

JSTER

JOURNAL OF SCIENTIFIC, TECHNOLOGY AND ENGINEERING RESEARCH

*Bilim, Teknoloji ve Mühendislik Araştırmaları Dergisi*

**ISSN: 2717-8404**

*Cilt/Volume: 1 Sayı/Number: 1 Yıl/Year: 2020*



# JOURNAL

**SCIENTIFIC – TECHNOLOGY - ENGINEERING**

**Bilim ⊕ Teknoloji ⊕ Mühendislik**

*<https://dergipark.org.tr/tr/pub/jster>*





## KÜNYE

### İmtiyaz Sahibi

Founder

Dr.Mehmet BULUT

### Genel Yayın Yönetmeni

Editor in Chief

Dr.Mehmet BULUT

### Editör Kurulu/

### Yayın Danışma Kurulu

Editorial and Advisory Board

Prof.Dr. Ali KARA

Atılım Üniversitesi

ali.kara@atilim.edu.tr

Prof. Dr. Ayhan İSTANBULLU

Balıkesir Üniversitesi

iyhan@balikesir.edu.tr

Prof.Dr .Osman TAYLAN

King Abdulaziz University

otaylan@kau.edu.tr

Dr. Hakan TORA

Atılım Üniversitesi

hakan.tora@atilim.edu.tr

Dr. İbrahim ÖZ

Türksat Genel Müdürlüğü

ibrahimo11z@gmail.com

Dr. Şenol PAZAR

Biruni Üniversitesi

senolpazar@gmail.com



<https://dergipark.org.tr/tr/pub/jster>

e-mail :

[jster.editor@gmail.com](mailto:jster.editor@gmail.com)

[mehmetbulut06@gmail.com](mailto:mehmetbulut06@gmail.com)

### EDİTÖR NOTU / Editor Note

Bilim, Teknoloji ve Mühendislik Araştırmaları Dergisi, akademik alandaki Türkçe kaynakların yaygınlaşmasına fırsat vermek amacıyla, literatüre içerik yönünden güçlü yayınların sağlanması