmış; AlexNet ve GoogLeNet yöntemleriyle elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Araştırma Modülü

Tarım, insanlık tarihi için her dönemde önemli olmuştur. En temel üretim dallarından biri olan tarım sektörü ülke nüfusunun devam edebilmesi, milli gelire ve iş alanlarınınardaki çalışılabilirliğe katkısı önemlidir. Aynı zamanda diğer sektörlerle hammadde ve sermaye sağlaması ve biyolojik çeşitlilik ile ekolojik dengeye olan katkısı nedeniyle dünya genelinde vazgeçilmez bir sektör olmuştur. Bundan dolayı bu sektör, ekonomik ve sosyal boyutlarıyla, toplumun bütün kesimlerini oldukça yakından ilgilendirmektedir [15]. Tarımsal alanın en önemli dallarından biri de meyve yetiştiriciliğidir. Bu çalışmada kullanılan elmalar Kayseri ilinde üretilmiştir. Ülkemiz elma üretiminde Kayseri'yi önemli kılan ilçelerden biri de Yahyalı ilçesidir. Yahyalı ilçesinde iklim ve toprak özellikleri bakımından elma yetiştirmenin uygun olması alan başına yetiştirilen elmanın çokluğu, kalitesi ve doğallığını da olumlu yönde etkilemektedir. Yahyalı elması kendi içerisinde görüntü ve tat açısından "Golden, Arjantin, Joremini, Süper Chief, Buckeye Gala, Starking Red Chief, Starkrimson, Scarlet Spur, Fuji, Gala, Berabum, Rainders

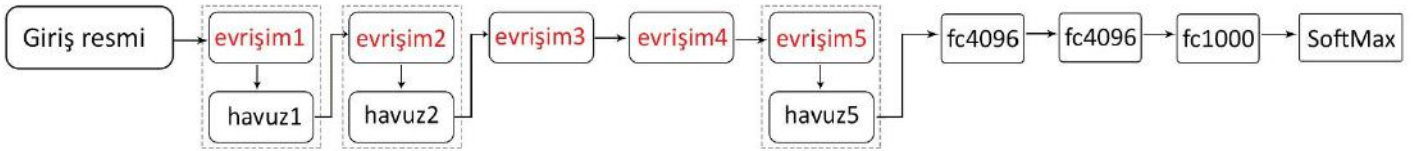
Golden, Gold Chief, Pink Lady" gibi birçok çeşidi barındırmaktadır.

Bu çeşitler arası ayrımı yapabilmek makineleşmenin de insan gücünün yerini almasıyla daha ekonomik, hızlı ve sistemli hale gelmiştir. Hata payının az olduğu, teknoloji çağının aktif kullanıldığı, seri üretimin fazla olduğu bu çağda elmalar arası kalite ve cins ayrımının analizinin yapılabilmesi için çoğu alanda kullanılan otomasyon bu alanda da gerekliliğini göstermektedir. Tarımsal ürünlerin özelliklerinden olan renk, uzunluk, yüzey alanı ve iz düşüm alanı gibi fiziksel özelliklerinin bilinmesi mühendislik çalışmaları açısından oldukça önem taşımaktadır.

Bu çalışmada Yahyalı Bölgesine ait elmalarla ilgili görüntü işleme analizleri AlexNet ve GoogleNet sinir ağlarıyla gerçekleştirilmiştir.

2.1.1. AlexNet

Bu çalışmada incelenen yaygın önceden eğitilmiş CNN modeli, 2012'de ILSVRC'yi kazanan AlexNet'tir [16]. AlexNet, daha derin bir mimariyle tasarlandığı geleneksel CNN mimarisine kıyasla, kümelenmiş evrişim katmanları içeren daha fazla filtre katmanına sahiptir. 5 evrişim katmanını ve 3 tam bağlantılı katmandan oluşur. İlk iki evrişim katmanının her biri, bir alt katmandan ve bir yanıt normalleştirme katmanından oluşmaktadır. Her katmanı bir ReLU işlemi takip eder. Birinci, ikinci ve beşinci evrişim katmanının her birini bir maksimum havuzlama katmanı izler. AlexNet, yerel yanıt normalleştirmesini kullanmak gibi etkinleştirme işlevinin uygunluğunu önlemek için bazı avantajlara sahiptir. Bu araştırma için, veri kümesi 6 farklı meyveden oluştuğundan, tam bağlantılı katmanlar 6 farklı kategoriyi sınıflandırmak için ayarlanmıştır. AlexNet sinir ağlarının genel mimarisi Şekil 1'de gösterilmektedir.

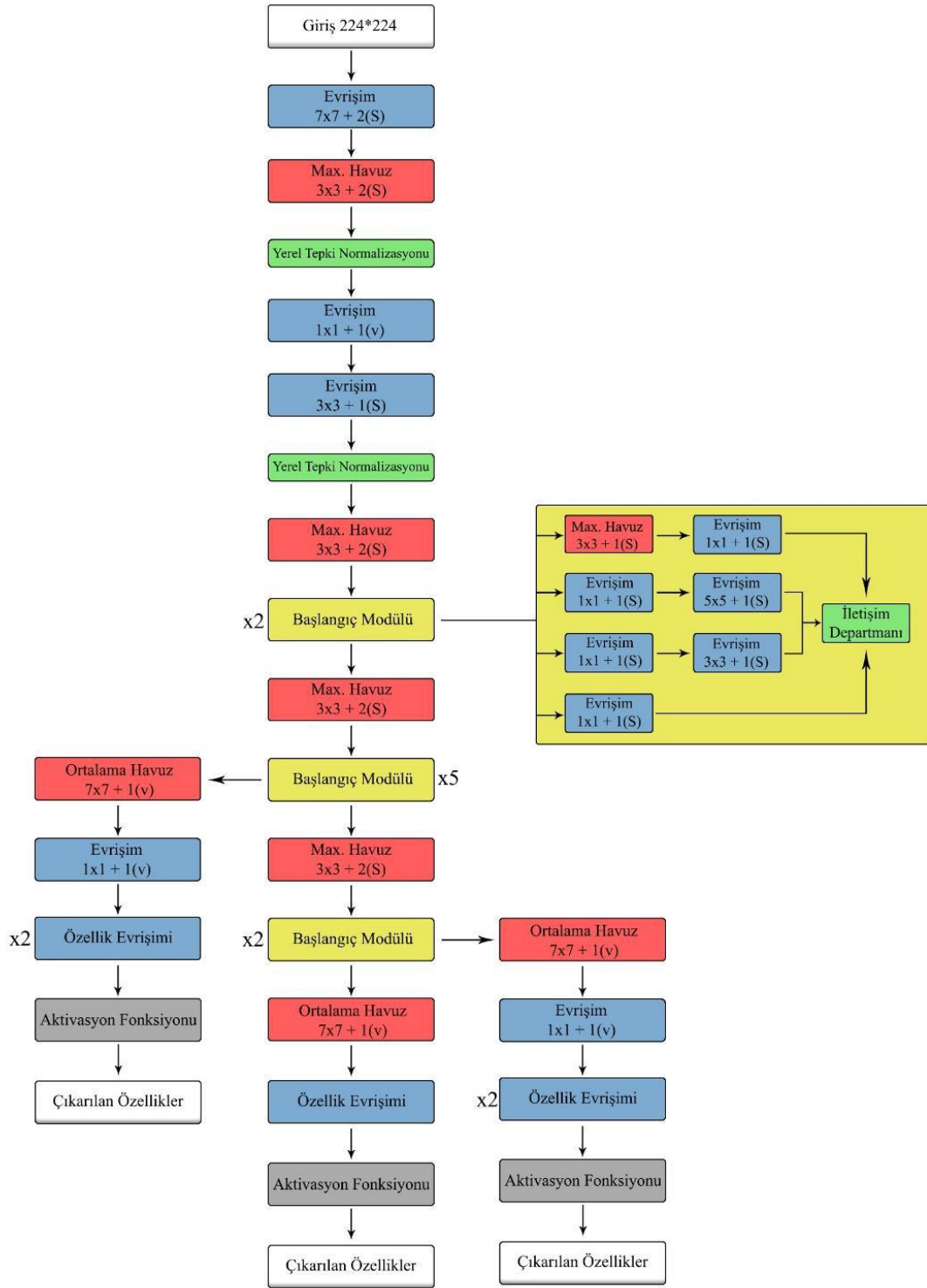


Şekil 1. AlexNet sinir ağının mimarisi

Şekil 1'de verilen AlexNet, 5 evrişim katmanı ve 3 tam bağlantılı katman dahil olmak üzere 8 ağırlık katmanından oluşur ve birinci, ikinci ve beşinci evrişim katmanlarını takiben üç maksimum havuzlama katmanı kullanılır. İlk evrişim katmanı, 4 piksel adımlı ve 2 piksel dolgulu 11×11 boyutunda 96 filtreye sahiptir. Diğer evrişimli katmanların adımı ve dolgusu 1 piksel olarak ayarlanmıştır. İkinci evrişim katmanı 5×5 boyutunda 256 filtreye sahiptir. Üçüncü, dördüncü ve beşinci evrişim katmanları sırasıyla 3×3 boyutunda 384, 384 ve 256 filtreye sahiptir.

2.1.2. GoogLeNet

GoogLeNet, ağ modelinin derinliğini ve genişliğini artırarak oluşturulan derin evrişimli bir sinir ağı modelidir. Parametreliliği 22 katman ve 100'den fazla ayrı katmandan oluşan GoogLeNet, RGB üç renkli kanal kullanır ve sensör piksel boyutu 224×224 'tür. Gradyanın kaybolmasını önlemek için iki kaybı farklı bir derinlikte ayarlanır. Gradyanın geri dönüşünü sağlamak, fazla uydurmayı önlemek ve yakınsama hızını hızlandırmak için bir ReLU ile takip edilir [17]. GoogLeNet, başlangıç birimini kullanarak ağı genişliğini de artırır. Şekil 2'de GoogLeNet sinir ağlarının genel mimarisi verilmiştir.



Şekil 2. GoogleNet sinir ağının mimarisi

2.1.3. Verilerin Toplanması ve Çözümlemesi

Bu çalışmada Kayseri'nin Yahyalı ilçesinde yetişen elma çeşitlerinin cins değişkenlerine göre sınıflandırılması yapılmıştır. Elma meyvesi hasat zamanı Eylül ayında yapıldığı için en doğru verilere ulaşmak adına bu çalışmada elmaların ağaçtan koparıldığı hasat zamanında yapılmış olup 20 Golden, 20 Arjantin, 20 Joremini, 20 Süper Chief, 20 Buckeye Gala ve 20 Galaval elma türünden toplamda 120 görüntü alınmıştır.

Elma cinslerine göre yapılan sınıflandırmada 6 cinsten 1'er elmanın fotoğrafı alınmıştır. Görüntüler sabit bir arka fon ile aynı açı ve aynı büyüklükte hepsi ayrı ayrı fotoğraflanmıştır. Elmalara e-ISSN: 2148-2683

ait değerler görüntü işleme algoritmaları yardımıyla elde edilecektir. Ayrıca elmaların cinslerinin ayrıştırılması için renklerinden ve boyutlarından yararlanılıp bilgiler elde edilmiştir. Bu özellikler kullanılarak elmaların ayrıştırılmasında MATLAB'de bulunan ilgili sınıflandırma algoritmaları kullanılıp uygun olanları incelenip kullanılmıştır. Elde edilen 120 elma fotoğrafının farklı öğrenme seti oranlarında derin öğrenme modeli geliştirilmiştir. Öğrenme setinin haricinde kalan fotoğraflar ise test amacıyla kullanılmıştır.

Fotoğraflar Canon EOS 70D DSLR marka bir fotoğraf makinesi ile elde edilmiştir. Bu fotoğraf makinesinde CMOS tipi

bir sensör bulunmaktadır. Detaylı özellikler Tablo 1. aracılığıyla verilmiştir. Derin Öğrenmenin gerçekleştirildiği bilgisayar, Intel i5 3.4 GHz işlemcili ve 16 GB RAM özelliklerine sahiptir. Bu özelliklerde bir bilgisayar kullanılarak modelleme işlemleri

yapılmıştır. Modelleme işlemleri, çok paradigmatlı sayısal hesaplama yazılımı ve dördüncü nesil programlama dili olan MATLAB programının 2021b sürümünde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan kameranın teknik özellikleri

| CANON EOS 70D DSLR | Teknik Özellikler |
|---------------------|-------------------|
| Sensör Tipi | CMOS |
| Kamera Tipi | DSLR |
| Maksimum Çözünürlük | 5472X3648 |
| Etkili Piksel | 20 MP |
| Görüntü İşlemcisi | Digic 5+ |

2.1.4. Verilerin Analizi

Bölüm 2.1.1 ve 2.1.2 de bu çalışmada kullanılan veri setlerinin nasıl elde edildiği verilmiştir. Derin öğrenme uygulama alanının iki farklı yöntemi olan Alexnet ve GoogleNet ile belirlenen veri setlerinin görüntü işlemleri analiz edilmiştir. Bu analizler Matlab programı üzerinden ilgili yöntemlerin, özgün veri setleriyle birlikte incelenmesi sonucu elde edilmiştir. Her iki ağ yapısında hata oranlarını minimum değere çekmeye çalışarak 6 farklı elma türünü ayırt etmek için program koşuturulmuş olup sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Elma türlerini ayırt etmek amacıyla gerçekleştirilen analiz sonuçları bir sonraki bölümde verilecektir.

3. Araştırma Sonuçları

Çalışmanın bu bölümünde sınıflandırma için kullanılan her iki algoritmanın da sonuçları irdelenecektir. Bu araştırma için deneyler Bölüm 2.1.3.' de verilen özellikli bilgisayar ve program

ile yapılmıştır. Elma veri seti yukarıdaki bölümlerde verilen kamera özellikleriyle fotoğraflanarak bireysel ve profesyonel çekim sonucunda elde edilmiştir. Veri seti "Golden, Joremini, Buckeye Gala, Arjantin, Galaval, Super Chief" türlerine ait toplamda 120 elma çeşidinden oluşmaktadır. Her sınıf için görüntülerin boyutu 512 x 512 pikseldir, ancak bu deney için tüm görüntüler 224x224 olarak yeniden boyutlandırılmıştır.

3.1. AlexNet Sinir Ağları Simülasyon Sonuçları

Her iki algoritmada da tüm veri setinin %30 u kadar test verisi ayrılmıştır. Çalışmalarda 94 tane rastgele seçilmiş elmalar eğitim seti olarak kullanılmıştır. Şekil 3 AlexNet sinir ağlarıyla eğitimi gerçekleştirilmiş olan veri setinin test sonuçları göstermektedir. Bu sonuçlara göre ilgili sinir ağının sınıflandırma sonuçlarının oldukça başarılı olduğu tespit edilebilmektedir. Şekil 4' te verilen karmaşıklık matrisinin sonuçlarına göre de Galaval ve Buchkeygala cinsi elma türleri haricinde diğer türlerde %100 doğrulukta tahmin gerçekleştiği anlaşılmaktadır.



Şekil 3. AlexNet sınıflandırma sonuçları

| | | | | | | | |
|-----------------|--------------|----------------------|--------------|---------|--------|---------|------------|
| Doğruluk Sınıfı | Arjantin | 6 | | | | | |
| | Buckeye Gala | | 5 | | | 1 | |
| | Galaval | | 5 | 1 | | | |
| | Golden | | | | 6 | | |
| | Joremin | | | | | 6 | |
| | Superchief | | | | | | 6 |
| | | Arjantin | Buckeye Gala | Galaval | Golden | Joremin | Superchief |
| | | Tahmin Sınıfı | | | | | |

Şekil 4. AlexNet Confusion matrix

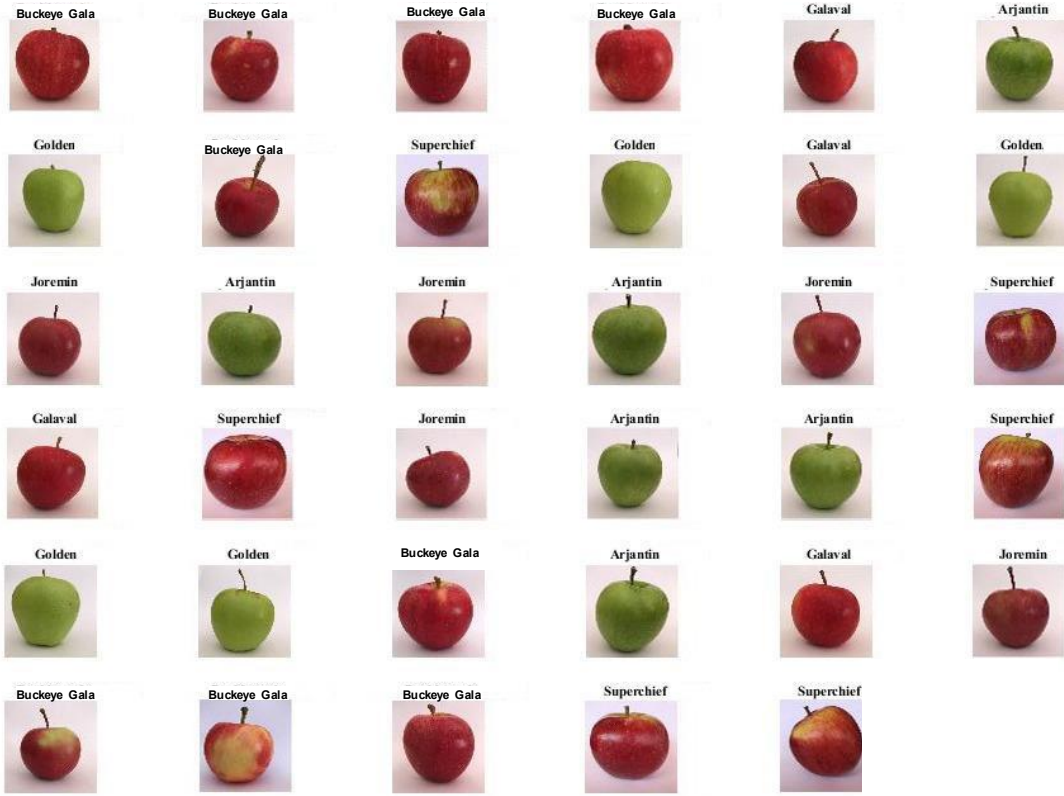
Tablo 2’de AlexNet sinir ağlarıyla gerçekleştirilen sınıflandırma analizinin doğruluk sonucu ve çalışma süresi verilmiştir.

Ortalama 2 dakikalık bir çalışma süresi içerisinde yaklaşık 5 verinin 4’ünün doğru sınıflandırıldığı tespit edilmiştir.

Tablo 2. AlexNet sinir ağlarının doğruluk performansı

| Girdi | Görsel Girdi Boyutu | Doğruluk | Toplam Süre | Öğrenme Oranı | Tekrar Sayısı |
|------------|---------------------|----------|-------------|---------------|---------------|
| RGB Görsel | 224x224x3 | % 83.33 | 1 dk 52 sn | 0.0001 | 10 |

3.2. GoogleNet Sinir Ağları Simülasyon Sonuçları



Şekil 5. GoogleNet sınıflandırma sonuçları

| | | | | | | | |
|-----------------|---------------|----------|--------------|---------|--------|---------|------------|
| Doğruluk Sınıfı | Arjantin | 6 | | | | | |
| | Buckeye Gala | | 6 | | | | |
| | Galaval | | 2 | 4 | | | |
| | Golden | | | | 6 | | |
| | Joremin | | 1 | | | 5 | |
| | Superchief | | | | | | 6 |
| | Tahmin Sınıfı | Arjantin | Buckeye Gala | Galaval | Golden | Joremin | Superchief |

Şekil 6. GoogleNet Confusion matrix

36 tane eğitim setinde kullanılmamış elmalar test seti olarak kullanılmıştır. Şekil 5 GoogleNet sinir ağlarıyla eğitimi gerçekleştirilmiş olan veri setinin test sonuçlarını göstermektedir. Bu sonuçlara göre ilgili sinir ağının sınıflandırma sonuçlarının

oldukça başarılı olduğu tespit edilebilmektedir. Şekil 6'da verilen karmaşıklık matrisinin sonuçlarına göre de Galaval ve Joremin cinsi elma türleri haricinde diğer türlerde oldukça yüksek doğruluk oranında tahmin gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Tablo 3. GoogleNet sinir ağlarının doğruluk performansı

| Girdi | Görsel Girdi Boyutu | Doğruluk | Toplam Süre | Öğrenme Oranı | Tekrar Sayısı |
|---------------|---------------------|----------|-------------|---------------|---------------|
| RGB Görsel | 224x224x3 | % 91.67 | 2 dk 14 sn | 0.0003 | 10 |

Tablo 3' te GoogleNet sinir ağlarıyla gerçekleştirilen sınıflandırma analizinin doğruluk sonucu verilmiştir. Bu sinir ağlarıyla gerçekleşen çalışma için gerekli çalışma süresiyine aynı tablo içerisinde verilmiştir. 2,14 dakikalık bir çalışma süresi içerisinde yaklaşık %92 oranında doğru sınıflandırma yapıldığı tespit edilmiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada AlexNet ve GoogleNet'in elma türlerini tanıma için elde edilen veri setlerine dayalı farklı doğruluk performansları araştırılmıştır. Özgün fotoğraflara dayalı olarak meyve tanıma performansları analiz edilmiştir. Deneylerin sonuçlarına dayanarak, AlexNet ve GoogleNet sinir ağlarının CNN temelli derin öğrenme olarak mükemmel sonuçlar verdiğini görebiliriz.

GoogleNet sinir ağının genel eğitim ve test süresi, AlexNet sinir ağına kıyasla daha uzun olmasına rağmen, daha doğru sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Farklı şekil, renk ve dokuya sahip elmaları tanımda GoogleNet'in daha iyi sonuçlar vereceği bu çalışmada gözlemlenmiştir. Gelecekteki çalışmalar için, diğer makine öğrenimi ve derin öğrenme teknikleriyle diğer veri kümeleri üzerinde daha fazla deney yapılarak sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilecektir.

Kaynakça

- [1] Kaur, C., & Kapoor, H. C. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables—the millennium's health. *International journal of food science & technology*, 36(7), 703-725.
- [2] Ahmad, R., Hussain, B., & Ahmad, T. (2021). Fresh and dry fruit production in himalayan Kashmir, sub-Himalayan Jammu and trans-himalayan Ladakh, India. *Heliyon*, 7(1), e05835.
- [3] Raikar, M. M., Meena, S. M., Kuchanur, C., Gurraddi, S., & Benagi, P. (2020). Classification and Grading of Okra-ladies finger using Deep Learning. *Procedia Computer Science*, 171, 2380-2389.
- [4] Liu, Y., Zhang, Z., Liu, X., Wang, L., & Xia, X. (2021). Deep learning-based image classification for online multi-coal and multi-class sorting. *Computers & Geosciences*, 157, 104922.
- [5] Deepak, S., & Ameer, P. M. (2020). Retrieval of brain MRI with tumor using contrastive loss based similarity on
- [6] Muhammad, N. A., Nasir, A. A., Ibrahim, Z., & Sabri, N. (2018). Evaluation of CNN, Alexnet and GoogleNet for fruit recognition. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 12(2), 468-475.
- [7] Bai, Y., Wan, H., & Bai, C. (2017). Study on human behavior classification in still images based on GoogLeNet. *Comput. Knowl. Technol*, 13(18), 186-188.

GoogLeNet encodings. *Computers in Biology and Medicine*, 125, 103993.

- [6] Luo, T., Zhao, J., Gu, Y., Zhang, S., Qiao, X., Tian, W., & Han, Y. (2021). Classification of weed seeds based on visual images and deep learning. *Information Processing in Agriculture*.
- [7] PAN, S. Q., QIAO, J. F., Rui, W. A. N. G., YU, H. L., Cheng, W. A. N. G., TAYLOR, K., & PAN, H. Y. (2022). Intelligent diagnosis of northern corn leaf blight with deep learning model. *Journal of Integrative Agriculture*, 21(4), 1094-1105.
- [8] Kumar, L. S., Hariharasitaraman, S., Narayanasamy, K., Thinakaran, K., Mahalakshmi, J., & Pandimurugan, V. (2022). AlexNet approach for early stage Alzheimer's disease detection from MRI brain images. *Materials Today: Proceedings*, 51, 58-65.
- [9] Behera, S. K., Rath, A. K., & Sethy, P. K. (2021). Maturity status classification of papaya fruits based on machine learning and transfer learning approach. *Information Processing in Agriculture*, 8(2), 244-250.
- [10] Gao, Z., Shao, Y., Xuan, G., Wang, Y., Liu, Y., & Han, X. (2020). Real-time hyperspectral imaging for the in-field estimation of strawberry ripeness with deep learning. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 4, 31-38.
- [11] Loddo, A., Loddo, M., & Di Ruberto, C. (2021). A novel deep learning based approach for seed image classification and retrieval. *Computers and Electronics in Agriculture*, 187, 106269.
- [12] Sachdeva, G., Singh, P., & Kaur, P. (2021). Plant leaf disease classification using deep Convolutional neural network with Bayesian learning. *Materials Today: Proceedings*, 45, 5584-5590.
- [13] Abade, A., Ferreira, P. A., & de Barros Vidal, F. (2021). Plant diseases recognition on images using convolutional neural networks: A systematic review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 185, 106125.
- [14] Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., ... & Rabinovich, A. (2015). Going deeper with convolutions. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 1-9).
- [15] Adger, W. N., Huq, S., Brown, K., Conway, D., & Hulme, M. (2003). Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in development studies*, 3(3), 179-195.



Türkiye’de Bağlantılı Araç Teknolojisinin Gelişimi*

Gizem Erceylan^{1*}, M. Ali Akcayol²

^{1*} Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Bilişim Sistemleri, Ankara, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-2745-9327), gizem.erceylan@gazi.edu.tr

² Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-6615-1237), akcayol@gazi.edu.tr

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies – 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1136901)

ATIF/REFERENCE: Erceylan, G. & Akcayol, M.A. (2022). Türkiye’de Bağlantılı Araç Teknolojisinin Gelişimi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (37), 139-146.

Öz

Bağlantılı araç teknolojisi araçların diğer araçlarla ve diğer trafik unsurları ile haberleşmesini sağlayan iletişim teknolojisidir. Bu alanda oluşan pazarda Türkiye’nin pay alabilmesi, söz sahibi bir pozisyona ulaşabilmesi ve veri güvenliğini sağlayabilmesi için bu teknolojinin gelişim ve olgunlaşma aşamalarında gerekli aksiyonların alınması kritik önem taşımaktadır. Bu makalede, bağlantılı araç teknolojisinin diğer ülkelerdeki durumları özetlenmiş ve Türkiye’de konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir. Elde edilen veriler neticesinde öncelik verilmesi gereken çalışma konuları hakkında öneriler sunulmuştur. 2014 yılından itibaren Türkiye’de akıllı ulaşım sistemleri adı altında bu konu ile ilgili çalışmaların hız kazanmış olduğu görülmüştür. Dünyada yapılan çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda Türkiye’nin Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri (K-AUS) olarak adlandırdığı bağlantılı araç teknolojisi ile ilgili çalışmalara daha geç dönemlerde başladığı ve konu hakkında daha fazla deneyime ihtiyaç duyduğu görülmüştür. Hazırlanan eylem planları, kurulan araştırma merkezleri ve derneklerin verimli çalışabilmesi için gerekli desteğin ve kaynağın sağlanması gerekliliği dikkat çekmektedir. Bağlantılı araç teknolojisinde veri güvenliği ve güvenilirlik üzerinde ulusal standardizasyonların ve mevzuatların hazırlanmasının önemli bir ihtiyaç olduğu ve bu alanda daha fazla çalışma yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bağlantılı Araçlar, K-AUS, Veri Güvenliği

Development of Connected Vehicle Technology in Turkey

Abstract

Connected vehicle technology is a communication technology that enables vehicles to communicate with other vehicles and other traffic assets. It is critically important to take the necessary actions during the development, and maturation stages of this technology for Turkey to gain a share in the emerging market, have a position, and ensure data security. In this article, the situation of connected vehicle technology in other countries is summarized and the situation in Turkey is examined. As a result of the work, suggestions were made about the subjects that should be given priority. It has been observed that studies on this subject under the name of intelligent transportation systems have gained momentum in Turkey in 2014. Considering the studies carried out around the world, it has been seen that Turkey started to work on the connected vehicle technology called Cooperative Intelligent Transportation Systems (C-ITS) in later periods and it needed more technical experience on the subject. It is noteworthy that the necessary support and resources should be provided in order for the action plans, research centers, and associations to work efficiently. It has been concluded that the preparation of national standardizations and regulations on data security, and reliability in connected vehicle technology is an important need and more work should be done in this area.

Keywords: Connected Vehicles, C-ITS, Information Security

* Sorumlu Yazar: gizem.erceylan@gazi.edu.tr

1. Giriş

Araçtan Herşeye (Vehicle to Everything - V2X), araçların diğer araçlar, altyapı, yayalar ve diğer trafik unsurları ile iletişim kurabilmelerini sağlayan bağlantılı araç iletişim teknolojisi. Bağlantılı araç teknolojisi ile trafik sıkışıklığının önlenmesi, trafik kazalarının ve çevre kirliliğinin azaltılması hedeflenmektedir. Türkiye’de Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri (K-AUS) olarak adlandırılan bağlantılı araç teknolojisi ülkemizde henüz test çalışmaları yürütülen bir teknolojidir (Ulaştırma Ve Altyapı Bakanlığı, 2020).

Çeşitli ülkeler tarafından 2000’li yılların başından itibaren bağlantılı araç teknolojisi ile ilgili çalışmalara başlandığı, konu hakkında teknik testler yapıldığı, standardizasyon ve mevzuatların belirlendiği görülmektedir (Choi, 2020). Hazırlanan mevzuat ve standardizasyonlarla kamu kuruluşları, özel sektör ve üniversitelerin iş birliği içinde çalışılması hedeflenmektedir. Ülkeler arasında yapılan anlaşmalar ile birlikte çalışabilirliğin sağlanması amaçlanmaktadır. V2X teknolojisinde, IEEE 802.11p standardına dayanan DSRC (Dedicated Short Range Communication) ve ITS-G5; 3GPP (The 3rd Generation Partnership Project) standardına dayanan hücreli C-V2X olmak üzere iki farklı yaklaşımın kullanıldığı görülmektedir. Gelecekte kullanılacak bu iki teknolojiye uygun standartların oluşturulup iletişim için kullanılacak spektrumun belirlenmesi önem taşımaktadır.

Bağlantılı araç teknolojisi ile yüksek miktarda veri üretilmesi beklenmektedir. Kişisel bilgiler içeren bu verilerin gizlilik ve güvenliğinin sağlanması, üzerinde durulması gereken diğer bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bağlantılı araçlar tarafından üretilen verilerin sahipliği, kullanımı ve paylaşımı politik olarak çözülmesi gereken önemli sorunlar haline gelmektedir. Bu sorunların çözümü için yerel düzeyde resmi düzenlemeler yapılması gerekmektedir (Cohen, 2020).

Türkiye’deki bağlantılı araç teknolojisindeki gelişimi değerlendirebilmek ve bir referans noktası belirlemek için Dünya’daki çeşitli ülkelerin konu hakkındaki çalışmaları araştırılmıştır. Oluşturulan pilot projeler ve testler, hazırlanan standartlar ve veri güvenliği ile ilgili özel standartlara sahiplik değerlendirme unsuru olarak seçilmiştir.

İkinci bölümde bağlantılı araç teknolojisinin Türkiye için önemi vurgulanmış ve Türkiye’deki bağlantılı araç iletişimi veri güvenliği konusunda kullanıcı çekinceleri üzerinde durulmuştur. Üçüncü bölümde çeşitli ülkelerin bağlantılı araç teknolojisi konusunda yaptığı çalışmalar özetlenmiştir. Türkiye’de yapılan akıllı araç teknolojisi ve bağlantılı araçlar ile ilgili çalışmalar incelenmiştir. Sonuç bölümünde ise bu bilgiler doğrultusunda K-AUS yapısında gelinen nokta değerlendirilerek, yapılması gerekenler öneri şeklinde sunulmuştur.

2. Bağlantılı Araç Teknolojisinin Önemi

2.1. Trafik Kazaları Ölüm Oranları

Bağlantılı araç teknolojisinin sağladığı güvenli hız, güvenli mesafe ve güvenli manevra kabiliyeti ile sürücülerin neden olduğu kazalar azaltılabilmektedir (Weiß, 2011). Araştırmalar kazaların %90’ının sürücü ihmalinden veya insan hatasından kaynaklandığını göstermektedir (Sam, 2016). 2018 yılında

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından yayımlanan rapora göre 2016 yılında Türkiye’de trafik kazalarından hayatını kaybeden insan sayısının 9 782 olduğu tahmin edilmektedir. Oransal olarak bu değer 100 000’de 12,3’tür. Bu oranın Kore’de 9,8; Almanya ve Japonya’da ise 4,1 olduğu görülmektedir (WHO, 2018). Tablo 1’de çeşitli Avrupa ve Asya Pasifik ülkeleri ve ABD’deki trafik kazalarına bağlı ölüm oranları listelenmiştir. Trafik kazalarının ve trafik kazalarına bağlı ölümlerin yüksek olduğu Türkiye’de bağlantılı araç teknolojisinin en kısa sürede hayata geçirilmesi kritik önem taşımaktadır.

Tablo 1: Trafik Kazalarına Bağlı Ölüm Oranları

| Ülke | Karayolu trafik ölümleri* | Karayolu trafik ölümleri 100,000 nüfus başına oran* |
|------------|---------------------------|---|
| İngiltere | 2 019 | 3,10 |
| Almanya | 3 327 | 4,10 |
| Japonya | 5 224 | 4,10 |
| Fransa | 3 585 | 5,50 |
| Güney Kore | 4 990 | 9,80 |
| Türkiye | 9 782 | 12,30 |
| ABD | 39 888 | 12,40 |
| Çin | 256 180 | 18,20 |

*Dünya Sağlık Örgütü Tahmini 2016

2.2. V2X Donanımlı Araç Sayısındaki Artış

V2X pazarının büyüme oranı ve bu alanda yapılan yatırımlar da dikkat çekici bir diğer konudur. IHS Markit tarafından yapılan araştırmaya göre Kuzey Amerika, Çin ve Avrupa başta olmak üzere dünya genelinde V2X desteğine sahip araç sayısında artış olduğu gözlemlenmektedir. 2021 yılında 2 milyona yaklaşan V2X teknolojisi ile donatılmış araç sayısının 2024 yılında 11,2 milyona ulaşacağı belirtilmiştir (IHS Markit, 2019). Amerika Birleşik Devletleri Ulaştırma Bakanlığı tarafından yayımlanan 2020-2025 stratejik planında ise akıllı araç teknolojisine yapılan yatırımın 25 milyar doları geçtiği belirtilmiştir (Sharon Chan-Edmiston, 2020).

Tablo 2: V2X Pazarı Büyüme Oranları

| Araştırma Kuruluşu | Yıl Aralığı | Miktar (Milyon ABD Doları) | Yıllık bileşik büyüme oranı (CAGR) |
|---------------------|-------------|----------------------------|------------------------------------|
| Precedence Research | 2020-2027 | 12,93 | %43,7 |
| MarketsandMarkets | 2020-2028 | 12,859 | %44,2 |

Ülkelerin bağlantılı araç teknolojilerine yaptıkları yatırımların her geçen yıl arttığı görülmektedir. Tablo 2’de farklı araştırma şirketleri tarafından hazırlanan V2X büyüme hızı raporları gösterilmiştir. 2020 yılı ile 2027-2028 yılları arasındaki yıllık birleşik büyüme oranının ortalama %44 olacağı öngörülmektedir (Precedence Research, 2022; Markets and Markets, 2020). Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya Pasifik ülkelerinin pazarda yüksek pay sahibi olduğu görülmektedir.

2.3. Veri Güvenliği Çekinceleri

Veri güvenliğinin sağlanmasının, bağlantılı araç teknolojisinin yaygınlaşmadan önce çözülmesi gereken ana

unsurlardan biri olduğu görülmektedir (Weimerskirch, 2011). Teknik bir gereklilik olması dışında kullanıcıların da veri güvenliği konusunda çekinceleri olduğu görülmektedir. Kullanıcıların tam otonom sürüş ile ilgili endişelerini anlamak için 109 ülkeden veri toplanarak yapılan bir yazılım korsanlığı ve verilerin kötüye kullanımının ilk sırada olduğunu göstermiştir (Kyriakidis, 2015).

Deloitte Türkiye ve Otomatik Distribütörleri Derneği (ODD) iş birliği ile oluşturulan "Türkiye Otomotiv Tüketicileri Araştırması: İleri Araç Teknolojileri" raporunda anket katılımcılarının %75'inin bağlantılı araçların fayda sağlayacağını düşündüğü belirtilmiştir. Bağlantılı araçlar tarafından üretilen verilerin güvenliğini koruma konusunda yapılan ankette ise kişisel verilerin kötü niyetli taraflarca ele geçirilebileceğini düşünenlerin sayısı %57 olarak verilmiştir (Deloitte, 2019). Bu sonuçlardan yola çıkarak bağlantılı araç iletişimindeki güvenliğin sağlanmasının ve elde edilen verilerin korumasının kullanıcı için kritik öneme sahip olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, katılımcıların %32'sinin bağlantılı araç teknolojisi ile elde edilecek verilerin güvenliği konusunda hiçbir organizasyon ya da kuruluşa güvenmediği belirtilmiştir. Tablo 3'de tüketicilerin veri yönetimi için tercih ettiği organizasyonlar ve tercih oranları verilmiştir. Bağlantılı araçlar tarafında üretilen verilerin yönetimi için tüketicilerin hükümet kuruluşlarından daha fazla markalara güvendiği görülmüştür. Stratejik öneme sahip, kötü niyetli kişilerce kötü amaçlar için kullanılacak bu verilerin yabancı markalar tarafından yönetilmesi tehlike arz etmektedir. Bu bilgilerin parasal amaçlar için kullanılmayacağını kontrolünün sağlanması ve bağlantılı araçlar tarafından üretilen verilerin kişisel veri statüsü taşınması sağlanarak korunması büyük önem taşımaktadır. Tüketicilerin hükümet kuruluşlarına güvenebilmesi için güvenlik standartlarının, mevzuatlarının ve stratejilerinin belirlenip ön hazırlık çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Tablo 3: Bağlantılı Araçlar Tarafından Üretilen Verilerin Yönetimi için Tüketicilerin Tercih Ettiği Organizasyonlar (%)

| Ülkeler | Markalar | Hükümet Kuruluşları | Diğer | Hiçbiri |
|-----------|----------|---------------------|-------|---------|
| Türkiye | 30 | 16 | 36 | 18 |
| Çin | 38 | 24 | 34 | 4 |
| Almanya | 40 | 15 | 15 | 30 |
| ABD | 40 | 2 | 27 | 31 |
| İngiltere | 36 | 10 | 29 | 25 |

3. Bağlantılı Araç Teknolojisi Çalışmaları

3.1. ABD'deki Çalışmalar

ABD'de 1999'dan itibaren akıllı araç teknolojisi ile ilgili çalışmalar yapılmaya başlanmış ve 2000'lerin başından itibaren konu ile ilgili standartlar sunulmuştur. Amerikan Otomotiv Mühendisleri Birliği ve IEEE tarafından hazırlanan standartlar ve bilgilendirici yazılar Amerika Birleşik Devletleri Ulaştırma Bakanlığı sitesinde yayınlanmaktadır (United States Department of Transportation, 2021). ABD genelinde test platformaları ve denemeler Amerika Birleşik Devletleri Ulaştırma Bakanlığı tarafından yapılmaktadır (ITS JPO, 2022). 2015 yılından itibaren bağlantılı araç pilot uygulama programı kapsamında Tampa, Wyoming ve New York şehrinde test ortamları kurulmuştur. Bunun dışında Florida ve Virginia'da

çeşitli üniversiteler test ortamları hazırlanmıştır (ITS JPO, 2022). New York test alanında güvenlik uygulamaları ile ilgili testlere ağırlık verilmiştir. Tampa'da ise 1000'den fazla taşıt ve 47 yol ünitesi kullanılarak oluşturulan test ortamında trafik sıklığı ve kazaları azaltma ile ilgili testler yapılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri Ulaştırma Bakanlığı tarafından 2015-2019 ve 2020-2025 stratejik planları yayımlanmıştır. Bu planda bakanlığın yer alacağı çeşitli otonom araç projeleri listelenmiştir (Sharon Chan-Edmiston, 2020).

3.2. Avrupa'daki Çalışmalar

Avrupa genelinde birlikte çalışabilirliğin sağlanması adına üye ülkeler bağlantılı araç teknolojisi konusunda ortak çalışmalar yürütmektedir. Akıllı ulaşım sistemleri standartları, Avrupa Standardizasyon Örgütü tarafından geliştirilmektedir. Bu alandaki ilk doküman 2005 yılında sunulmuştur. Yayımlanan tüm standartlar ETSI TC ITS (European Telecommunications Standards Institute Technical Committee Intelligent Transportation System) Komitesinin web sitesinde yayımlanmaktadır (ETSI, 2022). Avrupa komisyonu 2014 yılında, ortak bir vizyon geliştirmek amacıyla işbirlikçi bir çerçeve olarak tasarlanan C-ITS Platformunu kurmuştur. 2016 yılında Üye Devletler, C-ITS'yi birbirine bağlamak ve koordine etmek için C-Roads Platformunu başlatmıştır (Marilisa, (2018)). C-Roads Platformu 16 Avrupa ülkesinin ortak girişimidir. Bu çalışma ile uyumlu ve birlikte çalışabilir C-ITS hizmetlerinin Avrupa ülkeleri arasında yaygınlaştırılması hedeflenmiştir (Kernstock, 2017). C-ITS hizmetlerini teşvik etmeye yönelik Avrupa eylemi kapsamında, C-Roads Platformu ile Car 2 Car Communication Consortium (C2C-CC) arasında Haziran 2017'de ikili anlaşmalar imzalanmıştır (Car-2-Car Communication Consortium, 2022).

Avrupa'daki ilk C-ITS olan SCOOP@F Fransız C-ITS pilot projesidir. Bu proje Paris ile Strasbourg, Brittany, Bordeaux ve Isere arasındaki 2 000 km'lik yol boyunca yaklaşık 3 000 araç birbirine bağlanmıştır. Proje, 2018 yılında sona ermiştir (European Commission, 2015).

2016 yılında Hollanda, Almanya ve Avusturya'nın katıldığı C-ITS Koridoru projesi başlatılmıştır (VorSicht, 2015). NordicWay ve NordicWay2 Danimarka, Finlandiya, Norveç ve İsveç'te yürütülen akıllı ulaşım sistemleri projeleridir. Bu projeler sayesinde karlı ve buzlu koşullar altında test yapma imkanı sağlanmıştır (Solveig Meland, 2017). Bunun dışında Belçika, Çek Cumhuriyeti, Slovenya, Macaristan, İtalya, Portekiz ve İspanya'da da çeşitli projeler hazırlanmıştır.

3.3. Güney Kore'deki Çalışmalar

Güney Kore Telekomünikasyon Teknolojisi Derneği (TTA) 2000 yılında DSRC standartlarını yayınlamıştır (TTA, 2006). 2006 yılında V2I (Vehicle to Infrastructure) DSRC iletişimi ile ilgili standartlar hazırlanmıştır (TTA, 2007) (TTA, 2018) (TTA, 2013).

2012 yılında DSRC kullanan akıllı ulaşım sistemleri planı oluşturulmuştur (Choi, 2020). Eylül 2019'da C-V2X deneysel hizmetleri sağlama planını duyurulmuştur. Bu kapsamda C-V2X ve diğer akıllı ulaşım sistemi teknolojileri hakkında daha fazla araştırma yapılması teşvik edilmiştir. Henüz kesin bir politika kararı vermemiş olsa da hem DSRC hem de C-V2X teknolojilerine açık politikalar yürütmüşlerdir.

2006-2012 yılları arasında faaliyet göstermiş olan u-Transportation Projesi ile güvenlik ve verimliliği artıran çekirdek teknolojiler geliştirilmiştir. Bunun sonucunda sinyalsiz kavşak yönlendirme hizmeti, V2X tabanlı uyarı hizmeti ve kuşbakışı görüntüleme hizmeti gibi hizmetler sunulmuştur. 2008 yılında başlatılan SMART otoyol projesi ile iletişim teknolojisi, araç teknolojisi ve yol teknolojisi birleştirilmiştir. Proje sonucunda V2I ve V2V (Vehicle to Vehicle) iletişimi uygulanarak yol bilgisi tabanlı araç kontrol hizmeti, engel tanımlama hizmeti, acil uyarı hizmeti ve zincirleme reaksiyon çarpışma önleme hizmeti gibi hizmetler sunulmuştur (Choi, 2020).

2014 yılında başlatılıp 2017 yılında sonlanan C-ITS pilot projesi kapsamında, Daejeon ve Sejong şehirlerindeki yollarda test alanları oluşturulmuştur (Bae, 2020). 2018 yılında ise Seul metropolitan çevre yolunda ve Kyungbu ekspres yolunda toplam 128 km'lik test alanları kurulmuştur.

2030 yılına kadar Güney Kore'nin hedefinin çarpışma kazalarının sıfıra indirilmesini sağlayacak iletişim hizmetlerinin kurulması olduğu açıklanmıştır (Choi, 2020).

3.4 Japonya'daki Çalışmalar

Japonya, 1,2 milyon km'den fazla yolla bağlanan bir ada ülkesidir. Japonya toplumun ciddi trafik sıkışıklığı sorunlarıyla karşı karşıya kaldığı bir dönem olan 1990 yıllarında araştırmalarını hızlandırarak araçlardan bilgi toplanmasını sağlayan ETC sistemini tasarlamıştır. 2001 yılında tanıtılan sistem Japon karayollarındaki araçların %90'ından fazlasında kullanılmaktadır (Public Relations Office Government of Japan, 2021).

DSRC ARIB STD-T75 standardı 2001 yılında yayımlanarak trafikte iki yönlü iletişim sağlanabilmesi için teknik altyapı oluşturulmaya başlanmıştır. Aralık 2016'da İçişleri ve Haberleşme Bakanlığı, bağlantılı araçlar üzerinde çalışacak bir çalışma grubu kurmuş ve 2017 yılında otonom araç iletişimi planını duyurmuştur. Bilgi-iletisim teknolojilerinin ihtiyaçlarına uygun ağ altyapısı teknikleri ve iletişim politikalarının tartışılıp 2020-2030 arasındaki gelişmelerin öngörülmesi hedeflenmiştir (Soumu, 2018). Başbakanlık 2018 yılında akıllı ulaşım sistemleri yol haritasını yayımlamıştır (Prime Minister of Japan, 2018).

Japonya'da geliştirilmiş olan ETC 2.0 akıllı ulaşım sistemi hizmeti, aynı anda araçlar ve yollar hakkında veri toplama ve bilgi sağlama yeteneğine sahip dünyanın ilk sistemidir. Aralık 2020 itibariyle otoyollardaki araçların %25'i ETC 2.0 kullanmaktadır (Public Relations Office Government of Japan, 2021). ITS Connect ticari hizmeti 2015 yılında başlamıştır. V2V ve V2I güvenlik özellikleri sağlayan sistem ARIB STD-T109 ile uyumludur.

Toyota'nın 2021 yılında yayınladığı rapora göre Japonya'da 240 000'den fazla DSRC kullanabilecek araç bulunmaktadır (Toyota, 2021).

3.5. Çin'deki Çalışmalar

Çin diğer ülkelerden farklı olarak C-V2X (Cellular-V2X) kullanan ilk ülkelerden biri olma yolunda ilerlemektedir. C-V2X, gelecek 5G mobil teknolojileriyle tam uyumlu olacak şekilde tasarlanmış bir otonom araç iletişim teknolojisidir.

Audi, BMW, Ford, Tesla, Toyota ve neredeyse tüm mobil operatörler bu teknolojiyi desteklemektedir (GSMA, 2017).

Çin otonom araç iletişimi için C-V2X teknolojisini kullanmayı planlamakta ve bu teknoloji ile ilgili projeler kapsamında testler gerçekleştirmektedir. Çin'in Beijing, Shanghai, Chongqing, Changchun, Wuhan ve Hangzhou şehirlerinde Çin Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı desteği ile C-ITS test ortamları kurulmuştur. Yapılan testlerde trafik ışıklarının, yaya ve motorsuz araçların tanımlanması, şerit takibi ve hız limiti ile ilgili testler yapılmıştır. Çin Otomotiv Mühendisliği Araştırma Enstitüsü tarafından hazırlanan I-VISTA test platformu ile uzun tüneller ve rampalı yollara sahip Chongqing şehrinde testler gerçekleştirilmiştir (Chongqing International Media Center, 2018). 170km²'lik alanı kapsayacak şekilde tasarlanmış olan Wuxi C-V2X projesi ile de şehir seviyesinde iletişim testleri yapılmıştır (Choi, 2020).

3.5 Türkiye'de Yapılan Çalışmalar

2000'li yılların başından itibaren birçok kamu otoritesi tarafından hazırlanan belgelerde akıllı ulaşım sistemlerinden bahsedilmekte fakat teknik bir standardizasyon belirtilmemektedir. Akıllı ulaşım sistemleri bir bütün olarak ele alınmakta ve bağlantılı araç sistemleri de bir çeşit akıllı ulaşım sistemi olarak görülmektedir. Bağlantılı araç teknolojisinin K-AUS adında ayrıca ele alınmasının ardından konu ile ilgili çalışmalara başlanmıştır. K-AUS'un gelişmesi için dernekler, kuruluşlar ve araştırma merkezleri oluşturulmuştur. 63-64 GHz aralığı bağlantılı araçlardaki iletişim için tahsis edilmiştir (Çuhadaroğlu, 2021). Fakat konu ile ilgili standartlar tam anlamıyla belirlenmemiştir.

Türkiye'de AUS özelinde hazırlanan 2014-2023 Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi birçok bakanlığın yanı sıra TÜRKİSAT, TÜBİTAK, belediyeler ve üniversitelerin katkısı ile Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yayımlanmıştır. Hazırlanan dokümanda AUS kavramı açıklanıp dünyadaki uygulamaları ile ilgili karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu belgede, akıllı ulaşım sistemleri bir bütün olarak ele alınarak gerekli stratejilerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. AUS'un ülke genelinde planlama ve entegrasyonu için idari ve teknik mevzuatın ulusal ve uluslararası ihtiyaçlara göre geliştirilmesi ilk stratejik amaç olarak belirlenmiştir.

AUS Stratejisinin gelişmelere uygun olarak belirli aralıklar ile değerlendirilmesi için Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı başkanlığında özel sektör temsilcileri, üniversiteler ve STK'ların temsilcilerini de içerecek şekilde bir izleme ve yönlendirme komitesinin kurulması planlanmıştır. Stratejiler kapsamındaki ilerlemeleri görebilmek adına 6 ayda bir izleme ve değerlendirme komitesine izleme/değerlendirme raporu sunulacağı belirtilmiştir (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, 2014). Kamu kurumları ve özel sektör arasında kurulacak iş birliklerinin öneminden ve Türkiye'de yeterli uzmanlığın oluşmamış olmasından bahsedilmiştir.

Türkiye'de 2014-2023 Eylem planının yayınlanması ardından K-AUS alanında gelişmeler yaşanmıştır. Dernekler, araştırma merkezleri kurularak ve konu hakkında çeşitli projeler yürütülmeye başlandığı görülmektedir.

2014-2023 Eylem Planı uyarınca, 2016 yılında Türkiye Akıllı Ulaşım Sistemleri Derneği (AUS Türkiye) kurulmuştur

(AUS Türkiye, 2016). AUS Türkiye, AUS alanında çalışan kamu kuruluşları, özel sektör, STK, belediyeler ve üniversiteleri tek çatı altında toplayarak belirlenecek standartlar doğrultusunda uyum içinde çalışmalarını amaçlayan bir demektir.

Gelişen teknoloji ve değişen gereksinimler neticesinde 2014-2023 Eylem planında güncelleme yapılması gerekliliği nedeniyle Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından 2020-2023 Eylem Planı yayımlanmıştır. Bahsedilen eylem planında bağlantılı araç teknolojilerinin K-AUS olarak isimlendirildiği görülmüştür. Mevcut AUS altyapılarının geliştirilerek, kurulan K-AUS altyapıları ile entegrasyonunun sağlanması ve ülke genelinde yaygınlaştırılması uzun dönem hedefler arasına eklenmiştir. 2021 yılına kadar K-AUS için test ve uygulama koridorunun planlanması, 2023 sonuna kadar ise kurulması hedeflenmiştir (Ulaştırma Ve Altyapı Bakanlığı, 2020).

2016 yılında Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ile Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu öncülüğünde yeni nesil haberleşme sistemleri ile ilgili ürün, hizmet ve teknolojiler geliştirmeyi amaçlayan 5GTR Forum'un kurulduğu bildirilmiştir. 5GTR Forum bünyesinde yer alan Hizmet ve Uygulama Çalışma Grubunda bağlantılı araçlar ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır (5GTR Forum, 2022).

2014-2023 Eylem Planı uyarınca, 2017 yılında Bandırma Onyedü Eylül Üniversitesi Akıllı Ulaşım Sistemleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (BAUSMER) kurulmuştur (AUS Türkiye, 2021). BAUSMER'in amacı AUS alanında düzenlenen konferans, sempozyum kongre ve çalıştayları takip edip katılım sağlamaktır. Konu ile ilgili uluslararası iş birliklerinin sağlanması, projeler oluşturulması, çalıştay, ve konferanslar düzenlenmesi hedeflenmektedir.

2018 yılında Türkiye'de kurulan Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu (TOGG) bünyesinde, bağlantılı araçlar konusunda çalışmalar yürütülmektedir. Ayrıca, 2019 yılında TOSB İnovasyon Merkezi ve İTÜ OTAM koordinasyonluğunda TOGG'un da içinde yer aldığı 62 farklı organizasyonun katılımıyla Türkiye Bağlantılı ve Otonom Araç Kümelenmesi (TCAV) kurulmuştur. Bu oluşum ile firmalar arasında iş birliğinin sağlanması hedeflenmiştir (TCAV, 2020).

Avrupa Birliği Ufuk 2020 destekli 5G-MOBIX projesi ile 5G ve yapay zeka teknolojilerinden faydalanarak otomatikleştirilmiş araç fonksiyonlarının geliştirilmesi hedeflenmiştir (5G-MOBIX Projesi, 2020). Projede, araçların konvoy halinde Türkiye-Yunanistan sınır geçiş koridorunda ilerlemesi tasarlanmıştır. Projenin Türkiye tarafında BİLGEM, Ford Otosan, Turcell ve Ericsson TR; Yunanistan tarafında ise Cosmote, WINGS ve Ericsson GR gibi kuruluşlar bulunmaktadır.

2021 yılında Araçsal Ağlar ve Akıllı Ulaşım Sistemleri (VeNIT) Laboratuvarı'nın çalışmaları ile Marmara Üniversitesi Dragos Kampüsünde K-AUS için altyapı hazırlanarak testler gerçekleştirilmiştir (Marmara Üniversitesi, 2021).

4. Standartlar, Testler ve Veri Güvenliği Çalışmalarına Genel Bakış

Türkiye'de bağlantılı araç teknolojisindeki gelişimi değerlendirebilmek ve bir referans noktası belirlemek için çeşitli ülkelerin konu hakkındaki çalışmaları araştırılmıştır. Ele alınan ülkelerde V2X iletişim teknolojisi ile ilgili pilot projeler

ve testlerin yapıp yapılmadığı, standartların mevcut olup olmadığı ve V2X iletişim güvenliği ile ilgili özel standartlara sahip olup olmadıkları değerlendirilmiştir.

Uluslararası Telekomünikasyon Birliği Radyokomünikasyon Sektörü (ITU-R) tavsiyesi olan 5,725–5,875 MHz aralığında olmak üzere spektrum tahsisleri ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir (Tablo 4). ABD'de 5850–5925 MHz frekans aralığı seçilmiştir. Avrupa'da ETSI, 5855–5925 MHz'de çalışma gerekliliğini tanımlayan EN 302 571 standardını yayımlamıştır (ETSI EN 302 571 V2.1.1, 2017). Çin, 5.9 GHz bandında 5905–5925 MHz aralığını kullanmaktadır. Güney Kore Bilim ve Bilgi ve İletişim Teknolojileri Bakanlığı (MSIT), 2016 yılında bağlantılı araç uygulamaları için 5855–5925 MHz aralığını tahsis etmiştir. Japonya'da ITS-Connect ve ETC/ETC2.0 için iki farklı bant aralığı tahsis edilmiş. Türkiye'de ise 63-64 GHz arası V2I ve V2V haberleşmelerde kullanılmak üzere tahsis edilmiştir. Ayrıca, 5875-5905 MHz band aralığı özel amaçlara yönelik kullanılmak üzere tahsis edilmiştir (Çuhadaroğlu, 2021).

Tablo 4: Spektrum Tahsisleri

| Ülke | Spektrum |
|------------|--|
| ABD | 5850–5925 MHz |
| Avrupa | 5855–5925 MHz |
| Çin | 5905–5925 MHz |
| Güney Kore | 5855–5925 MHz |
| Japonya | 755.5-764.5 MHz /5770- 5850 MHz |
| Türkiye | 63-64 GHz /5875 – 5905 MHz (Özel Amaç) |

Standartlar: ABD, Avrupa, Çin, Güney Kore ve Japonya'da bağlantılı araç teknolojisi ile ilgili standartlar yayımlandığı görülmektedir (Tablo 5).

Veri Güvenliği Standartları: ABD, Avrupa, Çin, Güney Kore ve Japonya'da bağlantılı araç veri güvenliği ile ilgili standartlar yayımlanmıştır. Ayrıca, Avrupa 29. Madde Çalışma Grubu tarafından yapılan bildiriye bağlantılı araç kullanımında üretilen verilerin kişisel veri olarak sayıldığı görülmektedir (Article 29 Data Protection Working Party, 2017). Türkiye'de ise AUS 2020-2023 eylem planında veri paylaşımı ve güvenliğinin sağlanması stratejik amaçlardan biri olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda AUS verileri yönetim merkezinin kurulması ve bu merkezlerin trafik kontrol merkezleriyle entegrasyonunun sağlanması hedeflenmiştir (Ulaştırma Ve Altyapı Bakanlığı, 2020).

Tablo 5: Standartlar

| Standartlar | | | | |
|-------------|----------|----------|------------|-----|
| ABD | Avrupa | Japonya | Güney Kore | Çin |
| IEEE 1609.X | ETSI ITS | ARIB STD | TTA | ICV |

| Veri Güvenliği Standartları | | | | |
|--|----------------------------|------------------------------|--------------------|--|
| ABD | Avrupa | Japonya | Güney Kore | Çin |
| IEEE 1609.2/J3061/DOT HS 812 333 | ETSI 102 940- 943 | ITS Forum (RC- 009) | TTAE.IT- X.1372 | ICV- Information Security (204) |

Testler: Çeşitli ulusal standardizasyon grupları, spektrum kullanım düzenlemesi konusunda kendi kararlarını verebilmek için araştırmalar yapıp test ortamları hazırlamışlardır (Tablo 6). Avrupa ülkelerinin test geliştirme konusunda da iş birliği yaptığı görülmektedir. Bu amaç doğrultusunda Avrupa Üye Devletleri ve karayolu operatörlerinin ortak bir girişimi ile C-Roads platformu kurulmuştur. ABD’de ulaştırma bakanlığı testlere öncülük etmektedir. Test yataklarının oluşturulması için çeşitli şehirlerde üniversitelerle iş birlikleri yapıldığı görülmektedir (ITS JPO, 2022). Bunun dışında Japonya, Güney Kore ve Çin’de de çeşitli testlerin gerçekleştirildiği görülmektedir (Choi, 2020).

Tablo 7’de standardizasyon, veri güvenliği ve oluşturulan testler göz önünde bulundurularak ülkelerin V2X üzerinde yaptığı çalışmalar karşılaştırılmıştır. Diğer ülkeler ile karşılaştırıldığında Türkiye’nin standart oluşturma konusunda geç kaldığı görülmektedir. Bağlantılı araç teknolojisi ile ilgili test çalışmaları mevcut olsa da konu hakkında deneyimin artırılması için yeni pilot projelerin oluşturulmasına ihtiyaç vardır.

5. Sonuç

K-AUS sisteminin Türkiye’de kullanılabilir hale gelmesi ve dünyadaki bağlantılı araç sistemleri ile uyumlu olabilmesi için gerekli mevzuat, standardizasyonların belirlenip uygun spektrumun tahsis edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu

şekilde altyapıda genel çerçeve oluşturularak üreticiler ve geliştiricilerin yol haritalarını belirleyip buna uygun tasarımlar yapabilmemesinin önü açılacaktır. Bu durum ise birlikte çalışabilirliğin ve ürün uyumluluğunun artırılmasını sağlayacaktır. Bu yaklaşım aynı zamanda Türkiye’deki ulusal K-AUS geliştirmelerinin hızını artıracaktır. Yapılan düzenlemelerin hücre tabanlı, kablosuz ağ tabanlı ya da hibrit yapılar ile uyumlu olabilecek çerçevede hazırlanması gerekmektedir. Bu teknolojilerden hangisinin kullanılacağı belirlenmesi ise sadece uluslararası yayım takibi ve global üreticilerin açıklamalarına bakılarak değil ulusal düzeyde yapılan testler, araştırmalar ve bunlara bağlı öngörüler ile belirlenmelidir. Bunun yapılabilmesi için gereken insan kaynağı oluşturulmalı ve araştırmaların bu yönde yapılabilmesi için gerekli teşvik sağlanmalıdır. Bu sayede karşılaşılabilecek ulusal tehditlerin önüne geçilmesi mümkün olacaktır. Yapılacak uluslararası anlaşmalar, projeler ve ortaklıklar ile K-AUS alanında Türkiye’nin de bir aktör olması ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır. Kullanıcı verileri ve iletişim verilerinin kötü niyetli taraflarca ele geçirilmesinin önüne geçmek için iletişim güvenliğinin ve sistem güvenilirliğinin sağlanması esastır. K-AUS sistemlerinde üretilen verilerin gizliliği, güvenliği sağlanmalı ve uygun veri koruma mekanizmaları belirlenmelidir. İletişim sırasında kötü niyetli üçüncü tarafların sebep olacağı kazaların önüne geçilemek ve kişisel verileri korumak için K-AUS iletişimi güvenlik mekanizması oluşturulmalı ve gerekli altyapının kurulması yönündeki hazırlıklar yapılmalıdır. Belirlenecek güvenlik yöntemine bağlı olarak gerekli otoritelerin oluşturulması ile ilgili ön çalışmalar yapıp güvenlik senaryolarının belirlenmesi önemlidir. Bu konuda hazırlanacak standardizasyonların ulusal olması stratejik önem taşımaktadır.

Tablo 6: Testler

| Testler | | | | |
|--|---|---------|------------------|--|
| ABD | Avrupa | Japonya | Güney Kore | Çin |
| VIRGINIA CONNECTED CORRIDOR (VCC) | C-ROADS | ETC2.0 | U-TRANSPORTATION | SHANGHAI PILOT INTELLIGENT VEHICLES INTEGRATED TEST AREA |
| WYOMING DOT (WYDOT) PILOT | C-ITS CORRIDOR | | SMART HIGHWAY | |
| TAMPA-HILLSBOROUGH EXPRESSWAY AUTHORITY (THEA) DOT PILOT | SCOOP@F | | | CITY-WIDE LTE-V2X PROJECT WUXI |
| NEW YORK DOT (NYCDOT) PILOT | A2/M2 CONNECTED VEHICLE CORRIDOR NORDICWAY INTERCOR | | | CAR2X WUZHEN IOV PILOT ZONE FUJIAN PINGTAN AUTONOMOUS PILOT TEST ZONE SHENZHEN |

Tablo 7: Karşılaştırma

| Ülke | Standardizasyon Çalışmaları Başlangıç | Test Çalışmaları | Veri Güvenliği Çalışmaları |
|--------|---------------------------------------|------------------|----------------------------------|
| ABD | FCC-99-305A 1 (1999) | Mevcut | IEEE 1609.2/J3061/DOT HS 812 333 |
| Avrupa | ETSI TR 102 492-1 (2005) | Mevcut | ETSI 102 940-943 |

| | | | |
|------------|------------------------|--------|--------------------------------|
| Güney Kore | TTAS.KO-06.0035 (2001) | Mevcut | TTAE.IT-X.1372 |
| Japonya | ARIB STD-T75 (2001) | Mevcut | ITS Forum (RC-009) |
| Çin | ICV (2017) | Mevcut | ICV-Information Security (204) |
| Türkiye | Mevcut Değil | Mevcut | Mevcut Değil |

Türkiye'deki K-AUS uygulamalarında iletişim sırasında üretilen verilerin paylaşımı, korunması ve işlenmesi konusunda düzenlemeler yapılmalıdır. K-AUS sitesindeki verilerin Avrupa Birliğinde olduğu gibi kişisel veri olarak sayılması ve kullanıcıların kişisel verileri üzerinde tam yetkiye sahip olması sağlanmalıdır.

Türkiye 2014 yılından itibaren akıllı araç sistemleri konusundaki çalışmalarına hız verse de diğer ülkeler ile karşılaştırıldığında bu alandaki tecrübelerinin yetersiz olduğu görülmektedir. Bağlantılı araç konusunda yeterli deneyime ulaşabilmek için bu konudaki çalışma hızının ivmesinin artırılması gerekmektedir.

Kaynakça

Markets and Markets. (2020). <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/automotive-vehicle-to-everything-v2x-market-90013236.html> adresinden alındı

Precedence Research. (2022). <https://www.precedenceresearch.com/automotive-v2x-market> adresinden alındı

5G-MOBIX Projesi. (2020). Mayıs 22, 2022 tarihinde https://www.b3lab.org/sayfa/5g_mobix_projesi-15 adresinden alındı

5GTR Forum. (2022). <https://5gtrforum.org.tr/hakkinda>. Mayıs 22, 2022 tarihinde <https://5gtrforum.org.tr/hakkinda> adresinden alındı

Article 29 Data Protection Working Party. (2017). Opinion 03/2017 on Processing personal data in the context of Cooperative Intelligent. Mayıs 22, 2022 tarihinde Opinion 03/2017 on processing personal data in the context of Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS): <https://ec.europa.eu/newsroom/article29/items/610171/en> adresinden alındı

AUS Türkiye. (2016). AUS Türkiye Hakkımızda. Mayıs 22, 2022 tarihinde <https://www.ausder.org.tr/kurumsal/hakkimizda/> adresinden alındı

AUS Türkiye. (2021). Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Türkiyedeki Kilometre Taşları. Mayıs 22, 2022 tarihinde <https://www.ausder.org.tr/wp-content/uploads/2021/01/aus-un-turkiyedeki-km-taslari.pdf> adresinden alındı

Bae, J. K. (2020). Implementation and performance evaluation for DSRC-based vehicular communication system. IEEE Access, 9, 6878-6887.

Car-2-Car Communication Consortium. (2022). Mayıs 22, 2022 tarihinde www.car-2-car.org adresinden alındı

Choi, J. M. (2020). Survey of spectrum regulation for intelligent transportation systems. IEEE Access, 8, 140145-140160.

Chongqing International Media Center. (2018). I-VISTA: IQ Test for Self-Driving Cars. Mayıs 22, 2022 tarihinde <https://www.ichongqing.info/2018/08/15/self-driving-cars/> adresinden alındı

Cohen, T. (2020). A constructive role for social science in the development of automated vehicles. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 6, 100133.

Çuhadaroğlu, F. (2021). Otomatik Sektöründe Bağlantılı Araçların Gelişiminde Mobil Şebekeler: Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu için Öneriler. Mayıs 22, 2022 tarihinde <https://www.btk.gov.tr/uploads/thesis/fethiye-cuhadaroglu-tez.pdf> adresinden alındı

Deloitte. (2019). Otomotiv Tüketicileri Araştırması İleri Araç Teknolojileri. Mayıs 22, 2022 tarihinde https://www.odd.org.tr/folders/2837/categorialdocs/2528/otomotiv_tuketicileri_arastirmasi.pdf adresinden alındı

ETSI. (2022). Technical Committee Intelligent Transportation Systems. Mayıs 22, 2022 tarihinde <https://www.etsi.org/committee/1402-its> adresinden alındı

ETSI.(2017). ETSI EN 302 571 V2.1.1. - Intelligent Transport Systems (ITS); Radiocommunications equipment operating in the 5 855 MHz to 5 925 MHz frequency band; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU

European Commission. (2015). SCOP@F Part 2. Mayıs 22, 2022 tarihinde <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility/cef-transport/2014-eu-ta-0669> adresinden alındı

GSMA. (2017). Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X) Enabling Intelligent Transport. Mayıs 22, 2022 tarihinde https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2017/12/C-2VX-Enabling-Intelligent-Transport_2.pdf adresinden alındı

IHS Markit. (2019). More Than 11.2 Million Vehicles Will Be Equipped with V2X Communications in 2024, IHS Markit Says. Mayıs 22, 2022 tarihinde https://news.ihsmarkit.com/prviewer/release_only/slug/automotive-more-112-million-vehicles-will-be-equipped-v2x-communications-2024-ihs-markit adresinden alındı

ITS JPO. (2022). Connected Vehicle Pilot Deployment Program. Mayıs 22, 2022 tarihinde <https://www.its.dot.gov/pilots/> adresinden alındı

ITS JPO. (2022). ITS Research Fact Sheets. Mayıs 22, 2022 tarihinde https://www.its.dot.gov/communications/its_factsheets.htm adresinden alındı

Kernstock, W. (2017). Detailed Pilot Overview Report, C-Roads. Mayıs 22, 2022 tarihinde https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/Detail_ed_pilot_overview_report_v1.0.pdf adresinden alındı.

Kyriakidis, M., Happee, R., & de Winter, J. C. (2015). Public opinion on automated driving: Results of an international questionnaire among 5000 respondents. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 32, 127-140.

Marilisa, B., Luigi, P., & Nicola, B. G. (2018). C-ITS communication: an insight on the current research activities in the European Union. International Journal of Transportation Systems, 3(1), 52-63.

- Marmara Üniversitesi. (2021). Bağlı Araçlar ve Akıllı Ulaşım Sistemleri Alanında Marmara Üniversitesi Bir İlki Gerçekleştiriyor. Mayıs 2022, 22 tarihinde <https://www.marmara.edu.tr/news/bagli-araclar-ve-akilli-ulasim-sistemleri-alaninda-marmara-universitesi-bir-ilki-gerceklestiriyor> adresinden alındı.
- Prime Minister of Japan. (2018). PublicPrivate ITS Initiative/Roadmaps 2018. Mayıs 22, 2022 tarihinde https://japan.kantei.go.jp/policy/it/2018/2018_roadmaps.pdf adresinden alındı.
- Public Relations Office Government of Japan. (2021). ETC 2.0: Two-Way Communication between Vehicles and the Road. Mayıs 22, 2022 tarihinde https://www.gov-online.go.jp/eng/publicity/book/hlj/html/202103/202103_04_en.html adresinden alındı.
- Sam, D. V. (2016). A vehicle control system using a time synchronized Hybrid VANET to reduce road accidents caused by human error. Vehicular communications, 6, 17-28.
- Sharon Chan-Edmiston, S. F. (2020). Intelligent Transportation Systems Joint Program Office Strategic Plan 2020-2025. Mayıs 22, 2022 tarihinde https://www.its.dot.gov/stratplan2020/ITSJPO_StrategicPlan_2020-2025.pdf adresinden alındı.
- Solveig Meland, K. Y. (2017). Deployment roadmap - NordicWay . Mayıs 22, 2022 tarihinde [https://uploads-ssl.webflow.com/5c487d8f7febe4125879c2d8/5c5c02aed70742869390395a_NordicWay%20Roadmap%20M_12%20\(secured\).pdf](https://uploads-ssl.webflow.com/5c487d8f7febe4125879c2d8/5c5c02aed70742869390395a_NordicWay%20Roadmap%20M_12%20(secured).pdf) adresinden alındı.
- Soumu. (2018). ICT Policy Directions. Mayıs 22, 2022 tarihinde <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/eng/WP2018/chapter-6.pdf> adresinden alındı.
- TCAV. (2020). Mayıs 22, 2022 tarihinde <https://otonomkume.org/> adresinden alındı
- Toyota. (2021). V2X for Cooperative Transportation. Mayıs 22, 2022 tarihinde https://www.toyota.co.jp/its/en/2021/v2x_deployment/ adresinden alındı.
- TTA. (2006). Standard of DSRC Radio Communication Between Road-Side Equipment and on-Board Equipment in 5.8 GHz Band, Standard TTAS.KO-06.0025. Mayıs 22, 2022 tarihinde <http://www.tta.or.kr/tta/ttaSearchView.do?key=77&rep=1&searchStandardNo=TTAS.KO-06.0025/R1&searchCate=TTAS> adresinden alındı.
- TTA. (2007). Test Standard for Layer 7 of DSRC at 5.8 GHz, Standard TTAS.KO06.0053, Oct. 2003. Mayıs 22, 2022 tarihinde <http://tta.or.kr/testlab/file/TTAS.KO-06.0053.pdf> adresinden alındı.
- TTA. (2013). Vehicle Communication System Stage 2: Architecture, Standard TTAK.KO-06.0193. Mayıs 22, 2022 tarihinde <http://www.tta.or.kr/tta/ttaSearchView.do?key=77&rep=1&searchStandardNo=TTAK.KO-06.0193/R1&searchCate=TTAS> adresinden alındı.
- TTA. (2018). Vehicle Communication System Stage 1: Requirements, Standard TTAK.KO-06.0175. Mayıs 22, 2022 tarihinde <http://www.tta.or.kr/tta/ttaSearchView.do?key=77&rep=1&searchStandardNo=TTAK.KO-06.0175/R2&searchCate=TTAS> adresinden alındı.
- Ulaştırma Ve Altyapı Bakanlığı. (2020). Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi. YIS 22, 2022 tarihinde <https://www.uab.gov.tr/uploads/announcements/ulusal-akilli-ulasim-sistemleri-strateji-belgesi-v/ulusal-akilli-ulasim-sistemleri-strateji-belgesi-ve-2020-2023-eylem-plani.pdf> adresinden alındı.
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı. (2014, Mayıs). Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi (2014-2023) ve Eki Eylem Planı (2014-2016). Mayıs 22, 2022 tarihinde http://www.sp.gov.tr/tr/temel-belge/s/175/Ulusal+Akilli+Ulasim+Sistemleri+Strateji+Belgesi+2014-2023_+ve+Eki+Eylem+Plani+_2014-2016 adresinden alındı.
- United States Department of Transportation. (2021). About ITS Standards. Mayıs 22, 2022 tarihinde <http://www.standards.its.dot.gov/LearnAboutStandards/ResearchInitiatives> adresinden alındı.
- VorSicht, A. (2015). Cooperative ITS corridor joint deployment. Mayıs 22, 2022 tarihinde https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/Documents/DG/cooperative-its-corridor.pdf?__blob=publicationFile adresinden alındı.
- Weimerskirch, A. (2011). V2X security & privacy: the current state and its future. ITS World Congress. 21.
- Weiß, C. (2011). V2X communication in Europe—From research projects towards standardization and field testing of vehicle communication technology. Computer Networks, 55(14), 3103-3119.
- WHO. (2018). Global status report on road safety 2018. Mayıs 22, 2022 tarihinde <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684> adresinden alındı.



Fusion of Multi-Focus Images using Jellyfish Search Optimizer

Fatma Çıtıl^{1*}, Rifat Kurban², Ali Durmuş³, Ercan Karaköse⁴

^{1*} Kayseri Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9794-4996), citil.fatmaa@gmail.com
² Kayseri Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0002-02772210), rifatkurban@gmail.com
³ Kayseri Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8283-8496), alidurmus@kayseri.edu.tr
⁴ Kayseri Üniversitesi, Mühendislik Mim. ve Tasarım Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5586-3258), ekarakose@kayseri.edu.tr

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1136956)

ATIF/REFERENCE: Cıtil, F., Kurban, R., Durmus, A. & Karaköse, E. (2022). Fusion of Multi-Focus Image using Jellyfish Search Optimizer. *European Journal of Science and Technology*, (37), 147-155.

Abstract

When obtaining an image of a scene, the lens focuses on objects at a certain distance, and objects at other distances are blurred. This is called the limited depth of field problem. An approach for solving this problem is multi-focus image fusion. A clearer view of the entire scene is obtained by using the multi-focus image fusion method. For this method, at least two images captured at different focuses are combined. Various algorithms have been developed for multi-focus image fusion methods. For multi-focus image fusion, pixel-level block-based methods are commonly used. The block size is a factor that significantly affects the fusion performance. As a result, the block size parameter must be improved. The Jellyfish search optimization algorithm (JSA) is used to propose a block-based multi-focus image fusion approach based on the optimal selection of clearer image blocks from source images. The results of DWTPCA, DCHWT, APCA, PCA, SWTDWT and SWT methods, which are traditional image fusion methods, and ABC (artificial bee colony) and JSA optimization algorithms, which are metaheuristic methods, are compared. In addition, it has been determined that the JSA method has better performance than other traditional methods when compared both visually and quantitatively.

Keywords: Image Fusion, Extending Depth of Field, Jellyfish Search Optimization Algorithm.

Denizanası Arama Optimizasyon Algoritması ile Çok-Odaklı Görüntülerin Birleştirilmesi

Öz

Bir sahnenin görüntüsü çekilirken lens belirli bir mesafede bulunan nesnelere odaklanır ve diğer uzaklıkta bulunan nesnelere ise bulanık olur. Buna sınırlı alan derinliği problemi adı verilir. Çok-odaklı görüntü birleştirme yöntemi bu problemi çözmek için kullanılan bir yöntemdir. Çok-odaklı görüntü birleştirme yöntemi kullanılarak sahnenin tamamının net görüntüsü elde edilir. Bu yöntem için farklı odaklarda çekilmiş en az iki görüntü birleştirilir. Çok-odaklı görüntü birleştirme için klasik görüntü birleştirme yöntemlerine ek olarak çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir. Çok-odaklı görüntü birleştirme için piksel düzeyinde blok tabanlı yöntemler yaygın olarak kullanılır. Kullanılabilecek blok boyutu birleştirme performansını önemli ölçüde etkileyen bir faktördür. Dolayısıyla blok boyutunun optimize edilmesi gerekmektedir. Bu makalede, deniz anası arama (JSA) optimizasyon algoritması kullanılarak kaynak görüntülerden daha net görüntü bloklarının optimal seçimine dayanan, blok tabanlı çok-odaklı görüntü birleştirme yöntemi önerilmiştir. Geleneksel görüntü birleştirme yöntemlerinden olan DWTPCA, DCHWT, APCA, PCA, SWTDWT ve SWT metotları ile metasegisel yöntemlerden olan yapay arı kolonisi (ABC) ve JSA sonuçları kıyaslanmıştır. Ayrıca JSA metodunun hem görsel hem de nicel olarak karşılaştırıldığında diğer yöntemlerden daha iyi performansa sahip olduğunu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü Birleştirme, Sınırlı Alan Derinliği Artırma, Deniz Anası Arama Optimizasyon Algoritması.

* Corresponding Author: Kayseri Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye, ORCID: 0000-0001-9794-4996, citil.fatmaa@gmail.com

1. Introduction

Due to the fact that optical lenses have a limited depth of field, it is difficult to achieve a sharp and fully focused image with all objects in focus. A series of images with different focus settings are combined using image fusion techniques. This is how the limited depth of field problem is solved. The fusion of source images obtained at two or more distinct focuses to form a single completely focused image is known as multifocus image fusion. Image fusion is used to create a fusion image that is higher in quality and contains more information than the original photos. Blur is a factor that significantly reduces information in an image. Multifocus image fusion methods allow us to obtain a fused image with more details than the input images (Goshtasby & Nikolov, 2007). Various fusion methods enhance the restricted depth of field of lenses. Multifocus image creation methods are used in image processing, remote sensing, medical imaging object recognition, computer vision and other applications. There are several different techniques that can be used to carry out multifocus fusion. Multi-focus image fusion methods can be examined in four main groups; hybrid methods, spatial domain and transformation domain methods, and deep learning-based methods which are very popular in recent years (Garg, Gupta, & Kaur, 2014; Irshad, Kamran, Siddiqui, & Hussain, 2009; Meher, Agrawal, Panda, & Abraham, 2019). Spatial domain methods are aggregation methods that deal directly with pixels and operations based on pixel density (Nejati et al., 2017; Nejati, Samavi, & Shirani, 2015). Fusion is performed without any transformation on the density of pixels in the source image, whereas transform field methods use wavelet transform or pyramid decompositions to exploit information at different scales or multiple resolutions thereby transforming the source images, then reconstructing the fused image. Pixel-based, block-based, and region-based methods are the three types of spatial domain approaches. (Zhang et al., 2020). In these methods, the aim is to select pixels, blocks or regions that contain more information. In pixel-based methods, sharpness analysis is performed for each pixel in the image separately and a fusion image is created by selecting the pixels that are understood to be clear. The input images are split into tile-like chunks of defined size in block-based approaches. Each block's activity level is measured using this way. In the literature, many approaches for the spatial and transformation domains have been offered. Aslantas and Toprak presented a pixel-based multi-focus image domain approach based on the basic premise that focussed and unfocused pixels of source images may be recognized by estimating the point spread functions (PSF) of these images. (Veysel Aslantas & Toprak, 2014). The original pixel values of the source images are not maintained in the fused image when using transform domain techniques. Furthermore, the implementation of these approaches is difficult, and algorithm implementation takes time. The pixel-based image fusion approach is straightforward and well-suited to real-time image processing. However, it ignores the relationship between surrounding pixels, and this can cause undesirable side effects such as increased or decreased contrast in the fused image. To

R. Amutha proposed a technique for multi-focus image fusion based on the Discrete Cosine Transform (DCT) (Phamila & Amutha, 2014). The source photos are separated into blocks using

increase the quality of the combined image, many block-based multifocus image fusion approaches have been developed. These approaches work by picking sharper image chunks among the original photos to generate a fused image. However, the fixed block size may not apply to every application. Another undesirable block size is one that is either too little or too huge. To get a combined image incorporating the sharper regions of the source photos, block size optimization is required. Algorithms have proved to handle optimization issues in many sectors of science and engineering in recent years, according to research. Zhang et al. developed the concept of image blocks and evolutionary search algorithms for multifocus image fusion at the pixel level (Bai, Liu, Chen, Wang, & Zhang, 2016). An adaptive genetic search method selects the optimum image using a different mix of image blocks (GA). However, the GA algorithm's processing speed is insufficient. Aslantas and Kurban provide an ideal approach for multifocus image fusion in the spatial domain based on the differential evolution (DE) algorithm in order to optimize the block size in order to maximize the sharpness of the fused image (Veysel Aslantas & Kurban, 2010). Agrawal et al. Offer a pixel-based multifocus image fusion approach based on independent component analysis (ICA) and the bacterial search optimization (BFO) algorithm. (Agrawal, Swain, & Dora, 2013).

The Jellyfish search algorithm, which is one of the innovative metaheuristic algorithms that has come to the fore with numerous advantages, is used to present an efficient and resilient multifocus image fusion approach based on the selection of sharper image blocks from source images. Source images are split up into blocks for the first stage. The block size is then chosen using JSA strategies. In the next step, the spatial image frequency is used to compare the blocks with sharper images with their counterparts in the source images, and the variance metric is used to measure the overall quality of the combined image. In addition, we implemented several new methods for comparison with our proposed work, including ABC, algorithms for optimization of block size alongside traditional fusion methods. The accomplishment of developing an effective and robust approach for multi-focus image fusion with quicker convergence utilizing newly developed JSA to optimize the block size to enhance the sharpness of the fused image is the key contribution of this study. The remainder of the article is organized as follows. A brief introduction to block-based multi-focus image fusion and focus measurements is described in Section 2. Adopting the best ever JSA in multi-focus image fusion is proposed in Section 3. In section 4, experimental results are presented. It is discussed in section 5. The article ends in chapter 6.

2. Methods for Image Fusion and Quality Metrics

2.1. Image Fusion Methods

this manner. Each block's DCT coefficients are determined. For image fusion, the modified block with the highest AC coefficient is chosen. On fused DCT blocks, consistency checking is

conducted. To reconstitute the original fused image, inverted DCT is applied to the fused DCT coefficients. (Cao et al., 2014). The input images are deconstructed using db3 wavelets and a discrete wavelet transform with one or two stages of decomposition in the image fusion approach, which employs the discrete wavelet transform based on the mean of the main components. The input images' detailed and approximate coefficients are subjected to principal component analysis. For multiscale coefficients, principal components are evaluated. The input images' detailed and approximate coefficients are subjected to principal component analysis. For multiscale coefficients, principal components are evaluated. The fusion is calculated across each column (Vijayarajan, Muttan, & Communications, 2015). Wavelets, which are fundamentally linear transformations, are used in the Discrete Wavelet Transform (DWT). The wavelet transform image fusion method examines two DWT coefficients in the input images and picks the one with the highest value. The Stationary wavelet transform (SWT) method involves the following steps: obtaining the focused areas in the source images. The focused image is reconstructed using an inverse stationary wavelet transform. The fusion outcome is influenced by the wavelet basis and coefficient selection techniques. It is resistant to rotation and translation (Wang et al., 2005). DWTPCA and SWTDCT methods are hybrid methods that use the advantages of spatial domain and transformation field methods and combine them in one method.

2.2. Focus Quality Metrics for Image Fusion

The spatial frequency (SF) is an image quality indicator that indicates how active a image is overall (Eskicioglu & Fisher, 1995). The spatial frequency is defined as:

$$SF = \sqrt{RF^2 + CF^2} \quad (1)$$

where RF is the row frequency and CF is the column frequency (Eskicioglu & Fisher, 1995; Shutao Li, Kwok, & Wang, 2001).

$Q_p^{AB/F}$ is used to evaluate the performance of fusion systems at the pixel level and has three components. The first is a traditional multi-resolution fusion system that employs a subband pixel selection approach for pyramid fusion. The second is the Quad Mirror Filter decomposition approach using a cross-band selection technique for pyramid fusion, and the third is a background/foreground-based computationally efficient system separation and fusion process. (Xydeas & Petrovic, 2000).

SCD (Sum of Correlations of Differences) is a statistic for image fusion image quality. It's based on the relationship between the source images and the difference images calculated using the merged image. Rather than measuring merged image quality directly using correlations between source and merged images, the suggested metric determines quality by taking into account the source images and their impact on the combined image. (V Aslantas, Bendes, & communications, 2015).

The QY metric was defined by Yang (Shanshan Li, Hong, & Wu, 2008) which works on structure similarity for converged image quality assessment.

3. JellyFish Search Algorithm (JSA)

The artificial Jellyfish Search (JSA) algorithm is a metaheuristic algorithm. This algorithm was developed by being inspired by Jellyfish's movements in water. After the ocean

current, jellyfish foraging behavior includes mobility (both passive and active) within a swarm, a transitory control mechanism for switching between different motions, and convergence with jellyfish blooms. Jellyfish can be found at various temperatures and depths. They are bell-shaped, some less than one centimeter in diameter and others several centimeters [21]. They are available in a variety of sizes, colors, and forms. Many animals have adapted to the maritime environment in unique ways. Some jellyfish use their tentacles to move food into their mouths. Others take what the current gives them. Other jellyfish actively chase their food and use their tentacles to immobilize them (Bastian et al., 2014; Dorigo, Birattari, & Stutzle, 2006). The characteristics of jellyfish allow them to control their motions. Their undersides are closed like an umbrella, allowing water to escape and propelling them forward. Despite having such an ability, they mostly drift in water due to the tides and currents (Fossette, Putman, Lohmann, Marsh, & Hays, 2012). In favorable conditions, jellyfish can form swarms. Jellyfish flower is a very large jellyfish mass. Jellyfish are slow swimmers. Therefore, adjusting them to the current is very important to protect the flowers and prevent them from getting stuck. Factors affecting herd formation are ocean currents, available nutrients, temperature and oxygen availability. The most critical of these elements is ocean currents, as they can create swarms of jellyfish (Brotz, Cheung, Kleisner, Pakhomov, & Pauly, 2012; Dong, Liu, & Keesing, 2010; Fossette et al., 2015). The capacity to spawn practically anywhere in the water is due to each jellyfish's individual motions within the swarm and its ability to follow the ocean current to form jellyfish blooms. The amount of food varies where jellyfish go; thus, the best place will be determined when the amount of food is compared.

Three rules govern the JSA optimization algorithm:

1. A "time control system" handles the transition between both forms of movement. Jellyfish follow the ocean current or migrate into the swarm.
2. In pursuit of food, jellyfish travel across the ocean. Where there is a greater abundance of food, they are more attracted.
3. The location and related goal function determine the amount of food found.

3.1. Ocean Current

There are a lot of nutrients in the ocean current. Jellyfish tend to go to large amounts of food. So, they go towards the ocean current. All trends influence the direction of the ocean current, from every jellyfish in the water to the one in the best position right now:

$$\overrightarrow{trend} = \frac{1}{n_{pop}} \sum \overrightarrow{trend}_i = \frac{1}{n_{pop}} \sum (X^* - e_c X_i) = X^* - e_c \frac{\sum X_i}{n_{pop}} = X^* - e_c \mu \quad (2)$$

$$df = e_c \mu \quad (3)$$

\overrightarrow{trend} = determined as;

$$\overrightarrow{trend} = X^* - df \quad (4)$$

The distance $\pm \beta\sigma$ around the jellyfish mean location includes the specific probability of all jellyfish, where σ is the standard deviation of the distribution.

$$df = \beta \times \sigma \times rand^f(0, 1) \quad (5)$$

$$\sigma = rand^a(0, 1) \times \mu \quad (6)$$

From here;

$$df = \beta \times rand^f(0, 1) \times rand^a(0, 1) \times \mu \quad (7)$$

$$df = \beta \times rand(0, 1) \times \mu \quad (8)$$

$$e_c = \beta \times rand(0, 1) \quad (9)$$

$$\overrightarrow{trend} = X^* - \beta \times rand(0, 1) \times \mu \quad (10)$$

The new position of each jellyfish is given as follows:

$$X_i(t + 1) = X_i(t) + rand(0, 1) \times \overrightarrow{trend} \quad (11)$$

$$X_i(t + 1) = X_i(t) + rand(0, 1) \times (X^* - \beta \times rand(0, 1) \times \mu) \quad (12)$$

where n_{pop} is population size of jelly fish. X^* , currently the best-positioned jellyfish in the herd. e_c factor that governs attractiveness and μ is the average position of all jellyfish. df , represents the difference between the best available position of a jellyfish and the average position of all jellyfish.

3.2. Jellyfish Swarm

Jellyfish move in flocks in two ways, active (type B) and passive (type A) (Mariottini & Pane, 2010; Zavodnik, 1987). Most jellyfish demonstrate type A movement while the swarm is first formed. They display greater and more type B motions with time. Type A motion describes the movement of jellyfish around their present place and is determined by each jellyfish's current position.

$$X_i(t + 1) = X_i(t) + \gamma \times rand(0, 1) \times (U_b - L_b) \quad (13)$$

where, respectively, U_b and L_b , represent the upper bound and lower bound of the search spaces; $\gamma > 0$ is a coefficient of motion related to the length of motion around the jellyfish's positions.

A different jellyfish (j) from the one of interest is randomly selected to mimic B-type motion. The direction of motion is determined by using a vector that runs from the jellyfish (i) of interest to the chosen jellyfish (j). The jellyfish move towards the first when the amount of food in position (j) of the selected jellyfish exceeds the amount in position (i) of the jellyfish of interest. If the amount of food available to the chosen jellyfish (j) is less than that available to the matching jellyfish (i) it will migrate away from it immediately. Thus, each jellyfish moves in the better direction to find the food in the flock.

$$\overrightarrow{step} = X_i(t + 1) - X_i(t) \quad (14)$$

$$\overrightarrow{step} = rand(0, 1) \times \overrightarrow{Direction} \quad (15)$$

$$\overrightarrow{Direction} = \left\{ \begin{array}{l} X_j(t) - X_i(t), f(X_i) \geq f(X_j) \\ X_j(t) - X_i(t), f(X_i) < f(X_j) \end{array} \right\} \quad (16)$$

$$X_i(t + 1) = X_i(t) + \overrightarrow{step} \quad (17)$$

3.3. Time Control Mechanism

Jellyfish are drawn to the ocean current because of the abundance of nutrient-rich food it carries (Dorigo, M., Birattari, M., & Stutzle, T., 2006). Swarms occur as more jellyfish congregate over time. Wind or temperature changes the ocean current so that the jellyfish in the swarm move towards another ocean current and form a new swarm. In a jellyfish swarm, the jellyfish travel through two types of motions: type A (passive movements) and type B (active movements). Initially, type A is favoured; nevertheless, as time passes, type B is preferred. To imitate this condition, a time control method is used. The time control mechanism that governs the movement between jellyfish moving in the swarm and following the ocean current includes the $c(t)$ function and the C_o constant. The random value of the time control function varies over time from 0 to 1.

$$c(t) = \left| \left(1 - \frac{1}{Max_{iter}} \right) \times (2 \times rand(0, 1) - 1) \right| \quad (18)$$

The time control function is defined by the equation. The jellyfish follows the ocean current when its value surpasses C_o . They move in the swarm when its value is less than C_o . An exact value of C_o is unknown and the time control changes randomly from zero to one. t is the time defined as the number of iterations, and The maximum number of repetitions with a parameter initialized is known as "max iterations". The two main stages of a meta-heuristic algorithm are discovery and exploitation. (Xu & Zhang, 2014). Exploration is movement towards an ocean current. Exploitation is the movement of the jellyfish within the swarm. The time control mechanism switches between them. The likelihood of discovery initially outweighs the possibility of utilizing it to locate regions with ideal placements; but, over time, the probability of exploitation outweighs the probability of exploration, and the jellyfish finds the best location within the allocated zones.

4. Experimental Results

In this study, a new method with better performance than the studies in the literature, is proposed by comparing different methods for multi-focus image fusion. DWTPCA, DCHWT, APCA, PCA, SWTDWT and SWT methods are evaluated using quality metrics such as Qp_ABF, QSCD, Qy, QSF and Qstd on two multi-focus image pairs taken from Lytro dataset and another two multi-focus image pairs taken with Nikon D3500 digital camera. Experiments are carried out on a laptop computer with 2.8 GHz Intel Core processor and 16GB RAM with Matlab programming language. The schematic diagram of the proposed JSA based image fusion method is given in Figure 1.

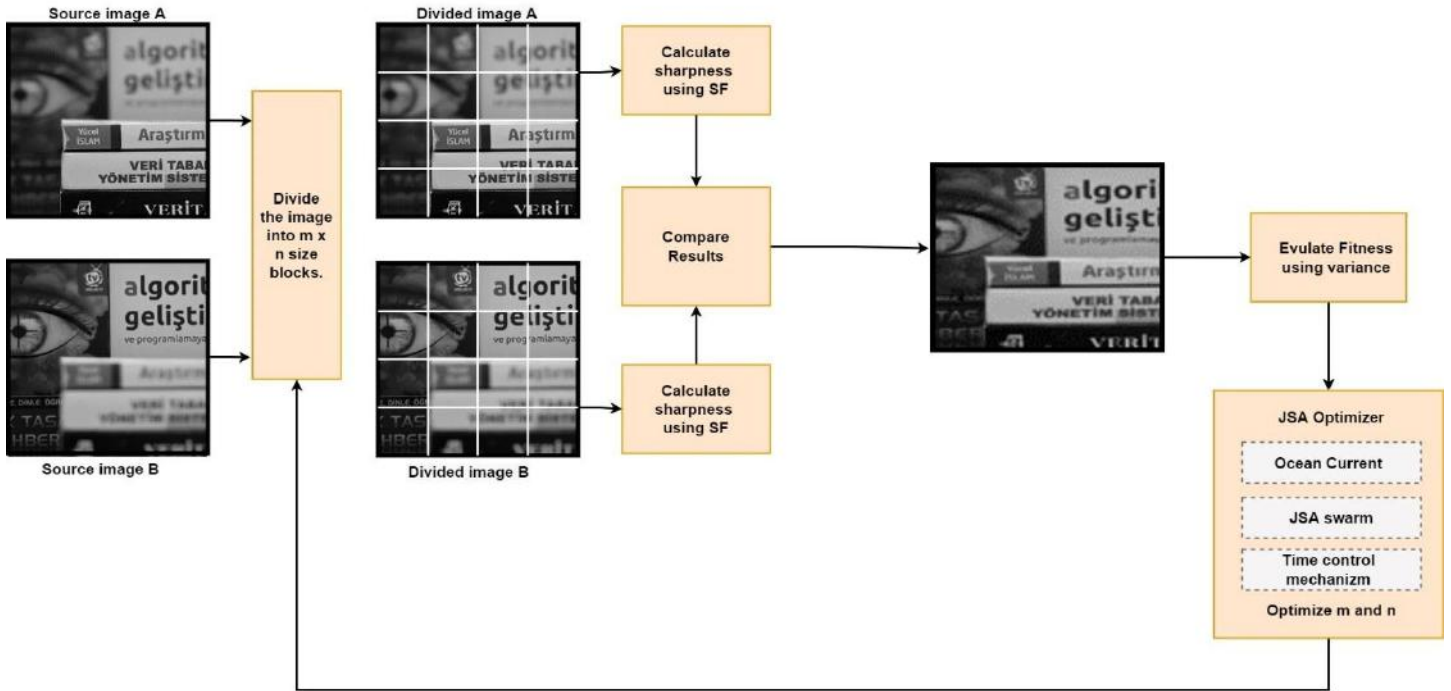


Figure 1. The schematic diagram of the JSA based image fusion method

4.1. Numerical Results

In Figure 2, four different source images are given. Figure 2 (a), (b), (c) and (d) are taken with the Nikon D3500 digital camera. Figure 2 (g), (h), (e) and (f) are obtained from the Lytro dataset (Liu, Wang, Cheng, Li, & Chen, 2020). In the analysis of the

results, the best method on the basis of each metric is shown in red, the second-best method in blue, and the third-best method in green.

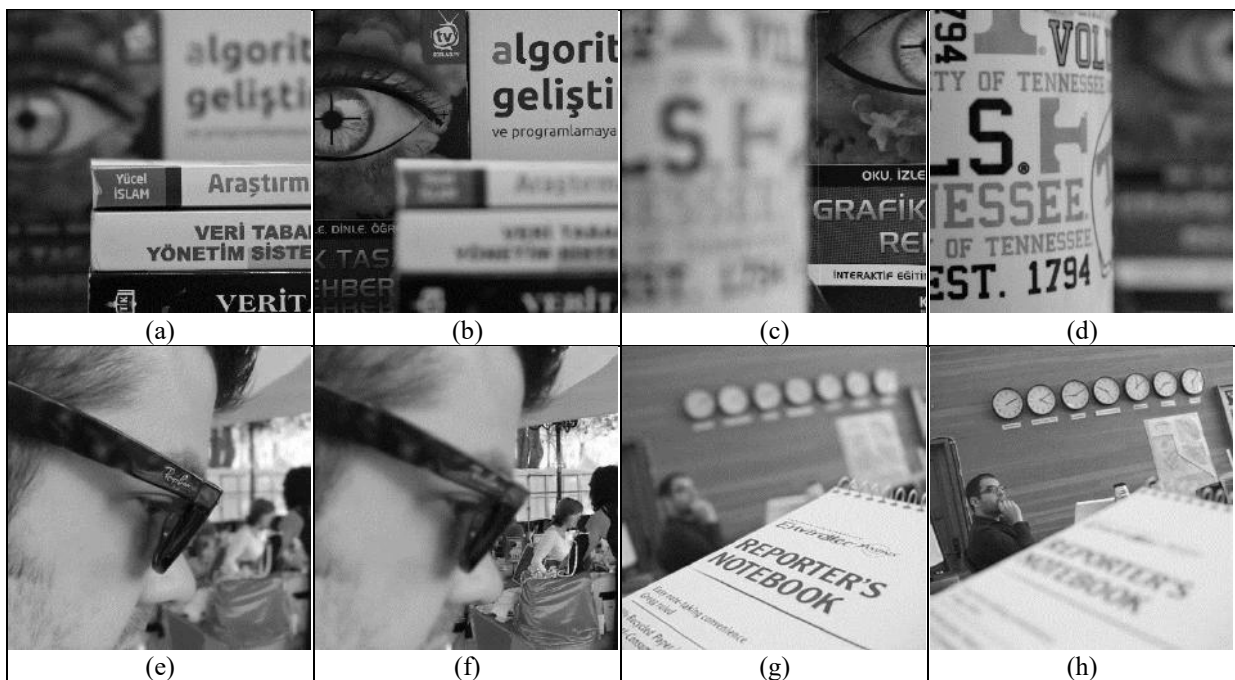


Figure 2: Source images used in the study

Table 1: Numerical results of the quality metrics of compared fusion methods by using source images (a) and (b) in Figure 2.

| Fused image 1 | Qp_ABF | QSCD | Qy | QSF | Qstd | CPU Time |
|---------------|--------|--------|--------|---------|---------|----------|
| DWTPCA | 0,5412 | 0,4693 | 0,9153 | 16,9985 | 60,3942 | 0,0373 |
| DCHWT | 0,6785 | 0,6621 | 0,9629 | 28,2454 | 64,0712 | 0,6145 |
| APCA | 0,5537 | 0,4734 | 0,9105 | 16,7488 | 60,3407 | 0,0872 |
| PCA | 0,5465 | 0,4673 | 0,9061 | 16,6308 | 60,2780 | 0,0037 |
| SWTDCT | 0,4812 | 0,4011 | 0,8768 | 28,6786 | 62,5037 | 1,0134 |
| SWT | 0,6345 | 0,5469 | 0,9387 | 24,0612 | 61,4136 | 0,0574 |
| ABC | 0,7412 | 0,7086 | 0,9817 | 29,9223 | 65,6519 | 2,3084 |
| JSA | 0,7414 | 0,7087 | 0,9817 | 29,9257 | 65,6532 | 1,2568 |

Quantitative fusion results of Figure 2 (a) and (b) source images using DWTPCA, DCHWT, APCA, PCA, SWTDWT and SWT, ABC and JSA methods are given in Table 1. According to Table 1, JSA is better than other methods in terms of all quality metrics. The second-best result is the ABC method for all metrics, and the third best result is DCHWT in terms of Qp_ABF, QSCD

and Qstd metrics. When the CPU time consumption of the methods are compared, PCA method gets the fastest results from the traditional methods, the DWTPCA method is the second and the SWT method is the third. In addition, it is seen that the JSA method, which is one of the metaheuristic methods, can converge to the optimal solution faster than the ABC method.

Table 2: Numerical results of the quality metrics of compared fusion methods by using source images (c) and (d) in Figure 2.

| Fused image 2 | Qp_ABF | QSCD | Qy | QSF | Qstd | CPU Time |
|---------------|--------|--------|--------|---------|---------|----------|
| DWTPCA | 0,4132 | 0,5950 | 0,9484 | 16,5128 | 54,8139 | 0,0087 |
| DCHWT | 0,7082 | 0,8622 | 0,9708 | 24,4752 | 58,8326 | 0,6058 |
| APCA | 0,4823 | 0,6154 | 0,9038 | 14,9379 | 53,3984 | 0,0696 |
| PCA | 0,4636 | 0,6019 | 0,8711 | 13,4026 | 52,9873 | 0,0030 |
| SWTDCT | 0,3760 | 0,3511 | 0,7897 | 24,4114 | 53,9247 | 0,8698 |
| SWT | 0,5724 | 0,6522 | 0,9038 | 19,6422 | 53,8438 | 0,0398 |
| ABC | 0,7170 | 0,8764 | 0,9815 | 24,7407 | 60,4575 | 2,2242 |
| JS | 0,7188 | 0,8786 | 0,9816 | 24,7687 | 60,4612 | 1,4493 |

Numerical fusion results of Figure 2 (c) and (d) source image are given in Table 2. As seen from Table 2, it has been experimentally analyzed that JSA is the best in terms of all quality metrics. In addition, it is analyzed that the second best method is the ABC method and the third method is the DCHWT method in

terms of all metrics. In comparison of the CPU time consumptions of methods to accomplish the image fusion, it is seen in Table 2 that the fastest is PCA method, the second fastest method is DWTPCA method, and the third fastest method is the SWT method.

Table 3: Numerical results of the quality metrics of compared fusion methods by using source images (e) and (f) in Figure 2.

| Fused image 3 | Qp_ABF | QSCD | Qy | QSF | Qstd | CPU Time |
|---------------|--------|--------|--------|---------|---------|----------|
| DWTPCA | 0,7062 | 0,2144 | 0,9711 | 16,9740 | 58,0915 | 0,0054 |
| DCHWT | 0,7245 | 0,3255 | 0,9681 | 19,6180 | 58,5238 | 0,5989 |
| APCA | 0,7219 | 0,2126 | 0,9599 | 13,8119 | 57,6983 | 0,0712 |
| PCA | 0,7217 | 0,2151 | 0,9597 | 13,8137 | 57,7072 | 0,0016 |
| SWTDCT | 0,6299 | 0,1747 | 0,9468 | 19,4881 | 58,1494 | 0,8711 |
| SWT | 0,7370 | 0,2881 | 0,9685 | 18,7292 | 58,2420 | 0,0254 |
| ABC | 0,7496 | 0,3920 | 0,9675 | 20,8022 | 59,0853 | 2,6699 |
| JS | 0,7495 | 0,3923 | 0,9674 | 20,8127 | 59,0880 | 3,3527 |

In Table 3, fusion results of Figure 2 (d) and (e) source images by using DWTPCA, DCHWT, APCA, PCA, SWTDWT and SWT, ABC and JSA methods are analyzed with various quality metrics. As can be seen from Table 3, JSA is the best method in terms of QSCD, QSF, Qstd quality metrics, ABC method is best for Qp_ABF quality metric and DWTPCA method is best in Qy metric. It is shown that the second best performing method is ABC in terms of QSCD, Qy, QSF and Qstd metrics and JSA according to Qp_ABF metric with. The third best performing method is the SWT method according to Qp_ABF metric, the DCHWT method in terms of QSCD, QSF and Qstd metrics and the JSA method according to Qy metric. As can be seen in Table 4; the numerical fusion results of Figure 2 (g) and (h) source images shows that the JSA method is the best among all methods in terms of Qp_ABF, QSCD and Qstd quality metrics and the second best in terms of Qy and QSF metrics. Table 4 shows that ABC performs best in

terms of Qy and QSFmetrics, and the second best in terms of Qp_ABF, QSCD and Qstd. It is understood that the method with the third best performance is the DCHWT method in all metrics.

4.2. Visual Results

Quantitative evaluations alone are not sufficient in the comparison of multi-focus image methods, and the necessity of subjective evaluation on visual results in addition to quantitative evaluation emerges. In this section, the visual results obtained in the experiments are given in Figure 3-6. Figure 3 shows the visual fusion results of source images Figure 2 (a) and (b), Figure 4 shows the visual fusion results of source images Figure 2 (c) and (d), Figure 5 shows the visual fusion results of source images Figure 2 (e) and (f) and Figure 6 shows the visual fusion results of source images Figure 2 (g) and (h).

Table 4: Numerical results of the quality metrics of compared fusion methods by using source images (g) and (h) in Figure 2.

| Fused image 4 | Qp_ABF | QSCD | Qy | QSF | Qstd | CPU Time |
|---------------|--------|--------|--------|---------|---------|----------|
| DWTPCA | 0,6093 | 0,3622 | 0,9382 | 16,3340 | 56,5882 | 0,0053 |
| DCHWT | 0,7016 | 0,5320 | 0,9644 | 24,8752 | 58,7827 | 0,5886 |
| APCA | 0,5894 | 0,3647 | 0,9301 | 15,0507 | 56,6104 | 0,0714 |
| PCA | 0,5885 | 0,3631 | 0,9301 | 15,0290 | 56,6035 | 0,0012 |
| SWTDCT | 0,4761 | 0,3125 | 0,9025 | 24,2544 | 57,8108 | 0,8777 |
| SWT | 0,6743 | 0,4519 | 0,9550 | 21,8141 | 57,4821 | 0,0289 |
| ABC | 0,7437 | 0,5783 | 0,9737 | 26,3156 | 59,7224 | 3,2552 |
| JSA | 0,7438 | 0,5793 | 0,9736 | 26,3153 | 59,7259 | 4,1596 |

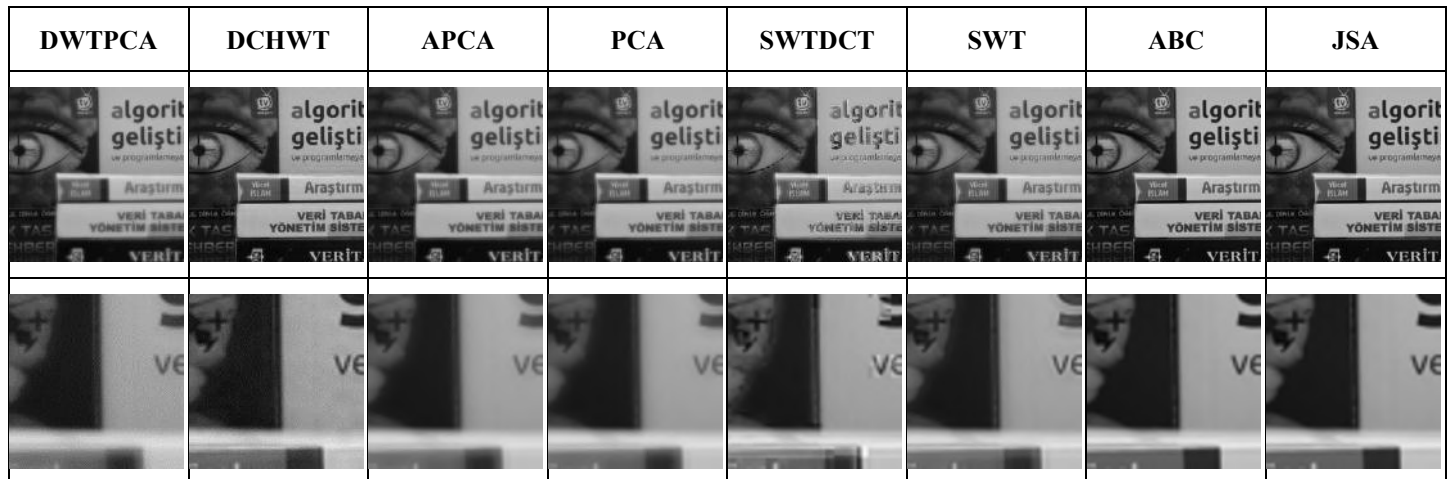


Figure 3: Visual fusion result of Figure 2 (a) and (b) and magnifications of a particular region in the resulting images.

As shown in Figure 5 and Figure 6, it is seen that the fused images obtained by using JSA and ABC methods have a

minimum level of blurriness, however there are errors in the transition regions in the images obtained of other methods.

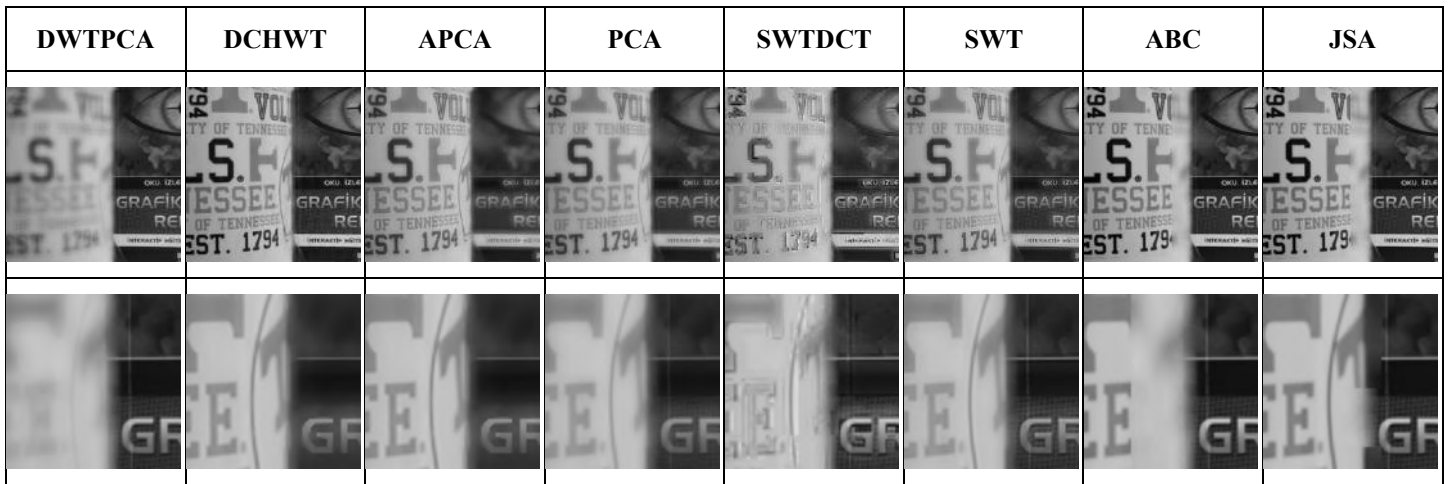


Figure 4: Visual fusion result of Figure 2 (c) and (d) and magnifications of a particular region in the resulting images

When the fused images in Figure 3 and Figure 4 are examined, it is seen that the fusion images obtained by the JSA method in a near-perfect manner in terms of sharpness. On the other hand, while ABC and DCHWT methods exhibited

successful merging performance, it is noteworthy that there is blur in the combined images obtained from SWTDCT, DWTPCA and SWT methods.

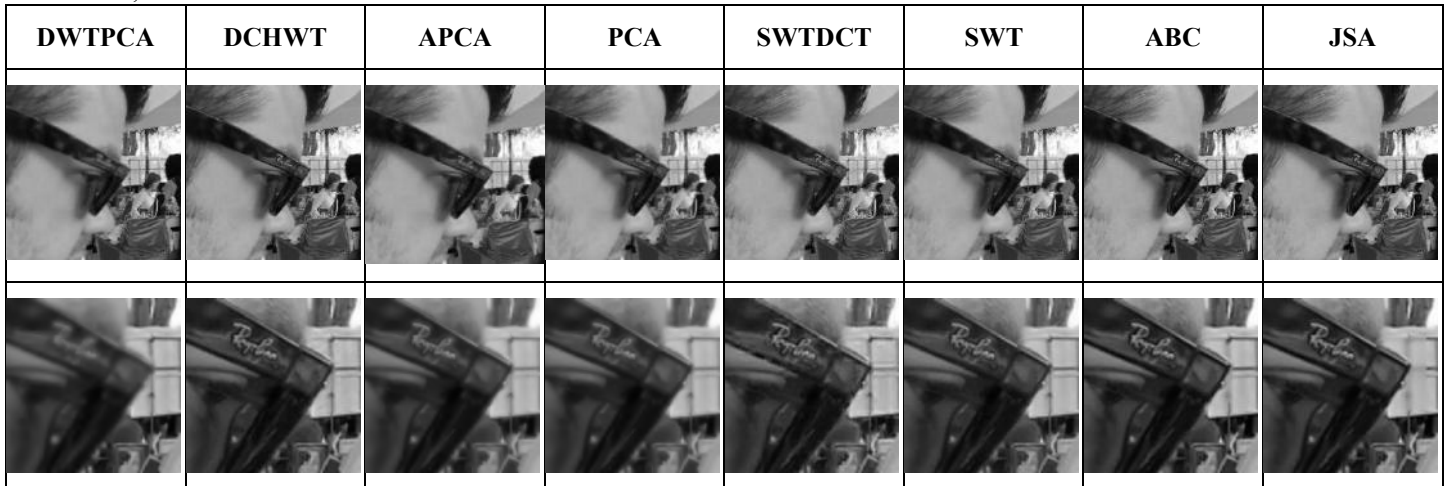


Figure 5: Visual fusion result of Figure 2 (e) and (f) and magnifications of a particular region in the resulting images

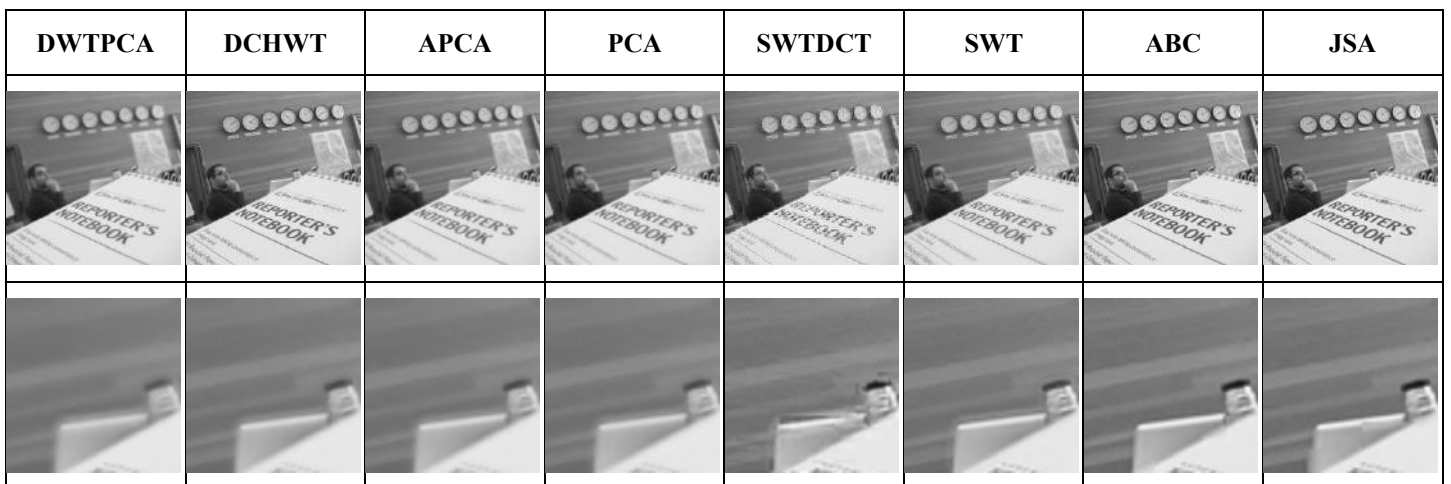


Figure 6: Visual fusion result of Figure 2 (g) and (h) and magnifications of a particular region in the resulting images

5. Conclusions

In this study, an efficient and robust multifocus image fusion method is presented by selecting image blocks that are sharper than source images with JSA. A comparison is realized between the proposed method and the ABC algorithm, which is one of the metaheuristic methods, as well as DWTPCA, DCHWT, APCA, PCA, SWTDWT and SWT methods. Performance comparison of the methods are conducted using objective quality metrics such as Qp_ABF, QSCD, Qy, QSF and Qstd. From the experimental results, it is understood that the JSA method outperforms other methods visually and quantitatively. Also, the JSA method can converge to the optimal solution faster than the ABC method.

6. Acknowledgements

This research is financially supported by Kayseri University Scientific Research Projects Unit under the grant number FYL-2022-1051.

References

- Agrawal, S., Swain, S., & Dora, L. (2013, April). BFO-ICA based multi focus image fusion. In 2013 IEEE Symposium on Swarm Intelligence (SIS) (pp. 194-199). IEEE.
- Aslantas, V., & Bendes, E. (2015). A new image quality metric for image fusion: The sum of the correlations of differences. *AEU-International Journal Of Electronics And Communications*, 69(12), 1890-1896.
- Aslantas, V., & Kurban, R. (2010). Fusion of multi-focus images using differential evolution algorithm. *Expert Systems with Applications*, 37(12), 8861-8870.
- Aslantas, V., & Toprak, A. N. (2014). A pixel based multi-focus image fusion method. *Optics Communications*, 332, 350-358.
- Bai, X., Liu, M., Chen, Z., Wang, P., & Zhang, Y. (2016). Multi-focus image fusion through gradient-based decision map construction and mathematical morphology. *IEEE Access*, 4, 4749-4760.
- Bastian, T., Lilley, M. K., Beggs, S. E., Hays, G. C., & Doyle, T. K. (2014). Ecosystem relevance of variable jellyfish biomass in the Irish Sea between years, regions and water types. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 149, 302-312.
- Brotz, L., Cheung, W. W., Kleisner, K., Pakhomov, E., & Pauly, D. (2012). Increasing jellyfish populations: trends in large marine ecosystems. In *Jellyfish blooms IV* (pp. 3-20). Springer, Dordrecht.
- Cao, L., Jin, L., Tao, H., Li, G., Zhuang, Z., & Zhang, Y. (2014). Multi-focus image fusion based on spatial frequency in discrete cosine transform domain. *IEEE Signal Processing Letters*, 22(2), 220-224.
- Dong, Z., Liu, D., & Keesing, J. K. (2010). Jellyfish blooms in China: dominant species, causes and consequences. *Marine Pollution Bulletin*, 60(7), 954-963.
- Dorigo, M., Birattari, M., & Stutzle, T. (2006). Ant colony optimization. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 1(4), 28-39.
- Eskicioglu, A. M., & Fisher, P. S. (1995). Image quality measures and their performance. *IEEE Transactions on Communications*, 43(12), 2959-2965.
- Fossette, S., Gleiss, A. C., Chalumeau, J., Bastian, T., Armstrong, C. D., Vandenabeele, S., & Hays, G. C. (2015). Current-oriented swimming by jellyfish and its role in bloom maintenance. *Current Biology*, 25(3), 342-347.
- Fossette, S., Putman, N. F., Lohmann, K. J., Marsh, R., & Hays, G. C. (2012). A biologist's guide to assessing ocean currents: a review. *Marine Ecology Progress Series*, 457, 285-301.
- Garg, R., Gupta, P., & Kaur, H. (2014, March). Survey on multi-focus image fusion algorithms. In *2014 Recent Advances in Engineering and Computational Sciences (RAECS)* (pp. 1-5). IEEE.
- Ardeshtir Goshtasby, A., & Nikolov, S. (2007). Guest editorial: Image fusion: Advances in the State of the Art. *Information Fusion*, 8(2), 114-118.
- Irshad, H., Kamran, M., Siddiqui, A. B., & Hussain, A. (2009, December). Image fusion using computational intelligence: A survey. In *2009 Second International Conference on Environmental and Computer Science* (pp. 128-132). IEEE.
- Li, S., Hong, R., & Wu, X. (2008, July). A novel similarity based quality metric for image fusion. In *2008 International Conference on Audio, Language and Image Processing* (pp. 167-172). IEEE.
- Li, S., Kwok, J. T., & Wang, Y. (2001). Combination of images with diverse focuses using the spatial frequency. *Information Fusion*, 2(3), 169-176.
- Liu, Y., Wang, L., Cheng, J., Li, C., & Chen, X. (2020). Multi-focus image fusion: A survey of the state of the art. *Information Fusion*, 64, 71-91.
- Mariottini, G. L., & Pane, L. (2010). Mediterranean jellyfish venoms: A Review On Scyphomedusae. *Marine Drugs*, 8(4), 1122-1152.
- Meher, B., Agrawal, S., Panda, R., & Abraham, A. (2019). A survey on region based image fusion methods. *Information Fusion*, 48, 119-132.
- Nejati, M., Samavi, S., Karimi, N., Soroushmehr, S. R., Shirani, S., Roosta, I., & Najarian, K. (2017). Surface area-based focus criterion for multi-focus image fusion. *Information Fusion*, 36, 284-295.
- Nejati, M., Samavi, S., & Shirani, S. (2015). Multi-focus image fusion using dictionary-based sparse representation. *Information Fusion*, 25, 72-84.
- Phamila, Y. A. V., & Amutha, R. (2014). Discrete Cosine Transform based fusion of multi-focus images for visual sensor networks. *Signal Processing*, 95, 161-170.
- Vijayarajan, R., & Muttan, S. (2015). Discrete wavelet transform based principal component averaging fusion for medical images. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 69(6), 896-902.
- Wang, Z., Ziou, D., Armenakis, C., Li, D., & Li, Q. (2005). A comparative analysis of image fusion methods. *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, 43(6), 1391-1402.
- Xu, J., & Zhang, J. (2014, July). Exploration-exploitation tradeoffs in metaheuristics: Survey and analysis. In *Proceedings of the 33rd Chinese control conference* (pp. 8633-8638). IEEE.
- Xydeas, C. S., & Petrovic, V. (2000). Objective image fusion performance measure. *Electronics Letters*, 36(4), 308-309.
- Zavodnik, D. (1987). Spatial aggregations of the swarming jellyfish *Pelagia noctiluca* (Scyphozoa). *Marine Biology*, 94(2), 265-269.
- Zhang, Y., Liu, Y., Sun, P., Yan, H., Zhao, X., & Zhang, L. (2020). IFCNN: A general image fusion framework based on convolutional neural network. *Information Fusion*, 54, 99-118.



Low-Cost MATLAB-Simulink Compatible Data Acquisition Card Hardware and Software Design for Control and Test Applications

Furkan Perçin^{1*}, Savaş Şahin², Alkım Gökçen³

¹ İzmir Katip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical Electronics Engineering, İzmir, Turkey (ORCID: 0000-0003-4624-1443), percinfurkan1999@gmail.com

² İzmir Katip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical Electronics Engineering, İzmir, Turkey (ORCID: 0000-0003-2065-6907), sahin.savas@yahoo.com

³ Baylan Ölçü Aletleri Sanayi ve Ticaret LTD. ŞTİ. Department of Research and Development, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8131-388X), a.gokcen@baylanwatemeters.com

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies – 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1135168)

ATIF/REFERENCE: Perçin F., Şahin S. & Gökçen A., (2022). Low-Cost MATLAB-Simulink Compatible Data Acquisition Card Hardware and Software Design for Control and Test Applications. *European Journal of Science and Technology*, (37), 156-160.

Abstract

This paper presents a general-purpose data acquisition system is designed for control and test applications. In this data acquisition system, the connections of the input-output ports and peripherals are performed by employing the STM32L4 microcontroller with ARM-Cortex M4 architecture. The microcontroller communicates with the MATLAB-Simulink, transmits given commands to peripheral units, and receives data from the environment. The system has four digital input-output, two analog inputs, two analog outputs, four pulse width modulation outputs, an L298 driver, and encoder inputs. The connections of the peripherals with the microcontroller are transferred to the printed circuit board in the Altium Designer program to perform real-world applications and test. Universal Serial Bus (USB) is used to maintain communication between Simulink library and controller. This communication process provides not only the control of input-output, sensors and driver ports but also opportunity of transfer the process of sampled data. The library created in the MATLAB-Simulink environment interprets and observes the system's data and controls the peripherals. This library contains blocks to control the overall system and each input-output. Proposed system is intended to be low-cost, accurate, reliable, high resolution, and compatible with various environments that may communicate over the USB port.

Keywords: DAQ, Data Acquisition, STM32, MATLAB-Simulink, USB

Kontrol ve Test Uygulamaları için Düşük Maliyetli MATLAB-Simulink Uyumlu Veri Toplama Kartı Donanımı ve Yazılımı Tasarımı

Öz

Bu makale, kontrol ve test uygulamaları için tasarlanmış genel amaçlı bir veri toplama sistemi sunmaktadır. Bu veri toplama sisteminde giriş-çıkış portları ve çevre birimlerinin bağlantıları ARM-Cortex M4 mimarisine sahip STM32L4 mikroişlemci kullanılarak yapılmaktadır. Mikrodenetleyici, MATLAB-Simulink ile haberleşir, verilen komutları çevre birimlerine iletir ve ortamdan veri alır. Sistemde dört dijital giriş-çıkış, iki analog giriş, iki analog çıkış, dört darbe genişlik modülasyonu çıkışı, bir L298 sürücüsü ve enkoder girişleri bulunur. Çevre birimlerinin mikroişlemci ile bağlantıları, gerçek dünya uygulamalarını gerçekleştirmek ve test etmek için Altium Designer programında baskılı devre kartına aktarılır. Evrensel Seri Veri Yolu (USB), Simulink kütüphanesi ve işlemci arasındaki iletişimi sürdürmek için kullanılır. Bu iletişim süreci, yalnızca giriş-çıkışlar, sensörler ve sürücü portlarının kontrolünü sağlamakla kalmaz, aynı zamanda örneklenen verilerin sürecini aktarma olanağı da sağlar. MATLAB-Simulink ortamında oluşturulan kütüphane,

* Corresponding Author: percinfurkan1999@gmail.com

sistem verilerini yorumlar, gözlemler ve çevre birimlerini kontrol eder. Bu kitaplık, tüm sistemi ve her bir girdi-çıkıyı kontrol etmek için bloklar içerir. Önerilen sistemin düşük maliyetli, doğru, güvenilir, yüksek çözünürlüklü ve USB bağlantı noktası üzerinden iletişim kurabilen çeşitli ortamlarla uyumlu olması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: DAQ, Veri Toplama, STM32, MATLAB-Simulink, USB

1. Introduction

Data acquisition (DAQ) is the process of sensing and measuring the physical or electrical phenomenon and converting the data into a digital form to accomplish meaningful information by computer programs. In general, a DAQ system is a combination of software, hardware, and a computer program to process acquired data. (Hercog & Gergiç, 2014). This system helps to obtain specific information about the environmental parameters (variables) from the acquired data by capturing, measuring, and analyzing the characteristics of the data (Rezk, Tyukhov, Al-Dhaifallah, & Tikhonov, 2017). This specific information must be obtained accurately, with high resolution and precision (Dipova & Mathematics, 2017). Therefore, DAQ systems are evaluated within the scope of peripherals, sampling of signals from sensors, controlling actuators, sampling rate, communication type, resolution, functionality, and cost (Robson & Bousselham, 2006).

DAQ systems have many usage areas such as industry, academic usage, environmental monitoring, power plants, and healthcare (Abdallah & Elkeelany, 2009). Computer-based data acquisition systems used in mentioned fields have traditionally required the installation of complex and expensive hardware (Ocaya, 2005). These computer-based DAQ systems have the other disadvantages of cumbersomeness, high power consumption, and require design redundancy. In real-time systems, powerful and flexible software should be used to data acquisition, measure, and manipulation of data appropriately (Gani & Salami, 2002). MATLAB-Simulink is a graphical programming language that provides an environment suitable for doing compatible work with the DAQ system as an application area. Khan et al. employed an FPGA (Field Programmable Gate Array) based DAQ card with a PCI Express (Peripheral Component Interconnect Express) communication protocol. PCI Express card has an eight 10-bit ADC and DAC, one digital IO and four PWM outputs (Khan, Hafeez, Mirza, & Ain, 2011). Ocaya performed a PIC16f877 microcontroller-based DAQ system that serially communicates with the computer by RS232 standard (Ocaya, 2005). Kanani and Thakker designed a low-cost DAQ system based on an Arduino-Uno board. LabVIEW GUI environment was used to control and monitor the proposed system. The VISA tool in LabVIEW communicates with the system connected to the computer via USB. The created system has been tested over a scenario (Kanani & Thakker, 2015). Hence, there is a need to provide a low-cost, compact size, low power consumption, and high-resolution device with a software library suitable for control and testing operations.

The proposed system's software and hardware design procedures, a 32-bit ARM microcontroller-based MATLAB-Simulink compatible DAQ card, were performed. The microcontroller at the system's center realizes data acquisition, functional filtering, and communication tasks. The microcontroller's communication rate with the computer takes place at 9600 bps. The data acquired by the microcontroller is transferred to the computer with the Universal Serial Bus (USB) serial communication method. A Simulink library is created in

order to be able to operate on data taken from sensors and to control actuators. The configurations of software and hardware of the proposed system are presented, and the performance of the proposed system is tested.

The paper is organized as follows: In Section 2, the hardware and software design of the overall DAQ system is presented. Section 3 shows the results, and Section 4 gives the conclusions and recommendations of the work.

2. Material and Method

This section introduces the peripherals of DAQ systems as follows: Digital inputs, encoder inputs, and Analog-Digital Converter (ADC) for reading the environmental parameters; Digital outputs, Pulse Width Modulation (PWM) outputs, Digital-Analog Converter (DAC), and L298 driver to adjust signals for actuators. Also a library, which is created in the MATLAB-Simulink environment, provides the interpretation and processing of the data. The flowchart of the proposed system for control and test applications is in given Figure 1.

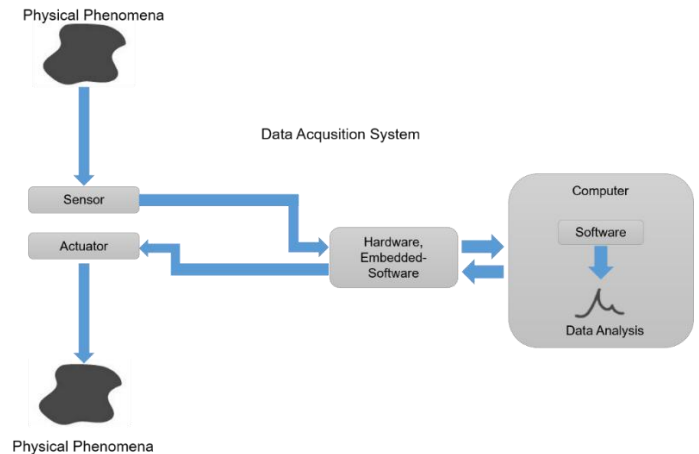


Figure 1. Data acquisition system flowchart

2.1. Design of Data Acquisition Card

The STM32 platform with 32-bit ARM technology, dominantly used in embedded systems, is used as a microcontroller. The reason is that it is high-precision, high-frequency, high-reliability, comprehensive architecture, and portable (Zhang & Kang, 2013). STM32L476 (Figure 2) is used as the microcontroller in the proposed system. STM32L476 has 128 kB Flash and up to 80 MHz frequency with ARM Cortex M4 core. The microcontroller is responsible for acquiring data, transmitting given commands to peripheral units, and communication. The USB serial interface provides communication between the microcontroller and MATLAB-Simulink.



Figure 2. STM32L476 with ARM-Cortex M4

Various inputs-outputs (IOs) are needed for the microcontroller to connect with the outside world. While the inputs provide the signal or data to be evaluated by the system, the outputs control the signal or data sent from the system to another system or circuit component (Braudaway & measurement, 2006). There are four digital inputs to check the status of the peripheral connected to the DAQ card. When the microcontroller's digital input is active, it creates an interrupt request and transmits the necessary information to MATLAB-Simulink. Two-channel ADC has been added to provide data reception from peripheral units producing analog output. The ADC will take the analog signals obtained from the peripherals producing analog output and convert those signals into a digital signal that the computer can use, and will make the data to be used in operations easy to be processed with high resolution and precise results. The proposed system has a 12-bit resolution ADC with a 4096 step. Encoder inputs have been added to determine the rotating actuators' speed and direction. The encoder has two out-of-phase output channels, channel A and channel B. The phase relationship between the channels is considered to determine the direction of motion. Thus, the direction of motion is detected, whether clockwise or counterclockwise. For the rotation speed, revolution per minute (RPM) is found by counting the pulse produced by the encoder at each rising or falling edge. Adding all input configurations to the system will ensure that the requirements are met in the best possible way.

The DAC generates an analog voltage in response to the numerical values set by the controller. Two DAC channels have been added to the card to control peripheral units that need to be controlled analogously. Resolutions of channels are configured as 8-bit. DAC can be used in dual mode when synchronous update operations are required. In order to control the peripherals that need to be controlled digitally, four-channel digital outputs are created in the system. PWM is used to control analog peripherals by generating an analog signal using the system's digital output. The main components of PWM output are duty cycle and frequency. Duty cycle is defined as the percentage of the signal's total time in a high state. Frequency defines how many times PWM repeats per unit time (Kim & Sul, 1995). The card has four PWM outputs. PWM frequency is adjustable between 50Hz to 50kHz, and the duty cycle can be changed from 0 to 100 percent. L298 driver is embedded in the DAQ card for test and control applications. This dual full-bridge driver can support up to 24 volts as input voltage and 46 volts at the output.

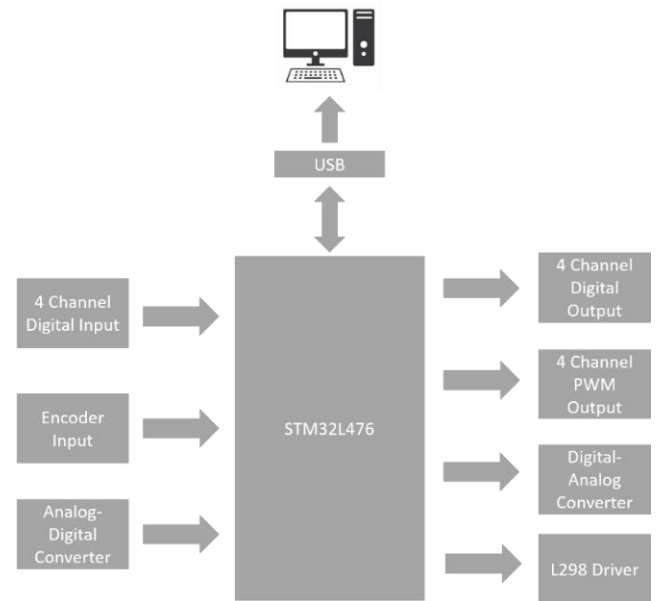


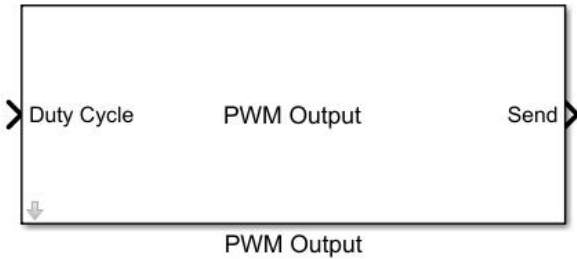
Figure 3. Block Diagram of DAQ System

2.2. Design Phase of Simulink Library

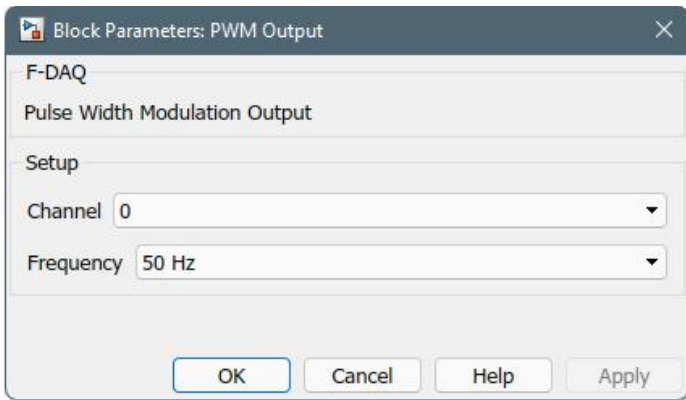
MATLAB-Simulink is an environment with the graphical language used for data acquisition, peripheral control and industrial purposes (Kos, Kosar, & Memik, 2012). A library was created in the MATLAB-Simulink environment in the designed work by communicating with the DAQ card through the serial communication interface for the control of the card and the sample of the data is provided. The Instrument Control Toolbox, available in Simulink, is used to communicate with the card.

Simulink library consists of 8 blocks to monitor and control the DAQ card. These blocks; are system setup, digital output, PWM output, DAC output, digital input, ADC input, encoder input, and L298 driver. System function (s-function) arbitrates the working principle of the blocks during the different times of the simulation like initialization, outputs, and termination. The necessary parameter options for the block are presented by applying a mask to the blocks created with the S-function. The System Setup block is the main Simulink block. It implements the selection of inputs and/or outputs to be used in the hardware part of the system. The Digital Output block provides control of the use of the digital outputs on the DAQ card. The desired channel to be used can be selected from the block's settings. By default, channel 1 is spotted. The digital output on the card depends on the input value of the Digital Output block. The Digital Input block gives output depending on whether the microcontroller's digital input is high or low. The channel to be used is selected from the block parameters window. ADC Input block gives output to observe the value read from the analog peripheral connected to the card. Channel selection can be made for ADC inputs. The DAC Output block generates analog output from the hardware in response to the value connected to its input. On the other hand, the Encoder Input block outputs the data provided by the encoder sensor connected to the card. Each sensor pulse triggers an interrupt in the microcontroller, and the data is transferred to the Simulink. The L298 Driver block controls the peripheral unit connected to the L298 IC. It provides control of 4 digital outputs

on the DAQ card. 2 DC motors or 1 stepper motor can be driven simultaneously. The PWM Output block (Figure 4 (a)) is designed to modify the PWM signal with 4 channels. The frequency of the PWM signal can be selected from the block's parameter screen (Figure 4 (b)) between 50 Hz and 50 kHz. The value connected to the input of the block evaluates the duty cycle percentage.



(a)



(b)

Figure 4. PWM Output block (a) and Block Parameters window (b)

2.3. Communication

DAQ card communicates with MATLAB-Simulink via Transistor-Transistor Logic(TTL) communication over USB serial communication protocol. The preference for USB is due to its ease of use, speed, reliability, low energy consumption, and cost. 2 USB ports are integrated into the DAQ card (Figure 5). The first of the ports is connected to the USB OTG pins of the microcontroller. The second port is designed to communicate over UART. The CH340, inserted to the DAQ board, realizes the UART to the TTL interface. 9600 bps is used as the communication rate. The studies were carried out via the second USB port in the proposed project. Data packets called telegrams are created to transfer data securely. Thus, the communication between MATLAB-Simulink and the hardware is provided without problems.

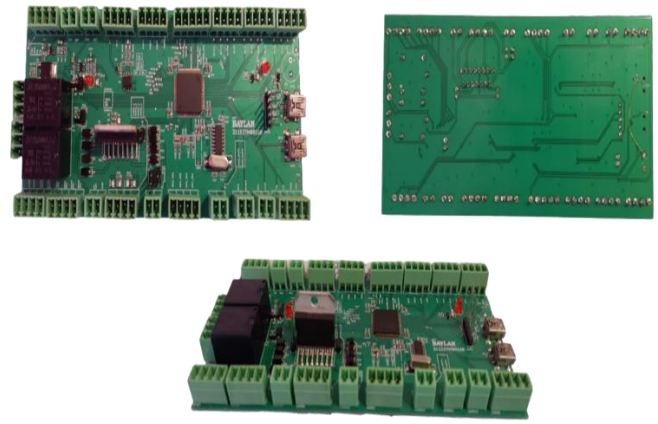


Figure 5. DAQ card from different views

3. Results and Discussion

Different scenarios were applied to test the designed DAQ card's functionality and the Simulink library's operability. One of these scenarios tests the ADC inputs and PWM outputs with the related blocks in the MATLAB-Simulink. The rotation speed of the DC motor, connected to the L298 driver on the board, is adjusted with PWM according to the temperature value evaluated from the ADC. The LM35 temperature sensor was used to measure the ambient temperature. The voltage value sent by the sensor to the controller was read through the ADC Input block in the Simulink library. The reading is between 0 and 3.6 V. Eq1 was used to obtain the temperature value. The sensor value increases or decreases by 10 mV with each degree change.

$$Temperature = \frac{(ADC_{value} / 4095) * 3600.0}{10.0} \quad (Eq1)$$

Serial Configuration, Serial Send, and Serial Receive blocks from the Instrument Control Toolbox, a built-in library, were used to communicate between MATLAB-Simulink and DAQ card. These blocks are ready to use by setting baud rate, communication port, parity bit, and data bits parameters. In the System Setup block, it is stated that the ADC Input, L298 Driver block, and PWM Output blocks will be used in the test scenario. Channels used for ADC Input and PWM output blocks are selected. The pins of the L298 driver are set to drive the motor and determine the direction. 10 kHz was chosen as the frequency value of the PWM signal. The MATLAB Function block was used to determine the duty cycle value of the PWM signal generated against changing temperature values. This block determined the duty cycle to adjust the motor's speed for temperature values in particular ranges. The output of the selected PWM channel is connected to the corresponding input of the L298 driver. Figure 6 shows the PWM Output signal graph and Figure 7 shows the temperature data taken from the LM35. The simulation and test results confirmed the operation of the system. With these

simulations and tests, it has been confirmed that all the system features are achieved.

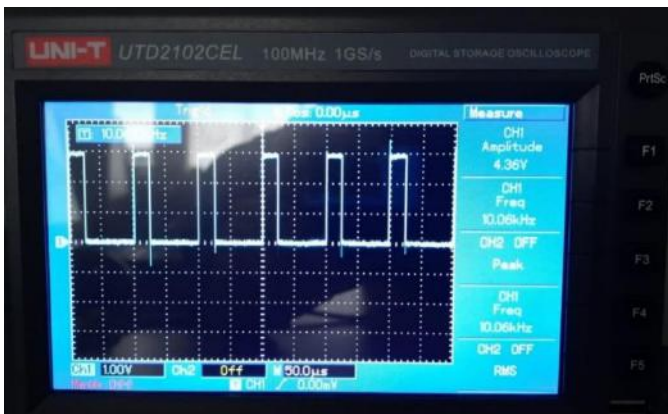


Figure 6. 10kHz PWM signal with a %25 duty cycle

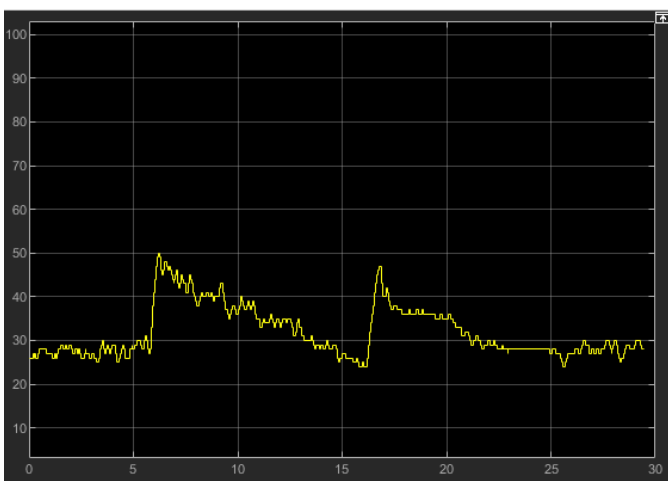


Figure 7. LM35 temperature sensor plot

4. Conclusions and Recommendations

This paper aims to present a general-purpose DAQ system for real-time data exchange with the MATLAB-Simulink environment. The communication of the manufactured DAQ card with the computer was provided by TTL communication over USB serial communication method. Thus, it was guaranteed that the data could be transferred quickly and securely. ADC, DAC, encoder, PWM, digital IOs, and L298 driver are integrated into the system to meet the requirements best. Due to the blocks in the library created in the MATLAB-Simulink environment, data from the relevant peripherals can be interpreted and sampled, and actuators can be controlled. The purchase of existing DAQ systems or the solution of any problem in these devices are enormous costs that individual users cannot afford and require large budget allocations for companies. For this reason, a low-cost, high-resolution system that can be used with the desired solver in the MATLAB-Simulink environment has been successfully implemented. The performed system has been tested, and the results have been presented. Machine learning algorithms can be applied for future works by creating a data set from the obtained data.

References

- Abdallah, M., & Elkeelany, O. (2009). A survey on data acquisition systems DAQ. Paper presented at the 2009 International Conference on Computing, Engineering and Information.
- Braudaway, D. W. J. I. t. o. i., & measurement. (2006). Uncertainty specification for data acquisition (DAQ) devices. 55(1), 74-78.
- Dipova, N. J. T. E. P. o. S. T. E., & Mathematics. (2017). Design of low cost and innovative data acquisition in soil mechanics Testing using open source hardware. (1), 104-110.
- Gani, A., & Salami, M.-J. E. (2002). A LabVIEW based data acquisition system for vibration monitoring and analysis. Paper presented at the Student conference on research and development.
- Hercog, D., & Gergič, B. J. S. (2014). A flexible microcontroller-based data acquisition device. 14(6), 9755-9775.
- Kanani, N., & Thakker, M. J. I. (2015). Low cost data acquisition system using LabVIEW.
- Khan, F. A., Hafeez, Z., Mirza, A., & Ain, Q.-u. (2011). Design of FPGA based DAQ card using PCI express protocol. Paper presented at the 2011 IEEE 14th International Multitopic Conference.
- Kim, J. S., & Sul, S. K. J. C. H. N. (1995). A novel voltage modulation technique of the space vector PWM. 44.
- Kos, T., Kosar, T., & Memik, M. J. C. i. i. (2012). Development of data acquisition systems by using a domain-specific modeling language. 63(3), 181-192.
- Ocaya, R. (2005). PIC and PC integration: Candidates for low cost data acquisition. Paper presented at the EUROCON 2005- The International Conference on "Computer as a Tool".
- Rezk, H., Tyukhov, I., Al-Dhaifallah, M., & Tikhonov, A. J. M. (2017). Performance of data acquisition system for monitoring PV system parameters. 104, 204-211.
- Robson, C., & Boussetlam, A. J. I. T. o. N. S. (2006). An FPGA-based general-purpose data acquisition controller. 53(4), 2092-2096.
- Zhang, H.-f., & Kang, W. J. P. C. S. (2013). Design of the data acquisition system based on STM32. 17, 222-228.



Internet of Things Based Data Acquisition Module Design for Air Quality in Public Transport Vehicles

İrem Ersin^{*}, Savaş Şahin², Mehmet Uğur Soydemir³, Mehmet Samet Hakut⁴

^{1*} İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4465-5821)

ersinirem@icloud.com

² İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2065-6907)

sahin.savas@yahoo.com

³ İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2327-1642)

soydemirmehmetugur@gmail.com

⁴ Kentkart Ege Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş. Ar-Ge Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5700-4692) samet.hakut@kentkart.com.tr

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies – 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1136681)

ATIF/REFERENCE: Ersin, İ., Şahin, S., Soydemir, M.U. & Hakut, M.S. (2022). Internet of Things Based Data Acquisition Module Design for Air Quality in Public Transport Vehicles. *European Journal of Science and Technology*, (37), 161-164.

Abstract

In this study, an ARM-based data acquisition module is designed with the Internet of Things in public transportation vehicles for air quality analysis. The designed module communicates with the driver's computer in the vehicle. TEMPerHUM USB Thermometer Hygrometer Sensor is used to collect temperature and humidity data and a dust sensor is used as PM2.5 and PM10 sensors. The data obtained from these sensors are sent to the microprocessor with the RS-485 port. Microsoft Azure Hub is used to save all data from the microprocessor in real-time. Machine learning algorithms are used to evaluate regression models constituting the temperature, humidity, and PM data. Regression models are generated in the Python Language. Results of the R² score and RMSE are found for the different regression models. The results are assessed and represented.

Keywords: Air Quality Analysis, Internet of Things, Machine Learning.

Toplu Taşıma Araçlarında Hava Kalitesi İçin Nesnelerin İnterneti Tabanlı Veri Toplama Modülü Tasarımı

Öz

Bu çalışmada, toplu taşıma araçlarında hava kalitesi analizi için Nesnelerin İnterneti ile kullanılarak ARM tabanlı bir veri toplama modülü tasarlanmaktadır. Tasarlanan modül, araçtaki sürücü bilgisayarı ile haberleşmektedir. Sıcaklık ve nem verilerini toplamak için TEMPerHUM USB Termometre Higrometre Sensörü ve PM2.5 ve PM10 sensörü olarak Dust Sensörü kullanılmaktadır. Bu sensörlerden elde edilen veriler RS-485 portu ile mikroişlemciye gönderilmektedir. Microsoft Azure Hub, mikroişlemciden gelen tüm verileri gerçek zamanlı olarak kaydetmek için kullanılmaktadır. Sıcaklık, nem ve PM verilerini oluşturan regresyon modellerini değerlendirmek için makine öğrenme algoritmaları kullanılmaktadır. Regresyon modelleri Python dilinde üretilmektedir. Farklı regresyon modelleri için R² puanı ve RMSE sonuçları bulunmaktadır. Sonuçlar değerlendirilmekte ve temsil edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hava Kalitesi Analizi, Nesnelerin İnterneti, Makine Öğrenmesi.

* Corresponding Author: İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, ORCID: 0000-0002-4465-5821, ersinirem@icloud.com

1. Introduction

Air pollution continues to be a major problem in industrialized cities and causes deaths by threatening the health of millions of people (Bowdalo, D., 2022). PM2.5 and PM10 are among the harmful particles to human health (Pandey, P., 2013). Observation of harmful particles in the air in real-time is significant to prevent possible negative effects. Objective and more sensitive results for air pollution can be obtained by machine learning. Determination of the level of pollution is substantial. Fixed points and mobile stations in the city are used to determine air pollution (Mihăiță, A. S., 2019). Air quality data from the fixed points are measured and transmitted in real-time by wireless sensor networks (Kingsy Grace, R., 2019). Air quality data in a great number of cities is limited and only taken from a fixed point by the reason of cost. The collection of measurements from a single region makes it difficult to interpret the effect of global warming (Kumar, P., 2015). In mobile stations, measurements are taken with sensor models placed in the vehicle (Devarakonda, S., 2013). Data is transferred in real-time by the Internet of Things. Regression models have been proposed for the relation between airborne PM2.5 and PM10 particles and humidity and temperature (Peci, A., 2019).

An air quality module is created by using a 32-bit microcontroller to measure PM2.5 and PM10 particles and humidity and temperature variables. In the study, data is transmitted in real-time with the Internet of Things by placing the designed module on public transportation vehicles. The effect of air quality on global warming is observed by the regression models. R^2 and Root Mean Square Error (RMSE) are used to analyze the performance of models.

An ARM-based module for public transportation vehicles is designed. The design of the system is presented in section 2. Internet of Things is real-timely used to analyze the impact of PM2.5 and PM10 particles in the air. The impact of temperature and humidity on airborne PM2.5 and PM10 is mentioned in section 3. The air pollution identity of the city is observed from the data obtained from the sensors. In section 4, the conclusion is described.

2. Material and Method

STM32L4 is used as a microprocessor. The Dust Sensor is used to collect PM2.5 and PM10 in the air. TEMPerHUM USB Thermometer Hygrometer Sensor is used to collect temperature and humidity variables. i.MX6UL card is used for transmission of the sensor variables through the Microsoft Azure Hub. In Fig. 1., the module of the proposed system is shown.

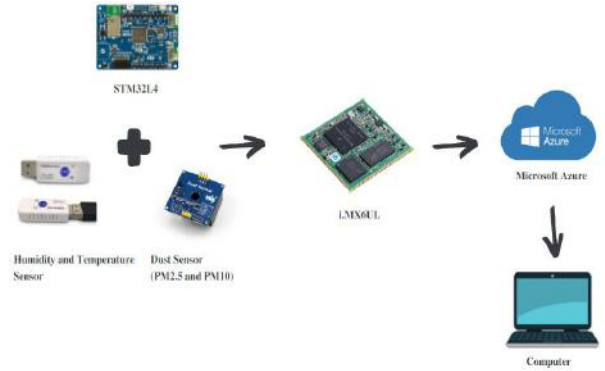


Fig1: The system for real-time monitoring

2.1. Transmission of Data

I2C and UART are used to connect data from the sensors by STM32L4. The microcontroller sends the data to the i.MX6UL by the RS-485 communication protocol. The data is deleted in case the data is corrupted in the course of sending over the RS-485 protocol. Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) protocol is used to send the transmitted data to the cloud by i.MX6UL. Regression models are observed by the data in the cloud.

2.2. Sensors

TEMPerHUM USB Thermometer Hygrometer Sensor is used to measure the humidity and temperature. PM2.5 and PM10 are measured by the SDS011 sensor. SDS011 can detect particle concentrations between $0.3\mu\text{m}$ to $10\mu\text{m}$ by the principle of laser scattering (Budde, M., 2018). SDS011 is a low-cost dust sensor. The ideal range for temperature and humidity sensor TEMPerHUM USB Thermometer Hygrometer can operate between -40 and 85 degrees Celsius with a maximum accuracy of $\pm 1^\circ\text{C}$. The calculation of the temperature and humidity sensor is shown in Eq1 and Eq2.

$$\text{Temperature } (^\circ\text{C}) = \frac{175.72 \times \text{CodeTemp}}{65536} - 4 \quad (\text{Eq1})$$

$$\%RH = \frac{125 \times \text{CodeRH}}{65536} - 6 \quad (\text{Eq2})$$

where %RH is the Humidity, CodeTemp, and CodeRH are the 16-bit words returned by the temperature and humidity sensor.

2.3. Internet of Things

The i.MX6UL operates on Linux Operating System and the Python programming language is used on it. Transmission of the data determining air quality to the cloud is operated by i.MX6UL real-timely. The processor is used for internet connection. In Fig. 2, transmitted data on the local computer is shown. Data from the sensors is stored in .csv format. The machine learning algorithm is used in the .csv format data.

```

Message received:
Sending message: b'{"temperature": 25.4,"humidity": 45.4,"pm2_5": 23,"pm10": 40}'
Total calls received: 1

Message received:
Sending message: b'{"temperature": 25.4,"humidity": 45.4,"pm2_5": 24,"pm10": 46}'
Total calls received: 2

Message received:
Sending message: b'{"temperature": 25.1,"humidity": 45.2,"pm2_5": 22,"pm10": 40}'
Total calls received: 3

Message received:
Sending message: b'{"temperature": 25.2,"humidity": 45.2,"pm2_5": 24,"pm10": 40}'
Total calls received: 4

Message received:
Sending message: b'{"temperature": 25.2,"humidity": 45.3,"pm2_5": 23,"pm10": 34}'
Total calls received: 5
    
```

Fig2. Real-Time Monitoring on Computer

2.4. Machine Learning

Regression is the analysis of the process of statistical methods used to estimate the relationship between variables. In the study, various supervised learning methods are used. Dataset has been tested with multiple linear regression, polynomial regression, random forest, decision tree and K- NN. Regression models are used to determine the effect of airborne PM2.5 and PM10 particles on temperature and humidity.

3. Results and Discussion

In the dataset, variables are humidity, temperature, airborne PM2.5, and PM10 particles. Data is obtained from various points in the city. Regression models are observed by machine learning algorithms. Regression models are modeled from the data to realize the effect of global warming. R² and RMSE are used for the performance testing of the regression models of the system.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (y_i - x_i)^2}{k}} \quad (Eq3)$$

where y_i is the output, x_i is the value of the estimated output.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^k (y_i - x_i)^2}{\sum_{i=1}^k (y_i - \bar{y})^2} \quad (Eq4)$$

4. Conclusions and Recommendations

Air pollution is becoming increasingly important with the increase in population. The harmful effects of air pollutants show complex distribution patterns. The complexity means that modeling and estimating exposure levels are difficult. Determination of the pollution level of the area is possible by measuring air quality frequently. Airborne PM2.5 and PM10 particles, temperature, and humidity variables have been collected by the Internet of Things in real-time. The effect of PM2.5 and PM10 on the temperature and humidity has been modeled. The effect of global warming on air pollution has been observed from the regression models by the obtained data. The regression model that shows a more valid distribution has been determined by testing the regression models with R² and RMSE. Random Forest is the more accurate model to analyze the data obtained in terms of R² and RMSE than the others. In Table 1 results are shown for different machine learning algorithms. The relation between airborne PM2.5 and PM10 particles with temperature and humidity is shown in Fig. 3 and Fig. 4

respectively. Air pollution causes an increase in temperature and humidity is observed. Appropriate precautions can be taken for the future with the pollutant and concentration data of air pollution as a conclusion.

Table 1. R² Score and RMSE of Regression Models

| Regression Models | RMSE | R ² |
|--------------------------|------|----------------|
| Linear Regression | 5.18 | 0.1974 |
| Polynomial Regression | 4.07 | 0.4927 |
| Random Forest Regression | 2.83 | 0.7268 |
| Decision Tree Regression | 3.57 | 0.6019 |
| KNN Regression | 3.26 | 0.6782 |

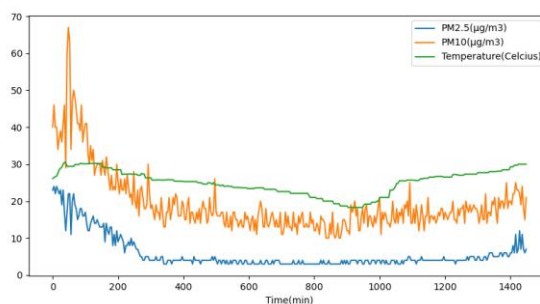


Fig3. Regression Model of PM2.5, PM10 vs Temperature

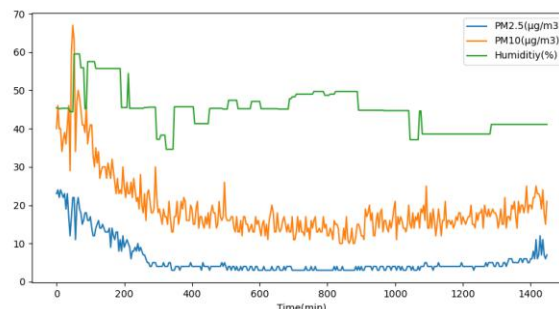


Fig4. Regression Model of PM2.5, PM10 vs Temperature

5. Acknowledge

The study is supported by the Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBITAK) with project number 1139B412103093 within the scope of 2209B-Industry Oriented Undergraduate Thesis.

References

- Bowdalo, D., Petetin, H., Jorba Casellas, O., Guevara, M., Soret, A., Bojovic, D., ... & Pérez García-Pando, C. (2022). Compliance with 2021 WHO air quality guidelines across Europe will require radical measures. *Environmental Research Letters (ERL)*, 17(2).
- Pandey, P., Patel, D. K., Khan, A. H., Barman, S. C., Murthy, R. C., & Kisku, G. C. (2013). Temporal distribution of fine particulates (PM_{2.5}, PM₁₀), potentially toxic metals, PAHs and Metal-bound carcinogenic risk in the population of Lucknow City, India. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 48(7), 730-745.
- Mihăiță, A. S., Dupont, L., Chery, O., Camargo, M., & Cai, C. (2019). Evaluating air quality by combining stationary, smart mobile pollution monitoring and data-driven modelling. *Journal of cleaner production*, 221, 398-418.
- Kingsy Grace, R., & Manju, S. (2019). A comprehensive review of wireless sensor networks based air pollution monitoring systems. *Wireless Personal Communications*, 108(4), 2499-2515.
- Kumar, P., Morawska, L., Martani, C., Biskos, G., Neophytou, M., Di Sabatino, S., ... & Britter, R. (2015). The rise of low-cost sensing for managing air pollution in cities. *Environment international*, 75, 199-205.
- Devarakonda, S., Sevusu, P., Liu, H., Liu, R., Ifode, L., & Nath, B. (2013, August). Real-time air quality monitoring through mobile sensing in metropolitan areas. In *Proceedings of the 2nd ACM SIGKDD international workshop on urban computing* (pp. 1-8).
- Peci, A., Winter, A. L., Li, Y., Gnaneshan, S., Liu, J., Mubareka, S., & Gubbay, J. B. (2019). Effects of absolute humidity, relative humidity, temperature, and wind speed on influenza activity in Toronto, Ontario, Canada. *Applied and environmental microbiology*, 85(6), e02426-18.
- Budde, M., Schwarz, A. D., Müller, T., Laquai, B., Streibl, N., Schindler, G., ... & Beigl, M. (2018). Potential and limitations of the low-cost SDS011 particle sensor for monitoring urban air quality. *ProScience*, 5, 6-12.



Rat Beyin Dokusunda Asitretin - Metotreksat Kombinasyonunun ve A-Lipolik Asit'in Polifenol Oksidaz Aktivitesi Üzerine Etkileri

Fatma Gönül Sezgin^{1*}, Emine Dıraman², Emine İncilay Torunoğlu³

^{1*}Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9400-5173), gonul.solmaz@omu.edu.tr

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4677-1738), ediraman@omu.edu.tr

³Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4641-0067), torunogluemineincilay@gmail.com

(5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies– 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1140517)

ATIF/REFERENCE: Sezgin, F. G., Dıraman, E. & İncilay Torunoğlu, E. (2022). Rat Beyin Dokusunda Asitretin - Metotreksat Kombinasyonunun ve A-Lipolik Asit'in Polifenol Oksidaz Aktivitesi Üzerine Etkileri. *European Journal of Science and Technology*, (37), 165-169.

Öz

Bu çalışmada asitretin (ACT) ve metotreksat (MTX) etken maddelerinin ve alfa lipoik asitin (ALA) rat beyin dokusunda Polifenol Oksidaz (PO) aktivitesine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, toplam 50 tane Wistar albino erkek rat kullanılmıştır. Çalışma grupları, Kontrol grubu (K), ALA grubu, ACT+MTX grubu ve ACT+MTX+ALA grubu olarak oluşturulmuştur. 24 saat aç bırakılmış olan ratlara yapılan enjeksiyon işlemleri her sabah aynı saatte gerçekleştirilmiştir. ACT, MTX ve ALA % 0.9'luk NaCl'de çözülmüştür. ACT (20mg/kg/gün), MTX (20mg/kg/hafta), ALA (50mg/kg/gün) ve bunların kombinasyonları da vücut ağırlığı düzeyinde intraperitoneal enjeksiyon ile ratlara verilmiştir. Ratlar servikal dislokasyon ile sakrifiye edilmiş ve kalp perfüzyonundan sonra beyinleri çıkarılmıştır. Ratlardan alınan beyin doku örneklerinde, PO enzim aktivitesi ölçülmüştür. ACT+MTX verilen grupta 3. günde K'ya göre yaklaşık % 5 inhibisyon gözlenirken ALA'nın etkisi ile bu inhibisyon yerini aktivasyona bırakmıştır. ACT + MTX kullanımı beyin PO aktivitesinde 3. günde inhibisyona neden olurken bu inhibisyon ilerleyen günlerde aktivasyona dönüşmüştür. Tek başına ALA verilen grup K grubu ile karşılaştırıldığında; PO aktivitesi 3. günde %7 inhibisyon göstermiştir. 5. ve 7.günlerde inhibisyon seviyesinin yarı yarıya azaldığı gözlenmiştir. Böylece çalışmamızın sonucu olarak ALA'nın beyin dokusunda antioksidan etki gösterdiği söylenebilir.

Anahtar Sözcükler: Beyin, Asitretin, Metotreksat, Polifenol Oksidaz

The Effects of Acetretin-Methotrexate Combination and A-Lipoic Acid on Polyphenol Oxidase Activity in Rat Brain Tissue

ABSTRACT

In this study, the effects of acetretin (ACT) and methotrexate (MTX) active ingredients and alpha lipoic acid (ALA) on Polyphenol Oxidase (PO) activity in rat brain tissue were investigated. A total of 50 Wistar albino male rats were used in the study. Study groups were formed as Control group (K), ALA group, ACT+MTX group and ACT+MTX+ALA group.

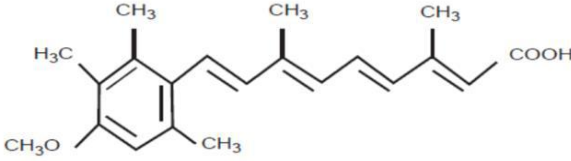
Injections made to rats that were fasted for 24 hours were performed at the same time each morning. ACT, MTX and ALA were dissolved in 0.9% NaCl. ACT (20mg/kg/day), MTX (20mg/kg/week), ALA (50mg/kg/day) and their combinations were given to the rats by intraperitoneal injection at body weight level. Rats were sacrificed by cervical dislocation and their brains were removed after cardiac perfusion. PO enzyme activity was measured in brain tissue samples taken from rats. While In the group given ACT+MTX, approximately 5% inhibition was observed on the 3rd day compared to K, this inhibition was replaced by activation with the effect of ALA. While the use of ACT + MTX caused inhibition in brain PO activity on the 3rd day, this inhibition turned into activation in the following days. When the group given ALA alone was compared with the K group; PO activity showed 7% inhibition on 3rd day. It was observed that this inhibition level decreased by half on the 5th and 7th days. Thus, as a result of our study, it can be said that ALA has an antioxidant effect in the brain tissue.

Keywords: Brain, Acitretin, Methotrexate, Polyphenol Oxidase

Giriş

Fenol oksidazlar, aktif bölgelerinde bakır içeren ve fenolik bileşiklerin moleküler oksijen ile oksidasyonunu katalizleyen enzimlerdir. Bu bakır iyonu, aromatik bir bileşiğin fenolik grubunun quinone olarak bilinen bir reaksiyon grubuna oksitlenmelerini sağlar (Whitaker, 1995).

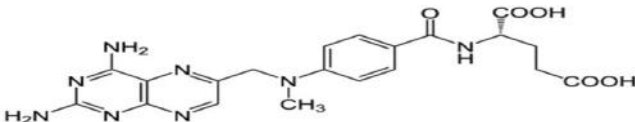
ACT, A vitaminin bir analogu olup sitolojik proliferasyonu ve hücre farklılaşmalarını düzenleyen monoaromatik bir retinoiddir (Şekil 1). Özelliği bakımından lipofilik zayıf bir asittir. Suda az çözünür. Kokusu çok hafiftir, sarı-yeşil bir rengi vardır.



Şekil 1. ACT'in kimyasal yapısı (Bhuiyan & Chowdhury, 2016)

ACT, etretinatın aktif ve baskın metabolitidir. Farmakokinetik olarak daha etkin ve avantajlı olmasından dolayı kullanımı oldukça yaygındır (Dogra & Yadav, 2014). Etki mekanizması tam olarak anlaşılmasında ile birlikte epitel hücrelerinin çoğalması ve farklılaşmasını düzenlediği düşünülen retinoidlerin, antiinflamatuvar ve immünmodulatuvar etkilerinin olduğu da araştırılmaktadır (Menter vd, 2008; Yamauchi vd, 2003). Alzheimer hastalığında retinoid sinyalleşmesinin biyokimyasal, genetik ve diyetel kanıtları vardır. Retinoidlerin, mikroglia tarafından gerçekleştirilen bağışıklığı azalttığı gösterilmiştir. Peptit fibrillerin stabilizasyonunu bozduğu gözlemlenmiştir. Toksik etkileri nedeniyle retinoid asitlerin kendisi insanlarda terapötik değere sahip olmadığı için lösemi ve/veya sedef hastalığı için kullanılan sentetik retinoidler alzheimer hastalığı tedavi stratejilerinin odağı haline geldi. Yapılan bir çalışmada, bu onaylanmış ilaçlar ile ratlarda alzheimer proteinlerinin üretiminde bir azalma olduğu gösterilmiştir (Holthoewer vd, 2012).

MTX (4-amino-10-metilpteroilglutamik asit), bir folik asit analogudur (Şekil 2.). Neoplastik olan veya olmayan hastalıklarda tedavi amacıyla kullanılan bir antimetabolittir. Romatoid artrit gibi hastalıklarda düşük doz kullanımı önerilir. MTX kullanımında dozun toksisiteye etkili olduğu iyi bilinmektedir. MTX, selektif olmaması nedeniyle kıl kökü, kemik iliği, beyin gibi sağlıklı dokularda da toksisiteye neden olabilmektedir (Vardi vd, 2010). Yapılan çalışmalarda, MTX ile tedavi olan hastalarda beyin omurilik sıvısı (BOS) içeriğinde S-Adenozil Metiyonin(SAM) eksilmesine neden olduğu bildirilmiştir. Bu eksikliğin reaktif oksijen türlerinin artmasından kaynaklı olduğu vurgulanmıştır (Kumari vd, 2016).



Şekil 2. Metotreksat'ın Kimyasal yapısı (Lotfi vd, 2016)

Beyin, vücut ağırlığının %2'sinden daha azını oluşturmasına rağmen tüm vücudun kullandığı oksijenin %20'sini tüketmektedir. Bu nedenle beyin, büyük bir potansiyel oksidatif kapasiteye sahiptir. Fakat oksidatif strese karşı koyma yeteneğinin sınırlı olması, beyni oksidatif hasara karşı en duyarlı organ haline getirir (Kumar ve Khanum, 2013).

ALA; protein, yağ ve karbonhidrat metabolizmasında önemli fizyolojik etkileri olan besinsel bir koenzimdir. Serbest radikallerin süpürülmesinde de önemli rol oynayan ALA, yağda ve suda çözünür. Organik besin monomerlerinin ATP'ye dönüştürülmesi için gerekli olan multi enzim kompleksinin de parçasıdır (Data, 1995).

ALA, SOD ve CAT enzimlerinin aktivitelerini artırıcı etkiye sahiptir. Aynı zamanda moleküler hasarların onarılmasında, asetilkolin üretiminin artırılmasında da görev alır. Serbest radikallere karşı koruma ve lipid peroksidasyonunun oluşmasına karşı koruma gibi görevleri de vardır (Tetikçok vd, 2015). Yapısında bulunan tiyol sayesinde antioksidan olarak etki gösterir. Serbest oksijen radikallerinin yakalanması ve ağırmetaller ile birlikte şelat oluşturmada ve antioksidanların etkilerini arttırmada önemli rol oynamaktadır. Kan-Beyin bariyeri (KBB) geçebilme özelliğine sahiptir ve merkezi sinir sistemi (MSS) içerisinde antioksidan olarak kullanılabilir (Patel & Roche, 1990).

Materyal ve Yöntem

Çalışmalar, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Etik Kurulu (2018/13) tarafından onaylanmıştır. Deneide kullanılan ratlar, Denei Hayvanları Araştırma Merkezi (DEHAM)'nde üretilip yetiştirilmiştir. Ağırlıkları 200 – 250 gram arasında değişen 50 adet *Winstar albino* tipi erkek rat kullanılmıştır.

Araştırma Gruplarının Oluşturulması:

Grup 1 (K) : Kontrol grubu, hiç bir işlem uygulanmayan grup,

Grup 2 (ALA grubu): 50 mg/kg/gün ALA verilen grup,

Grup 3 (ACT + MTX grubu): 20mg/kg/gün ACT ve 20mg/kg/hafta MTX verilen grup,

Grup 4 (ACT + MTX + ALA): 20mg/kg/gün ACT ve 20mg/kg/hafta MTX ve 50mg/kg/gün ALA verilen grup.

Grup 2, Grup 3, Grup 4'ün her birinde 15 adet, K Grubu ise 5 adet rat kullanılmıştır. Ratlar, enjeksiyondan önceki son 24 saat boyunca aç bırakılmıştır. Enjeksiyon işlemleri, her sabah aynı saatte yapılmıştır. Enjeksiyondan sonraki 3., 5. ve 7. Günlerde de ratlar, sakrifiye edilmiştir. % 0.9 NaCl ile kalp perfüzyonu yapıldıktan sonra beyin çıkarılmıştır. Elde edilen beyinler, deneysel işlemler için -80 °C'lik derin dondurucuda saklanmıştır. Daha sonra derin dondurucudan çıkarılmış olan beyinlere sırasıyla homojenizasyon, sonikasyon ve santrifüj işlemleri uygulanmıştır. Santrifüjden sonra elde edilen süpernatant, Polifenol oksidaz (PO) aktivite tayini için kullanılmıştır. PO aktivitesi Hung ve Boucias (1996) yöntemiyle belirlenmiştir.

PO aktivitesi için; 20 mM L-DOPA içeren 950 µL fosfat tampon çözeltisine 50 µL homojenat hızla ilave edilmiştir. Daha sonra, 420 nm'de eğriye karşı bir dakika içinde absorbans değişimi okunarak aktivite belirlenmiştir. Sonuçta bir enzim

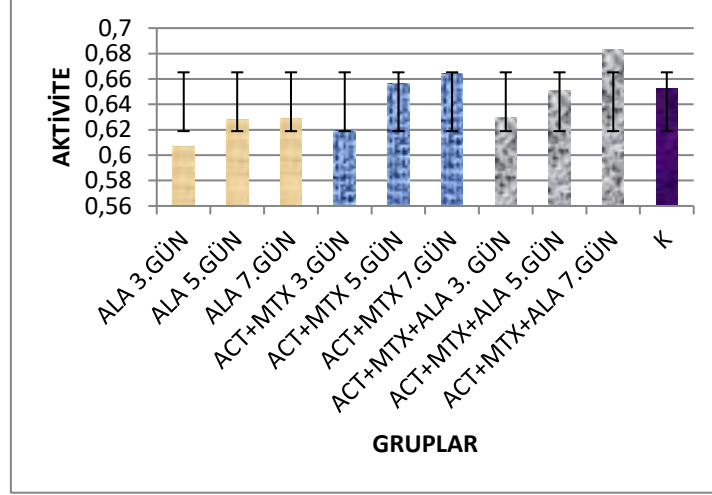
birimi, reaksiyonun meydana geldiği kuvvette 1 dakikada 0.001 artış olarak tanımlanmıştır.

Tüm veriler, SPSS 22.0 istatistik yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Gruplar arasındaki fark Kruskal Wallis testi ile de kontrol edilmiştir.

Bulgular

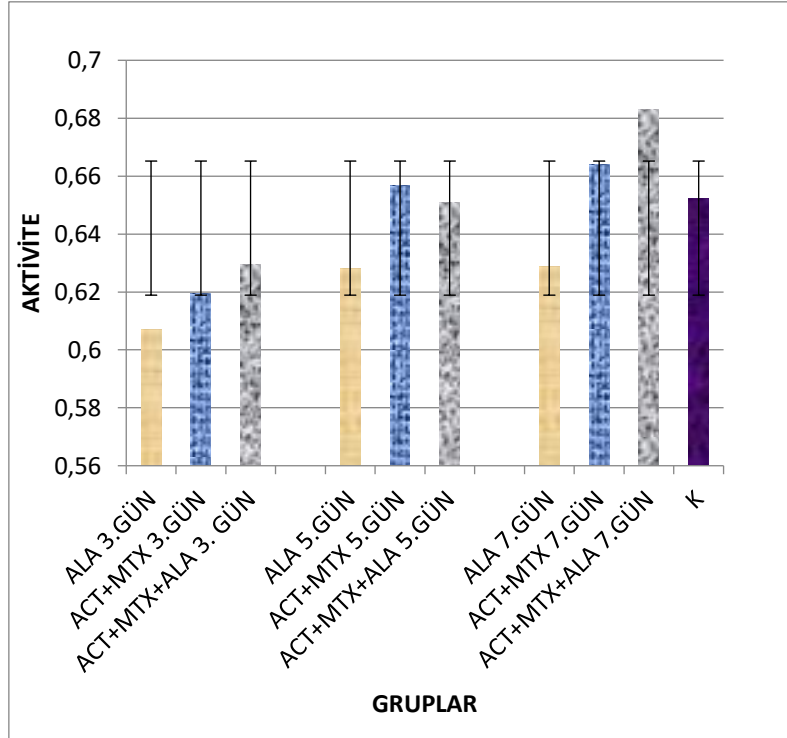
ALA'nın enjeksiyonunu takiben 3.günde PO aktivitesinin K'ya göre % 7 inhibisyon gösterdiği ($p>0,05$), 5.günde K ile hemen hemen aynı seviyede olduğu ve 7. günde ise tekrar

inhibisyon gösterdiği gözlenmiştir. ACT+MTX grubu K ile karşılaştırıldığında, 3.günde %5 inhibisyon ($p>0,05$) gösterirken 5.günde K ile aynı aktivitede olduğu ve 7.günde ise yaklaşık %5 civarında aktivasyon gösterdiği görülmüştür. ACT+MTX+ALA grubu K ile karşılaştırıldığında ise ACT+MTX grubunda olduğu gibi 3.günde %5'lik inhibisyon gözlenirken 5.günde K ile aynı aktiviteyi gösterdiği gözlenmiştir. 7.günde ise aktivitesinde %2'lik bir artış ($p>0,05$) olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.).



Şekil 3. ALA, ACT+MTX ve ACT+MTX+ALA verilmiş ratların beyin dokusundaki PO aktivitesinin günlere göre karşılaştırılması

ACT+MTX kombinasyonuna ALA eklenmesini takiben 3.günde PO aktivitesinde az bir artış görülmüştür. 5.günde aktivite değerleri hemen hemen aynı iken 7.günde aktivitenin daha da arttığı görülmüştür (Şekil 4.).



Şekil 4. Rat beyin dokusundaki PO aktivitesinin gruplar arası karşılaştırılması

Tartışma

Çalışmamızda tek başına ALA kullanımının beyin PO aktivitesini azalttığı gözlemlenmiştir. ACT+MTX grubunda PO aktivitesi K grubu ile karşılaştırıldığında 3. günde inhibisyon gözlenirken, 5. günde aktivitenin hemen hemen K ile aynı seviyeye geldiği fakat 7. günde yerini aktivasyona bırakmıştır. Bu kombinasyona ALA eklendiğinde ise 3.günde görülen inhibisyonun ALA'nın etkisiyle %2'lik bir aktivasyona dönüştüğü fakat 5. ve 7. günlerde önemli bir değişiklik olmadığı belirlenmiştir. Tek başına ALA verilen grupta da K'ya göre tüm günlerde inhibisyon gözlenirken inhibisyonda önemli değerin 3. günde görüldüğü, 5. ve 7. günlerde ise inhibisyonun azaldığı ve değerinin neredeyse birbirinin aynı olduğu da belirlenmiştir.

Doğal olarak üretilen hem hayvansal hem bitkisel bir antioksidan olan ALA (Gorça vd, 2011), E vitamini ve C vitamininin rejenerasyonunu sağlamada ve reaktif oksijen türlerinin nötralize edilmesinde oldukça önemli rollere sahiptir (Rochette vd, 2013). ALA'nın alzheimer ve bilişsel bozukluklar gibi hastalıklarda da koruyucu etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir. ALA ile tedavi edilen hayvanlarda mitokondriyal fonksiyonların artışı ve bilişsel işlevlerin geliştiği de gösterilmiştir. ALA'nın bu denli bilişsel bozukluğu azaltıcı etkileri, alzheimer ve bunlarla ilişkili bir çok demans hastalığının tedavisinde başarılı olabileceğini düşündürmüştür (Head vd, 2009).

MTX, çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılan bir antimetabolit olmasına rağmen selektif olmaması nedeniyle kıl kökü, kemik iliği, beyin gibi sağlıklı dokularda toksisiteye neden olabilmektedir (Vardi vd, 2010). Yapılan bir çalışmada, MTX ile tedavi olan hastalarda beyin omurilik sıvısı (BOS) içeriğinde S-Adenozil Metiyonin (SAM) eksikliği bildirilmiştir. Bu eksikliğin reaktif oksijen türlerinin artmasından kaynaklı olduğu vurgulanmıştır (Kumari vd, 2016). An vd (2017)'de, farelerde ve hastalarda yaptığı çalışmalarda ACT ve ACT ile kombin olarak kullanılan MTX'in karaciğer ve diğer organlarda ciddi yan etkilerinin olduğunu belirtmişlerdir. Athoumani Ali vd (2020) ise ACT ve MTX'in rat akciğer dokusunda fenol oksidaz aktivitesini arttırdığını, ACT+MTX kombinasyonuna bir antioksidan olan ALA ilavesi ile bu aktivitede azalma olduğunu gözlemişlerdir. Ayrıca Athoumani Ali vd (2020), ACT+MTX'in akciğer dokusunda fenolik bileşiklere neden olduğunu ALA'nın ise ACT+MTX türevi fenolik bileşiklere karşı koruyucu etkisinin olduğunu da belirtmişlerdir.

Sonuç

Çalışmamızda; ALA'nın, beyin dokusunda ilk günlerde PO aktivitesini azalttığı sonucuna dayanarak oksidatif strese karşı koyma yeteneği sınırlı olan beyin dokusu için antioksidan özelliğini gösterdiğini söyleyebiliriz. ACT+MTX kombinasyonunun da 5. güne kadar PO aktivitesini azalttığı 5. günden sonra ise aktiviteyi artırdığı fakat ACT+MTX kombinasyonuna ALA eklenmesi ile ilk günlerdeki inhibisyonun da yerini aktivasyona bıraktığı gözlemlenmiştir. Bu durum; kombinasyondaki ALA'nın, PO'ın bir parçası olarak görev yaptığını düşündürmektedir. Böylece beyin dokusunda ACT+MTX kaynaklı radikal oluşumuna karşı koruyucu etkisini gösterdiği de söylenebilir. Sonuç olarak gün aralıklarının sıklaştırılarak hatta saatlik değerlendirilmelerinin de yapılabileceği

yeni çalışmaların arttırılması soru işaretlerinin aydınlatılmasına katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- An J, Zhang D, Wu J, Li J, Teng X, Gao X, Xia Y (2017). The acitretin and methotrexate combination therapy for psoriasis vulgaris achieves higher effectiveness and less liver fibrosis. *Pharmacol Res* 121:158-168
- Athoumani Ali, S., Diraman, E., Solmaz, F., G., (2020). The investigation of the effect of alpha lipoic acid on lung polyphenol oxidase activity in acitretin and methotrexate given rats. *Bull Biotechnol* (2020) 1(1):19-22
- Bhuiyan, Z.H., Chowdhury, M.,K. (2016). Acitretin in dermatology a review. *Bangladesh Med J* 45(2): 98-100
- Data, P. (1995). Alpha-lipoic acid. *Arzneimittelforschung*, 45, 872-874.
- Dogra, S., & Yadav, S. (2014). Acitretin in psoriasis: an evolving scenario. *International journal of dermatology*, 53(5), 525-538. <https://doi.org/10.1111/ijd.12365>.
- Gorça, A., Huk-Kolega, H., Piechota, A., Kleniewska, P., Ciejka, E., & Skibska, B. (2011). Lipoic acid-biological activity and therapeutic potential. *Pharmacological Reports*, 63(4), 849-858.
- Head, E., Nukala, V., Fenoglio, K., Muggenburg, B., Cotman, C., & Sullivan, P. (2009). Effects of age, dietary, and behavioral enrichment on brain mitochondria in a canine model of human aging. *Experimental neurology*, 220(1), 171-176.
- Holthoewer, D., Endres, K., Schuck, F., Hiemke, C., Schmitt, U., & Fahrenholz, F. (2012). Acitretin, an enhancer of alpha-secretase expression, crosses the blood-brain barrier and is not eliminated by P-glycoprotein. *Neurodegenerative Diseases*, 10(1-4), 224-228.
- Hung SY, Boucias DG (1996). Phenoloxidase activity in the hemolymph of naive and Beauveria bassiana-infected Spodoptera exigua larvae. *J Invert Pathol* 67:35-40
- Kumar, K., H., Khanum, F., (2013). Hydroalcoholic Extract of Cyperus rotundus Ameliorates H2O2-Induced Human Neuronal Cell Damage via Its Anti-oxidative and Anti-apoptotic Machinery. *Cell Mol Neurobiol* (2013) 33:5-17
- Kumari, S., Kumari, S., Sharma, A. K., & Kaur, I. (2016). Methotrexate induced hepatotoxicity and its management. *Inter J Sci Res*, 5, 1477-1481.
- Lotfi, M., Moniruzzaman, M., Mutalib, M. A., Wilfred, C. D., Alitheen, N. B., & Goto, M. (2016). Analysis of multiple solvation interactions of methotrexate and ammonium based ionic liquids using COSMO-RS. *Procedia Engineering*, 148, 459-466.
- Menter, A., Gottlieb, A., Feldman, S. R., Van Voorhees, A. S., Leonardi, C. L., Gordon, K. B., Lebwohl, M., Koo, J. Y., Elmets, C. A., & Korman, N. J. (2008). Guidelines of care for the management of psoriasis and psoriatic arthritis: Section 1. Overview of psoriasis and guidelines of care for the treatment of psoriasis with biologics. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 58(5), 826-850.
- Patel, M. S., & Roche, T. E. (1990). Molecular biology and biochemistry of pyruvate dehydrogenase complexes I. *The FASEB Journal*, 4(14), 3224-3233.
- Rochette, L., Ghibu, S., Richard, C., Zeller, M., Cottin, Y., & Vergely, C. (2013). Direct and indirect antioxidant

- properties of α -lipoic acid and therapeutic potential. *Molecular nutrition & food research*, 57(1), 114-125.
- Tetikçok, R., Özçetin, M., ÇELTEK, N. Y., Oktay, G., Ufuk, Ü., & Şengül, M. (2015). Lipoic Acid. *Çağdaş Tıp Dergisi*, 5(3), 206-209.
- Data, P. (1995). Alpha-lipoic acid. *Arzneimittelforschung*, 45, 872-874.
- Vardi, N., Parlakpınar, H., Ates, B., & Oflu, A. (2010). Metotreksatin Neden Oldugu Testiküler Hasara Karsi Klorogenik Asidin Koruyucu Etkileri/The Preventive Effects of Chlorogenic Acid Against to Testicular Damage Caused by Methotrexate. *Türkiye Klinikleri. Tıp Bilimleri Dergisi*, 30(2), 507.
- Whitaker JR (1995). Polyphenol oxidase. In: Wong DWS, In: food enzymes: structure and mechanism. pp. 271-307 New York: Chapman and Hall, 1995
- Yamauchi, P. S., Rizk, D., Kormeili, T., Patnaik, R., & Lowe, N. J. (2003). Current systemic therapies for psoriasis: where are we now? *Journal of the American Academy of Dermatology*, 49(2), 66-77.



Tricklevent Yenilikçi Pasif Cephe Havalandırma Sisteminin Isıl Konfor ve Enerji Tasarrufu Açısından İncelenmesi

Kemal Furkan Sökmen^{1*}, Burhan Ergüner², İlknur Akın²

¹ Bursa Teknik Üniversitesi, Müh. ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8647-4861)
furkan.sokmen@btu.edu.tr

² Metal ve Yapı Sistemleri Tic ve A.Ş İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1159-1662, ORCID: 0000-0001-9078-5398)
burhan.erguner@metalyapi.com ilknur.akin@metalyapi.com

(International Symposium on Innovative Approaches in Engineering, Architecture and Science (ISAS) 2022 – 28-29 May 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1130037)

ATIF/REFERENCE: Sökmen, K.F., Ergüner, B., Akın, İ., (2022). Tricklevent Yenilikçi Pasif Cephe Havalandırma Sisteminin Isıl Konfor ve Enerji Tasarrufu Açısından İncelenmesi. *European Journal of Science and Technology*, (37), 170-178.

Öz

Çalışmamızda 2013/08326 başvuru numaralı uluslararası patent numaralı Tricklevent pasif havalandırma sisteminin ısıl konfora etkilerini ve enerji tasarrufunu incelenmiştir. Tricklevent yenilikçi pasif havalandırma sistemi, cepheye yerleştirilen ve dikey veya yatay olarak tasarlanmış bir otomasyon sistemi ile kontrol edilen bir havalandırma sistemidir. Çalışmamızda Tricklevent sistemli 14 m²'lik bir prototip odası inşa edilmiş ve sistem kapalı-açık olarak termokupullarla belirlenen yerlerden ölçümler alınmıştır. Testler, 15-16 Ağustos 2021 tarihinde günün en sıcak saatlerinde saat 11:00'de gerçekleştirildi. Sistem ayrıca hesaplamalı akışkanlar mekaniği yazılımı ile analiz edilmiştir. Sayısal analiz için Re sayısı hesaplanmış ve akışın türbülanslı olduğu belirlenmiştir. Analizlerde k-ε türbülans modeli kullanılmıştır. Analizde ağdan bağımsızlık çalışması yapılmıştır. Radyasyon modeli olarak Ayrık Transfer modeli kullanılmıştır. 1009 W/m² güneş yükü tanımı yapılmıştır. Ortam havasının hızı 1,94 m/s, basınç farkı 2,19 Pa ve sistemden alınacak hava debisi 0,024 m³/s olarak hesaplanmıştır. Testlerde elde edilen sonuçlara göre Tricklevent sistemi kapatıldığında iç ortam sıcaklığının radyasyon etkisiyle 16 dk içinde ortam sıcaklığını aştığı, sistem açıkken iç ortam sıcaklığının 16 dakikada maksimum 30 °C'ye, 24 dakika sonra ise 34,5 °C'ye ulaştığı tespit edilmiştir. Tricklevent Y.P.H.S açıkken ortamda 2-3 °C'lik bir sıcaklık düşmesinin yeterli olduğu, sistem kapalıyken ise klimanın yaklaşık 6,5-7,5 °C'lik bir sıcaklık düşüşü sağlaması gerektiği belirlenmiştir. Kompresör çalışma süresi sistem kapalıyken daha fazla olacağı görülmüştür. Çalışma sonucunda prototip odasında 14kwh enerji tasarrufu sağlandığı görülmüştür. Klimanın gücüne göre klimanın 16 dakika çalıştırılmaması sonucunda 1 saatlik sürede %16 tasarruf sağlanmıştır. Binanın yüksekliğine bağlı olarak hava akışı ve sıcaklıkta sağlanan avantaj ile klimanın çalışma süresi 34 dakikaya kadar çıkabilmektedir. Bu, yapılacak enerji tasarrufunun 1 saatlik zaman içinde %16-50 arasında olabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Pasif havalandırma, Enerji tasarrufu, enerji, Isıl konfor, Tricklevent, Havalandırma, Hesaplamalı akışkanlar mekaniği, Bina cephe sistemleri.

Investigation of Tricklevent Innovative Passive Facade Ventilation System in Terms of Thermal Comfort and Energy Saving

Abstract

In our study, the effects of the Tricklevent passive ventilation system with the international patent application number 2013/08326 on thermal comfort and energy saving were examined. Tricklevent innovative passive ventilation system is a ventilation system placed on the facade and controlled by an automation system designed vertically or horizontally. In our study, a 14 m² prototype room with Tricklevent system was built and measurements were taken from places determined by thermocouples as the system was closed-open.

* Sorumlu Yazar: Bursa Teknik Üniversitesi, Müh. ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0001-8647-4861, furkan.sokmen@btu.edu.tr

The tests were conducted at 11:00 am during the hottest hours of the day on August 15-16, 2021. The system was also analyzed with computational fluid mechanics software. For numerical analysis, the Re number was calculated and it was determined that the flow was turbulent. The k-ε turbulence model was used in the analyses. In the analysis, independence from the network was studied. The Discrete Transfer model was used as the radiation model. 1009 W/m² solar load is defined. The velocity of the ambient air is calculated as 1.94 m/s, the pressure difference is 2.19 Pa and the air flow to be taken from the system is calculated as 0.024 m³/s. According to the results obtained in the tests, it has been determined that when the Tricklevent system is turned off, the indoor temperature exceeds the ambient temperature within 16 minutes with the effect of radiation, and the indoor temperature reaches a maximum of 30 °C in 16 minutes and 34.5 °C after 24 minutes when the system is on. It has been determined that a temperature drop of 2-3 °C is sufficient when Tricklevent Y.P.H.S is on, while the air conditioner should provide a temperature drop of approximately 6.5-7.5 °C when the system is off. It has been observed that the compressor operating time will be longer when the system is off. As a result of the study, it was seen that 14 kWh energy saving was achieved in the prototype room. According to the power of the air conditioner, as a result of not operating the air conditioner for 16 minutes, 16% savings were achieved in a 1-hour period. Depending on the height of the building, the operating time of the air conditioner can be up to 34 minutes with the advantage provided in air flow and temperature. This showed that the energy savings to be made can be between 16-50% in 1 hour time.

Keywords: Passive ventilation, Energy saving, Energy, Thermal comfort, Tricklevent, Ventilation, Computational fluid mechanics, Building facade systems.

1. Giriş

Günümüzde şehir merkezlerinde yüksek katlı yapılaşmayı etkileyen bir çok etken vardır. Bu etkenlerden en önemlisi şehir nüfusunun orantısız artışı ve dolaylı olarak konut ihtiyacının artmasıdır. Bu ihtiyacı geliştiren teknoloji ile karşılanabilir olması da yüksek katlı binaların yapılaşmadaki katkısını arttırmaktadır. Yüksek katlı binaların iş merkezi, konut maksadı ile sayısının artması beraberinde bazı teknik problemleri ortaya çıkarmıştır. Yüksek katlı yapıların yangına karşı korunması, bina içinde ulaşımı sağlayan asansör sistemleri, bina ısıtma ve soğutma sistemleri ana problemlerden olmuştur. Özellikle bina hacminin artması en yüksek enerji sarfıyatı olan ısıtma-soğutma sistemlerinin performansı önem kazanmıştır. Binalarda cephe; dış ortam koşullarını bina dışında tutan, binayı çeşitli dış etkilerden koruyan, aynı zamanda binaya estetik kazandıran bina için bir nevi filtre, manto görevi yapan bina yapısının parçasıdır. Cephe sistemleri dış ortamda bulunan ve bina içinin ihtiyaç duyduğu taze hava gibi girdileri bina içine alma görevini de yerine getirmektedir. Cephe tasarımı ve inşasını etkileyen bazı faktörleri binanın yüksekliği, çevre, bina kullanım maksadı olarak sıralanmaktadır. Yüksek bina gelişim süreci içerisinde cephe sistemleri çeşitleri aşağıdaki gibi oluşmaktadır (Erkenel, 2006)

1. Örgü Tekniği Cepheler
2. Hazır Panel Montajlı Cepheler
3. Metal Çerçeve Giydirmeye Cepheler
4. Cam Cepheler

Erkenel (2006) çalışmasında ele alınan ve Şekil 1.a'da görülen Commerzbank binasının dış cephesi lamine camla yapılmıştır. Cephe sistemi iki katmanlıdır. Bu katmanlar arasındaki boşluk ile doğal havalandırma sağlanmaktadır. Dış ortam havası dış cephenin kanatının açılması ile ara bölme

almaktadır. Ara bölme dolan dış taze hava iç kanatların açılmasıyla iç hacme alınmaktadır (Erkenel, 2006). Çift katmanlı cephelerde genelde içeride kalan pencere ve kanat sistemleri aracılığı ile taze hava alımı bir çok uygulamada görülmektedir. Genelde bu sistemler bina otomasyon sistemine bağlanmakta ve iç mekanda istenmeyen koşullar oluştuğunda sistem otomatik açılmakta ve ısıtma-soğutma sistemine destek olmak için kullanılmaktadır (Yılmaz, 2006).

Lakot (2007) yaptığı çalışmada ARAG Kulesinin cephe sistemini incelemiştir (Şekil 1 b). Cephede bulunan pencereler iki parça şekilde tasarlanmıştır. Pencerelerin 15 cm yüksekliğinde kısmı dış havayı iç hacme alma görevindedir. Cephe çift cephelidir. Üst şaft içerideki kirli havayı dışarı atarken 15 cm'lik bölmeden dış taze hava içeriye alınmaktadır (Lakot, 2007). Cephe çift cephelidir. Üst şaft içerideki kirli havayı dışarı atarken 15 cm'lik bölmeden dış taze hava içeriye alınmaktadır. Cephe boşluğu kış aylarında ayrıca yalıtım görevi yapmaktadır. Sistem ile yılın %50-60'ı iç ortam havalandırması yapılabilmektedir (Lakot, 2007).

Ünal (2006)'da yaptığı çalışmada Halenseestrabe Binasını incelemiştir (Şekil 2 a). Bu binanın son 7 katında çift cephe sisteminin kullanıldığını sistemin kanat açılması ile iç ortama taze hava almaktadır. Bu çalışmada genelde cephe sistemlerinin çift katman mantığına şekillendiği görülmektedir (Ünal, 2006). Şekil 2 b'de görülen RWE AG bina cephesi daha önce incelenen çalışmalarda olduğu gibi çift katmanlı cephe uygulaması yapılmıştır. Katmanlar arası 50 cm boşluk bulunmaktadır. Ara boşluk oluklu Al malzeme ile kaplanmıştır. Çalışmada ara bölmede kullanılan Al profillerin gelen güneş ışınlarını iç ortamdan uzaklaştırmak için olduğu ifade edilmiştir (Lakot, 2007; Yılmaz, 2006).

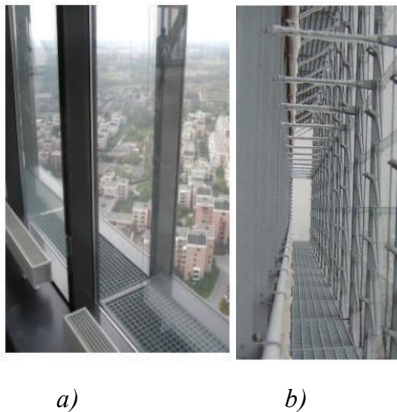


Şekil 1. a) Commerzbank binası dış cephe pasif havalandırma b) Arag 2000 Kulesi 'nin Şaft Tipi Çift Kabuk Cephe Sistemi



Şekil 2. a) Halenseestrasse Binası (Lakot, 2007) b) RWE AG bina cephesi (Yılmaz, 2006)

Yine çift katmanlı cephe uygulaması İsviçre 'de Kista Science kulesinde incelenmiştir (Şekil 3 a). Dış cephe pencerelerin alt ve üst kısmından mekanik kontrol ile havalandırma işlemini yapmaktadır. Hava cepheye döşeme seviyesinden alınmaktadır. Isınan hava pencere üst kotundan atılmaktadır. İş merkezi ve ofis olarak tasarlanan Debis Binasında cephe hareketli panjurlardan oluşmaktadır (Şekil 3b). Panjurlar 12 mm kalınlığında cam panjurlardır. Çift katmanlı olan cephede açısı ayarlanabilir panjurlar sayesinde güneş ışınlarının ısıl konforu bozması engellenmektedir.



Şekil 3. a) Kista Tower Binası çift kabuk ara boşluğunun görünüşü b) Debis Yönetim Binası

Çin 'de yaz ve kış ayları için çift katmanlı cephelerin havalandırma ve iç hacim konforuna etkileri incelenmiştir. Çalışmada havanın hava kanalına girmesinde farklı kanatçık modelleri denenmiştir. Elde edilen sonuçlarda yüksek yapı binalarda bu tür havalandırmanın iç konforu arttırdığı tespit edilmiştir. Çift cidarlı cephelerin ısıl performansı çalışmada ayrıca incelenmiştir. Özellikle radyasyon etkilerini azalttığı yönünde verilere ulaşılmıştır. Çalışma sonucunda çift cidarlı cephelerin yazın radyasyonu, kışın ise yalıtım manasında etkisinin olduğu ortaya konmuştur (Zhou & Chen, 2010). Shameri ve diğerlerinin 2011 'de yaptığı çalışmada çift katmanlı cephe sistemlerinde dikkat edilmesi gereken tasarım parametreleri üzerine çalışılmıştır. Bu parametrelere örnek vermek gerekirse cam seçimi, dış ortam basıncına dayanıklı montaj elemanları seçimi gibi etkileri incelemiş ve çift katmanlı cephe sistemlerine genel bir bakış ortaya koymuştur (Shameri et al., 2011). Hien ve ark.. 2005 yılında çift katmanlı cephe sistemlerini CFD metoduyla incelemiş ve bu tür sistemlerin bina enerji tüketiminde iyileştirmelere neden olduğunu ortaya koymuştur (Hien et al., 2005). Yılmaz ve Çetintaş 2005 yılında tek katmanlı ve çift katmanlı cephe sistemlerini İstanbul şartlarında kış mevsiminde inceleme yapmıştır. Sonuç olarak kış mevsiminde bu tür bir cephe sisteminin enerji verimliliğine etkisinin pozitif olacağı ortaya konmuştur (Yılmaz & Çetintaş, 2005). Shameri ve diğerlerinin 2011 'de yaptığı çalışmada cephe çalışmalarında hesaplamalı akışkanlar mekaniğinin cephe uygulamalarında önemine ayrıca

değirmiştir. Sıcaklık ve hava dağılımının önceden tahmin edilmesinde avantajları ortaya konmuştur (Shameri et al., 2011). Coussirat ve ark. 2008, CFD metodunu kullanarak hava akış ve ısı transferi açısından bina cephe sistemlerini incelemiştir. Numerik analizlerin deneysel verilerle doğrulandığı çalışma sonucunda görülmüştür(Coussirat et al., 2008). Bu çalışmada uluslararası patenti Metal Yapı LTD: ŞTİ.'de olan Tricklevent yenilikçi pasif havalandırma sistemi (T.Y.P.H.S) incelenmiştir. Literatürde incelenen çalışmalarda çift cephe uygulaması ve iki cephe arasındaki havanın mekanik tesisat ile hareketi sağlanmıştır. Ayrıca Yüksek binalarda 100 m'den sonra kanat-pencere açılması mümkün olmadığı için klima sistemine daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. TYPHS ile günün 24 saati cephe üzerinden taze hava ortama alınmaktadır. Tricklevent YPHS sisteminde tek cepheden 50 m³/h ve daha fazla hava girdisi sağlanarak iç hacim havalandırılmaktadır. Çalışmamızda literatürde yer alan CFD çalışmalarına ek olarak sayısal analiz çıktısı olarak ısı konfor parametresi PMV incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Tricklevent Y.P.H.S'nin performansını tespit etmeden önce havanın yükseklikle değişen özelliklerinin teorisinin bilinmesi gerekir. Buna göre hava yoğunluğunun değişimi: Atmosfer havasının yoğunluğu sıcaklık ve yükseklikle değişir. Eşitlik 1 ile yüksekliğe ve sıcaklığa bağlı yoğunluk hesap edilebilmektedir (Sathyajith Mathew, 2006).

$$\rho_a = \frac{353.049}{T} \exp\left(-0.034 * \frac{Z}{T}\right) \text{ kg/m}^3 \quad (1)$$

Z: Yükseklik (m), T: Sıcaklık (K)

Yine yüksekliğe bağlı Hava sıcaklığının değişimi Eşitlik 2 ile hesap edilmektedir (Sathyajith Mathew, 2006).

$$\left(\frac{dT}{dz}\right)_{\text{standart}} = -\frac{0.0066^\circ\text{C}}{\text{m}} = -\frac{0.00357^\circ\text{F}}{\text{ft}} \quad (2)$$

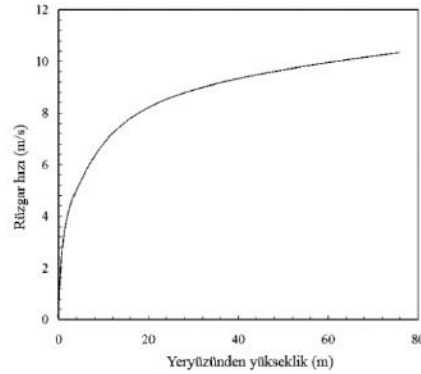
Rüzgar hızı yükseklikle değişir. Yer yüzeyindeki hava hızı sürtünme direnci nedeniyle yavaşlar (sınır tabaka etkisi). Bu sürtünme direncine hem yeryüzünün (toprağın) kendisi hem de bitki örtüsü (ağaçlar, bitkiler), binalar ve diğer yapılar sebep olur. Sürtünme direncine sebep olan bütün bu unsurlar yeryüzü pürüzlülüğü veya sadece yüzey pürüzlülüğü olarak adlandırılır. Yüzey pürüzlülüğü, pürüzlülük yüksekliği (Z₀) ile ifade edilir. Aşağıdaki tabloda pürüzlülük yüksekliği değerleri verilmiştir. Ayrıca Şekil.4'de rüzgâr hızının yükseklikle değişimi görülmektedir. Meteoroloji istasyonlarında genellikle 10 m yükseklikteki rüzgar hızı ölçülür (Sathyajith Mathew, 2006).

Sınır tabaka etkisi nedeniyle, rüzgar hızı yükseklikle logaritmik olarak artar. Eğer referans yerin yüksekliği Z_R ve pürüzlülük yüksekliği Z₀ ise Z yüksekliğindeki rüzgar hızı aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir (Sathyajith Mathew, 2006).

$$V(Z) = V(Z_R) \frac{\ln(Z/Z_0)}{\ln(Z_R/Z_0)} \quad (3)$$

Tablo.1: Değişik araziler için pürüzlülük yüksekliği (Sathyajith Mathew, 2006)

| Arazi Tanımı | Zo (mm) |
|------------------------|---------|
| Düzgün, Buz veya çamur | 0,01 |
| Sakin açık deniz | 0,2 |
| Dalgalı deniz | 0,5 |
| Kar yüzeyi | 3 |
| Çim | 8 |
| Otlak arazi | 10 |
| Nadas arazi | 30 |
| Ekilmiş arazi | 50 |
| Ağaçlık | 100 |
| Birçok ağaç ve binalar | 250 |
| Ormanlık | 500 |
| Ara mahalle | 1500 |
| Şehir merkezi | 3000 |



Şekil 4: Rüzgar hızının yükseklikle değişimi (Sathyajith Mathew, 2006)

Tricklevent Y.P.H.S dış ortamdaki havayı dış ortamdaki havanın hızından kaynaklı dinamik basınç sebebiyle iç ortama almaktadır.

$$P = \frac{1}{2} \rho_a V^2 \quad (4)$$

PMV değeri çalışanın ısı konforu algılama seviyesini gösteren, ortamda hissedilen sıcaklığı ya da soğukluğu notlayan, ASHRAE'nin 7 noktadan oluşan termal duyarlılık çizelgesidir. Çizelge -3 ile +3 arası değişim göstermektedir. PMV değerini hava sıcaklığı, hızı, nemi, çalışanın bedensel aktivitesi ve kıyafet özellikleri gibi etmenler etkilemektedir (Şekil 5).

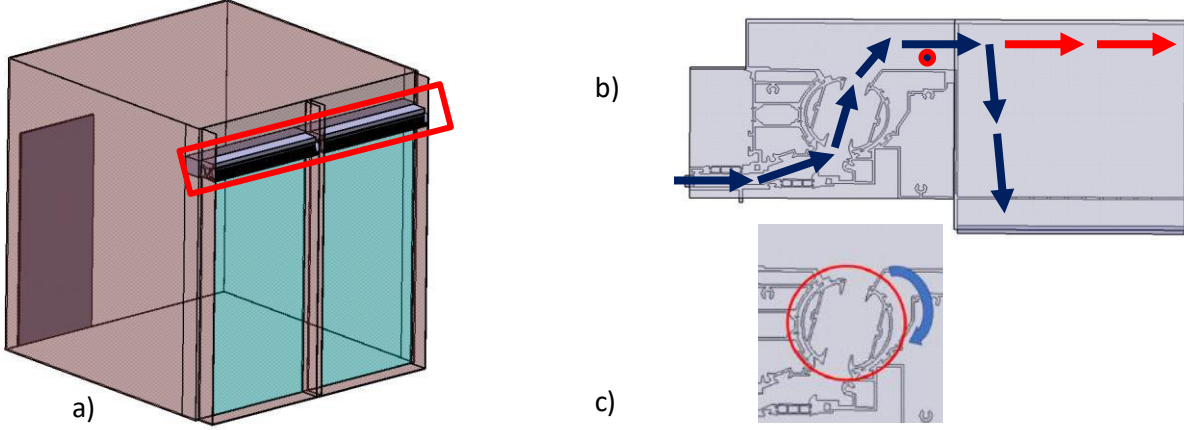
| Değer | Duyarlılık |
|-------|-------------|
| 3 | Sıcak |
| 2 | Ilık |
| 1 | Hafif ılık |
| 0 | Nötr |
| -1 | Hafif serin |
| -2 | Serin |
| -3 | Soğuk |

Şekil 5. ASHRAE Isıl duyarlılık çizelgesi (Ansi/Ashrae, 2004)

2.2. Metot

2.2.1. Geometri

Şekil 6 a'dan görüldüğü üzere kırmızı dikdörtgen içine alınmış dış ortama açık ve Şekil 5 b'de ayrıntısı verilen sistem Tricklevent Yenilikçi Pasif Havalandırma Sistemidir. Dış ortam havası Şekil 5 b'de görülen temsili mavi okların yolunu izleyerek oda içine dolmaktadır. Bu sistem bina yüksekliğinden bağımsız şekilde günün 24 saati havalandırma görevini yerine getirmektedir. Sistemin kötü ve iyi koşullarda deneysel ve sayısal



Şekil 6. a) Tricklevent YPHS örnek uygulaması b) Tricklevent YPHS detay c) Tricklevent YPHS çalışma prensibi

Çalışmamızda test ve analizlerinde kullanılan örnek oda 8 mm kalınlığında çift camlı, dış yüzeyleri film kaplı camlarda oluşmaktadır. Dış ortam hava akışı Şekil 6 b'de görülen mavi ok kısmından 1 Pa hava basınç farkında 41 m³/h hava akış debisi ile iç hacme girmektedir. Dış ortam havası ve iç ortam havası arasındaki basınç farkı Bernolite Denklemine dinamik basınç olarak bilinen Eşitlik 4'den hesap edilmiştir.

2.2.1. Deneysel Çalışma

Deneysel çalışmada öncelikli olarak 14 m² alana sahip oda birebir imal edilmiştir (Şekil 7). Oda çevresi normal binalarda kullanılan yalıtım sistemi ile yalıtılmıştır. Testler İstanbul'da ve en sıcak aylardan olan Ağustos ayında saat: 11:00'da yapılmıştır. Prototip odada öncelikli olarak oda cephesindeki Tricklevent Y.P.H.S kapalı olarak test yapılmıştır. Testlerin ve çalışmanın Ağustos ayı içinde yapılmasının sebebi Jubran & Peter, (2019) çalışmasında da bahsettiği gibi en yüksek soğutma yüküne ihtiyaç duyulan ay olmasından dolayıdır.



Şekil 7. Tricklevent YPHS prototip oda

olarak ile çalışılmıştır. Tricklevent YPHS çalışma prensibi geometri üzerinde Şekil 6 c'de izah edilmiştir. Şekil 6 c'de kırmızı daire içine alınmış döner sistem bina otomasyon sistemi ile günün istenilen saati ok yönünde otomatik olarak döndürülerek dış ortamda dinamik basıncı fazla olan hava iç ortama alınmaktadır.

Test başlangıcında oda iç sıcaklığı 28 °C, çevre sıcaklığı 32 °C ölçülmüştür. Güneş yükü ve dışarıdan herhangi bir şekilde taze hava alınmaması sebebiyle iç ortam havasında sıcaklık yükselmiş ve dış ortam sıcaklığında geçerek 16 dk içinde maksimum 34,5 °C'yi bulduğu tespit edilmiştir. Ölçümlerde kullanılan termokupulların ölçüm aralığı ve hata oranı Tablo 2'de verilmiştir. Termokupullar ilk ölçümlerde kırmızı dairenin olduğu yerden çevre havasının sıcaklığını, iç ortamda ise 1,7 m yükseklikten sarı dairenin olduğu yerden alınmıştır.

Tablo 2: Ölçüm elemanı özellikleri

| Termokupul | Ölçüm Aralığı | Hata Oranı |
|-------------------|---------------|------------|
| Standart (K Type) | 100°C/+400°C | -/+0,1°C |

Aynı test Tricklevent Y.P.H.S sistemi açık halde ertesi gün aynı saatte (11:00) tekrarlanmıştır. Tricklevent sisteminin açık olduğu testlerde termokupullar ilk testlerdeki yerlerine ek olarak Şekil 5 b'de kırmızı noktanın olduğu bölgeye yerleştirilmiştir. İkinci testten elde edilen değerlere göre aynı çevre sıcaklığında ve aynı güneş yükünde iç hacmin sıcaklığının dış ortam sıcaklığına ulaşamadığı ortam sıcaklığının maksimum 16-17 dk sonra 30 °C'yi bulduğu 24 dk sonra ise 32 °C çevre sıcaklığını bulduğu tespit edilmiştir.

2.2.2. Sayısal Çalışma

Sayısal çalışmada FloEFD hesaplamalı akışkanlar mekaniği ticari yazılımı kullanılmıştır. Çalışmada eleman sayısından bağımsızlık çalışması yapılmış ve bütün çözümler akışkan için 3324624, katılar için 1642250 eleman için yapılmıştır. Analizlerde Isı iletimi, taşınımı ve ışınım dikkate alınmıştır. Tricklevent tasarımı üretildiği malzeme olan Aliminyum (Al) olarak seçilmiştir. Güneş yükü 1009 W/m² olarak tanımlanmıştır. Testin yapıldığı gün 15 Ağustos 2021 günü hava hızı 6,9 km/s = 1,94 m/s hızla aktığı günlük verilerden elde edilmiştir. Çevre ve

iç ortam arasında Eşitlik 4'e göre hesaplanan basınç farkı 2,19 Pa olarak hesaplanmıştır. Bu hesaba göre Tricklevent sistemi 89 m³/h = 0,024 m³/s debi ile iç ortama dolmaktadır. Bu değere analize girdi olarak tanımlanmıştır. Havanın Tricklevent sistemi içinde akış karakteristiği için Re sayısı hesap edilmiştir. Re sayısı 52834 olarak hesaplanmıştır. Akış türbülanslıdır. Analizde çözüm için k-ε türbülans modeli seçilmiştir. Camların malzeme ataması program içinde "Glass" olarak yapılırken ışık geçirgenliği tanımlanmıştır. Işınım modeli olarak Discrete Transfer kullanılmıştır. Çevre sıcaklığı testlerde ölçüldüğü gibi 32 °C ve iç hacim başlangıç sıcaklığı testlerde ölçülen değer 27 °C olarak tanımlanmıştır. Ticari yazılım çözümler için Eşitlik 5, 6 ve 7'de verilen sırasıyla süreklilik, momentum ve enerjinin korunumu denklemlerini kullanmaktadır.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \mathbf{u}) + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} \mathbf{u} + \nabla p = \rho \mathbf{f} + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau}_{ij} \quad (6)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho h) + \nabla \cdot \rho h \mathbf{u} = \frac{D_p}{D_1} + \dot{q}''' - \nabla \cdot \mathbf{q} + \Phi \quad (7)$$

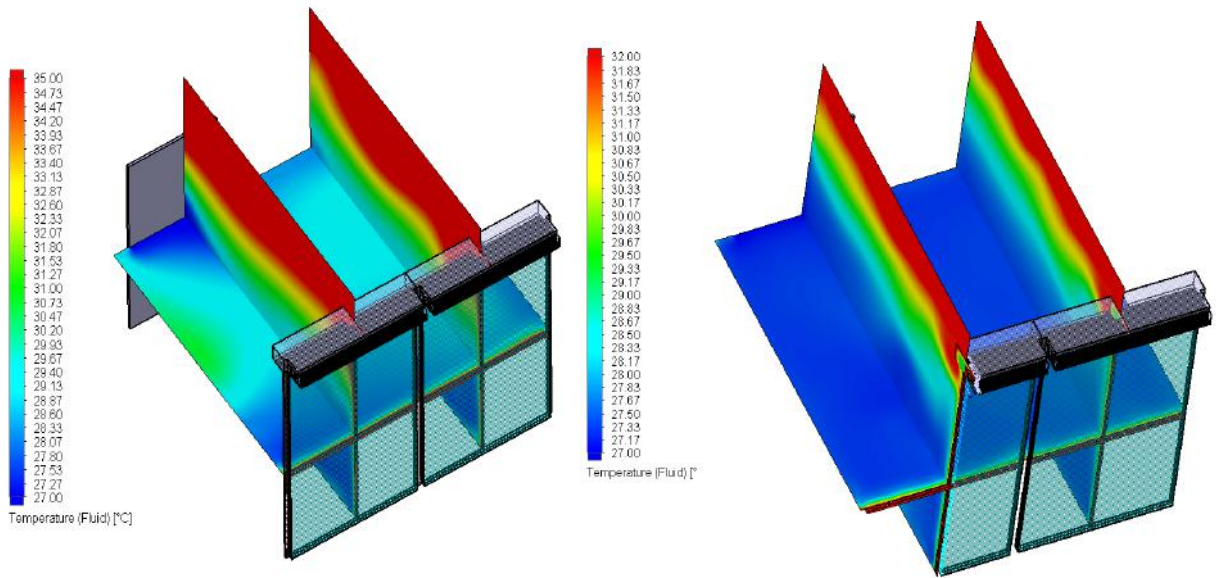
3. Sonuçlar

Test ve sayısal analiz sonuçlarına göre Tricklevent Y.P.H.S'nin iç ortamda gerek sıcaklık gerekse konfor göstergesi PMV değerini olumlu etkilediği tespit edilmiştir. Şekil 8'de Tricklevent sistemi ile sistem olmadığı halin sıcaklık dağılımları verilmiştir.

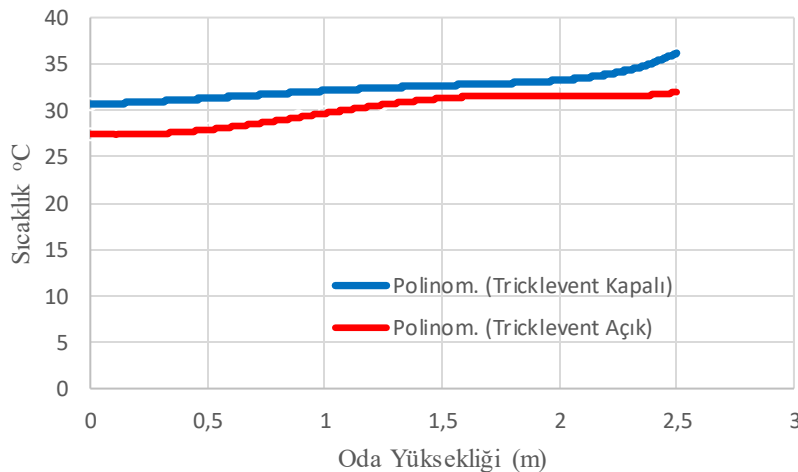
Test sonuçlarında sistem kapalı iken iç ortam sıcaklığının ortalamada dış ortam sıcaklığına geçtiği görülmüştür. Şekil 9'de Tricklevent sistemi açık ve kapalı karşılaştırmalı grafiğide test verisini doğrulamaktadır.

Tricklevent sistemi açıkken iç ortam ortalama sıcaklığı 29,72 °C iken sistem kapandığında ortalama sıcaklık 33 °C'yi bulmaktadır. Tricklevent sistemi iç ortamda sıcaklık düşümlü yakaladıktan sonra iç ortamda ısı konfor şartlarını nasıl etkilediği analizlerde incelenmiştir. PMV değeri bakımından sistem kapalıyken iç ortamın büyük çoğunluğu Şekil 10 a'ya göre sıcak (3) olarak nitelendirilirken Tricklevent sisteminin açık halinde iç ortam Şekil 10 b'ye göre ılık (2) olarak nitelendirilmiştir.

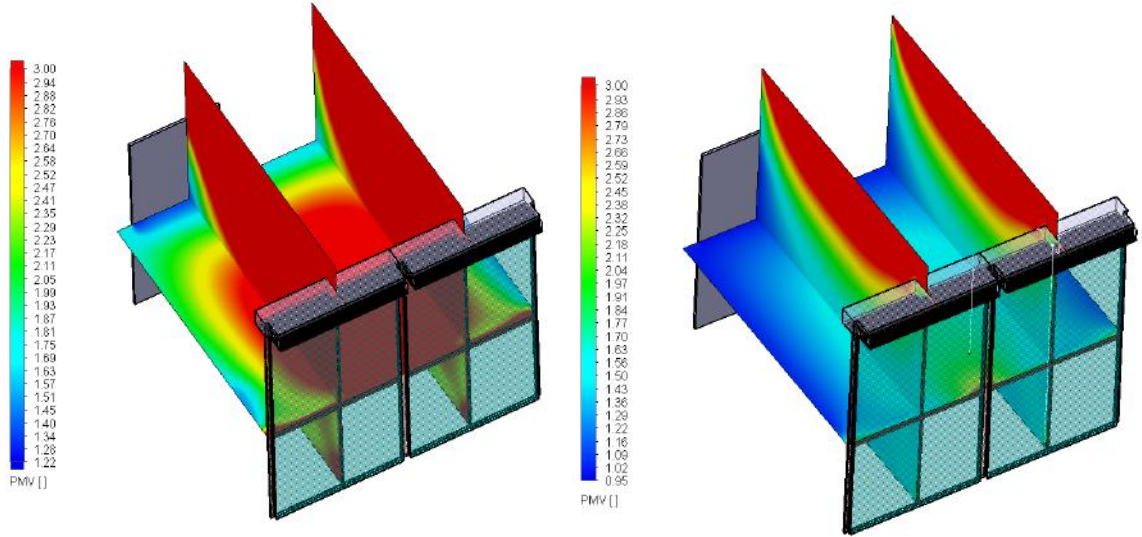
Dış ortam havasının Tricklevent sistemi içinde sıcaklığındaki düşüş Şekil 11'de verilmiştir.



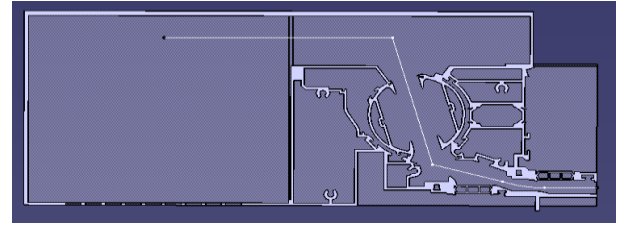
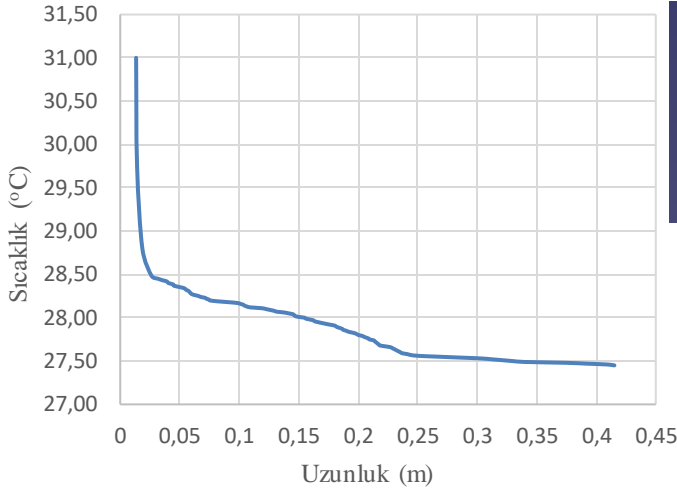
Şekil 8. Tricklevent sistemi sıcaklık dağılımı a) Kapalı b) Açık



Şekil 9. Tricklevent sistemi Açık-Kapalı sıcaklık karşılaştırması



Şekil 10. Tricklevent sistemi ısıl konfor PMV dağılımı a) Kapalı b) Açık

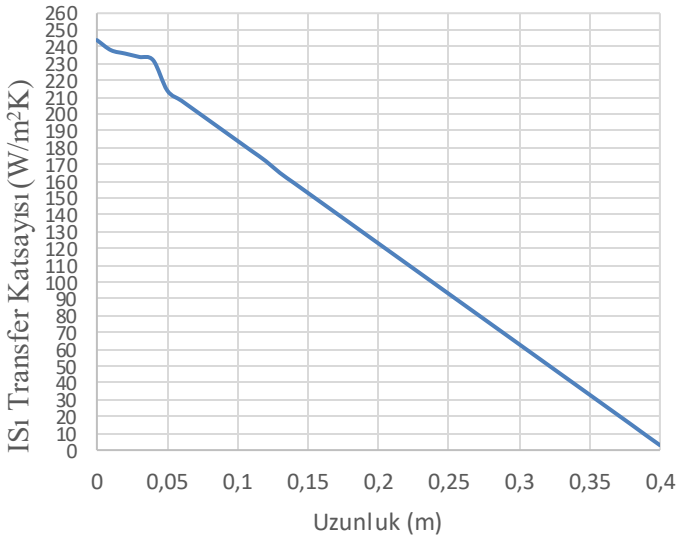


Sıcaklık dağılımı alınan doğru

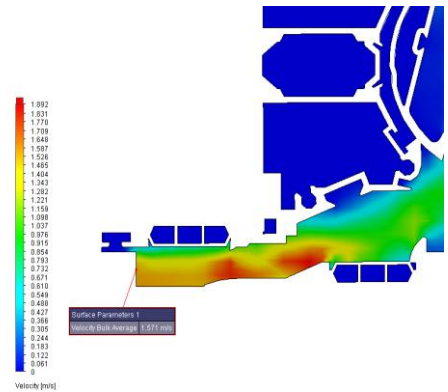
Şekil 11. Tricklevent sistemi içinde havanın sıcaklık düşümü

Trickevent sistemi içinde ısı taşınım katsayısının değişim grafiği Şekil 12'de verilmiştir. Sisteme giren havanın hızından kaynaklı akış tipinin türbülanslı olmasına bağlı olarak ısı taşınım katsayısı yüksek iken havanın yavaşlaması ile katsayımın düştüğü görülmektedir.

Teorik hesaplarda süreklilik denkleminde göre giriş hızı 1,53 m/s olarak hesap edilirken sayısal sonuçlarda giriş havası 1,57 m/s olarak tespit edilmiştir (Şekil 13).



Şekil 12. Tricklevent sistemi içinde ısı transfer katsayısı değişimi
e-ISSN: 2148-2683



Şekil 13. Tricklevent sistemi giriş hava hızı

4. Tartışma

Çalışmamızda elde ettiğimiz verilere göre Tricklevent Y.P.H.S sistemi bina cephelerine uygulandığında gerek ortam sıcaklığının yükselmesinde geciktirme gerekse ısıl konfor şartları bakımından iyileştirme sağlamaktadır. Yapılan testlerde prototip

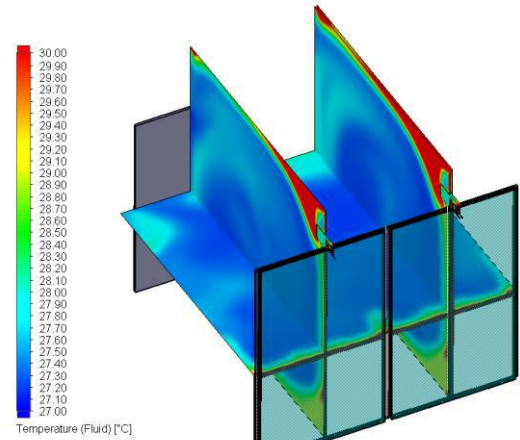
odası tek başına inşa edilmiştir. Sistemin bir binanın daha yüksek bölümlerinde uygulanması ile çevre havası ve iç ortam havasındaki basınç farkı artacak ve Eşitlik 2'ye göre çevre havasında sıcaklık düşümü sağlanacaktır. Böyle bir durum söz konusu olduğunda Tricklevent sisteminden içeri giren hava miktarı artacak ve içeri giren havanın sıcaklığı düşük olacaktır. Böyle bir durumda özellikle klima sisteminin çalıştırılması ertelenecektir. Çalışmamızda Tricklevent sisteminin açık olduğu durumda iç ortam sıcaklığının dış ortam sıcaklığına 24 dk gecikmeli olarak ulaştığı tespit edilmiştir. Sistem kapalıyken 34,5 °C gibi rahatsızlık veren sıcaklığa 16 dk içinde ulaşılırken sistem açıkken iç ortam sıcaklığının 16 dk'da en fazla 30 °C'ye çıktığı tespit edilmiştir. Tricklevent sisteminin Al malzemeden yapılmış olması, güneş kaynaklı ışıma maruz kalmaması kapalı hacmi dış sıcaklıklardan korumakta ve sistem içindeki havanın sıcaklığının daha düşük kalmasını sağladığı düşünülmektedir. Sunardi et al., (2020) ve Hoyt et al. (2009) çalışmalarına göre, klima ayarının her 1 °C'lik artışın elektrik sarfiyatında %3-6 tasarruf sağladığını belirtmiştir. Yine ACEEE'nin (Amerikan Enerji Verimliliği Ekonomisi Konseyi) çalışmalarına göre Klimanın elektrik tüketimini etkileyen faktörler : İç hava sıcaklığı, Dış ortam sıcaklığı, Odanın ısı yalıtımı ve Klimanın sıcaklık ayarı olarak sıralanmıştır. Bu veriler ışığında çalışmamızda Tricklevent sistemi ile cepheden pasif havalandırma yapılan örnek ofis için ilk 16 dk içinde sistemin açık olduğu testte oda sıcaklığı maksimum 30 °C'yi bulmaktadır. Klimanın insan sağlığını ve konfor şartlarını sağlamak adına 28-27 °C'ye ayarlandığı düşünülürse yani 2-3 °C'lik bir sıcaklık düşümü istenecektir. Sistem kapalıyken ilk 16 dk için iç sıcaklık 34,5 °C'yi bulmakta ve aynı konfor şartları için klimanın yaklaşık 6,5-7,5 °C'lik sıcaklık düşümü sağlaması gerekmektedir. Bu durumun klima tüketim enerjisine olumsuz etkileyeceği, TrickleVent sisteminin enerji maliyetini düşüreceği açık şekilde tespit edilmiştir.

Klimalarda enerji tasarrufu termostat ayarına ve dolaylı olarak kompresör çalışma süresine bağlıdır. Termostatın 18°C'ye ayarlanması ile 25°C'ye ayarlanması kompresör çalışma süresini direkt etkileyeceği için yüksek sıcaklık ayarlarında daha az enerji harcanacağı açıktır. Çalışmamızda da test odası sıcaklığı TrickleVent sistemi açıkken termostatı 27 °C'ye ayarlanmıştır. İç hacimdeki sıcaklık değişimini ilk 16 dk içinde $\Delta T = 3$ °C için kompresör daha kısa süre çalışacaktır. Sistem kapalı halde iken sıcaklık farkı $\Delta T = 7,5$ °C için kompresör daha uzun süre çalışacağı açıktır. Wang ve ark. 2013'te yaptığı çalışmada her 1 °C düşüm için m² başına harcanan enerji maliyetini ortaya koymuştur. Bu çalışmaya göre örnek vermek gerekirse $\Delta T = 1$ °C için 1 kWh/m² enerji sarfiyatı olduğunu bildirmiştir. Bu veriler çerçevesinde örnek ofis odası 14 m² olduğu düşünülürse termostat ayar sıcaklığı 27 °C alınrsa TrickleVent sistemi açık ve kapalı halde $\Delta T = 4$ °C avantaj sağlamaktadır. Bu da 14 m² örnek ofis için 14 kWh enerji tasarrufu sağlayacaktır. TrickleVent sistemi 1 Ocak 2022 tarihinden itibaren mesken aboneleri için aylık 150 kWh'e kadar olan tüketim miktarları için nihai fiyat 1,37 TL/kWh, aylık tüketimlerin 150 kWh'in üstündeki kısmı için ise 2,06 TL/kWh olarak uygulanmakta olan fiyatlandırmalara göre örnek ofis odamızda;

- 150 kWh'e kadar ise → 19,18 TL
- 150 kWh'in üstünde ise → 28,84 TL tasarruf ettirmektedir.

Triclevent sisteminin özellikle klima sistemi ile otomasyon üzerinden eş zamanlı ve ayrı ayrı çalışmasıyla yapılacak tasarrufun oranı arttırılabilir diye düşünülmektedir. Özellikle

Tricklevent Y.P.H.S'nin yüksek yapı binalarda kullanılması ile sistemde içeri alınacak hava debisinin artışı hava hızına bağlı olacak basınç farkına göre artış sağlayacak olması sistemin sağladığı enerji tasarrufunun %10'un üzerine çıkacağı göstermektedir. Çalışmamız test ve sayısal analizlerle doğrulandığı için örnek Tricklevent sisteminin 40 m yükseklikteki bir ofise uygulandığı düşünülüp sayısal analiz yapıldığında hava hızı Eşitlik 3'ten 8,58 m/s hesaplanmıştır. Hesaplanan hava hızına göre hava yoğunluk değişimi farkı ihmal edilirse 44 Pa bir basınç farkı elde edilecektir. Bu basınç farkında sistemden 1800 m³/sa = 0,5 m³/s hava girişi sağlanmış olacaktır. Yine 40 m yükseklikte hava sıcaklığı Eşitlik 2'ye göre 0,65 °C daha düşük olacaktır. Dış ortamdan içeri alınan havanın sıcaklığının göreceli olarak düşmesi, iç ortama alınan hava debisinin artmasıyla Tricklevent sistemi sayesinde iç ortam sıcaklığının 16 dk sonra 27,8 °C'de kaldığı konforu bozan sıcaklık değeri yada çevre sıcaklığı değerine 34 dk sonra ulaştığı tespit edilmiştir (Şekil 14). Bunun hem klima çalıştırma süresini hemde çalıştığı anda ayar sıcaklık farkının düşük olmasına sebebiyet vereceği görülmüştür. Yüksek yapı bir binada TrickleVent sistemi kullanıldığında örnek hesaplamada 34 dk. sonra çevre sıcaklığına ulaştığı tespit edilmiştir. Burada klima sisteminin her bir saatlik çalışma sürecinde 30 dk'lık geciktime yaptığımızda ve klima maksimum veri üzerinden 1100 W/sa enerji harcayacaktır. Bu da saatlik %50 tasarruf demektir. Ayrıca 40 m yükseklikte iç ortamda TrickleVent Y.P.H.S'nin özellikle gece pasif havalandırma pasif soğutma yapması günün 24 saati kullanılabilmesi, otomasyon sistemine bağlı olarak yüksek yapılarda enerji sarfiyatını azaltacağı çalışmamızda tespit edilmiştir.



Şekil 14. 40 m yükseklikte örnek ofis içi sıcaklık dağılımı

5. Teşekkür

Bu çalışma Tübitak 1501 Projesi kapsamında Dışardaki Havayı Şartlandırarak içeri alan Panel Cephe Projesi kapsamında üretilmiştir.

Kaynakça

- Ansi/Ashrae. (2004). ANSI/ASHRAE 55:2004 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. *Ashrae*, 2004, 30. <https://doi.org/10.1007/s11926-011-0203-9>
- Coussirat, M., Guardo, A., Jou, E., Egusquiza, E., Cuerva, E., & Alavedra, P. (2008). Performance and influence of numerical sub-models on the CFD simulation of free and forced convection in double-glazed ventilated façades. *Energy and*

- Buildings*, 40(10), 1781–1789.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.03.009>
- Erkenel, A. (2006). *YÜKSEK BİNA STRÜKTÜREL VE KABUK ALT SİSTEMLERİNİN İLİŞKİSİ VE GELİŞİMİ*.
- Hien, W. N., Liping, W., Chandra, A. N., Pandey, A. R., & Xiaolin, W. (2005). Effects of double glazed facade on energy consumption, thermal comfort and condensation for a typical office building in Singapore. *Energy and Buildings*, 37(6), 563–572. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.08.004>
- Hoyt, A., Lee, T., Ho Zhang, K., Hoyt, T., Ho Lee, K., Zhang, H., & Arens, E. (2009). Publication Date ENERGY SAVINGS FROM EXTENDED AIR TEMPERATURE SETPOINTS AND REDUCTIONS IN ROOM AIR MIXING. *Environmental Ergonomics*.
<https://escholarship.org/uc/item/28x9d7xj>
- Jubran, A., & Peter, B. (2019). Reducing high energy demand associated with air-conditioning needs in Saudi Arabia. *Energies*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/en12010087>
- Lakot, E. (2007). *Ekolojik ve sürdürülebilir mimarlık bağlamında enerji etkin çift kabuklu bina cephe tasarımlarının günümüz mimarisindeki yeri ve performansı üzerine analiz çalışması*. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Sathyajith Mathew. (2006). *Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics*. Wiley.
- Shameri, M. A., Alghoul, M. A., Sopian, K., Zain, M. F. M., & Elayeb, O. (2011). Perspectives of double skin facade systems in buildings and energy saving. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1468–1475.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.10.016>
- Sunardi, C., Hikmat, Y. P., Margana, A. S., Sumeru, K., & Sukri, M. F. bin. (2020). Effect of room temperature set points on energy consumption in a residential air conditioning. *AIP Conference Proceedings*, 2248(July).
<https://doi.org/10.1063/5.0018806>
- Ünal, M. (2006). *ÇİFT KABUK CEPHELERİN SİSTEMATİK ANALİZİ VE UYGULAMA ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ*. MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ.
- Yılmaz, Z. (2006). Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 91, 7–15.
- Yılmaz, Z., & Çetintaş, F. (2005). Double skin facade's effects on heat losses of office buildings in Istanbul. *Energy and Buildings*, 37(7), 691–697.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.07.010>
- Zhou, J., & Chen, Y. (2010). A review on applying ventilated double-skin facade to buildings in hot-summer and cold-winter zone in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(4), 1321–1328.
<https://doi.org/10.1016/J.RSER.2009.11.017>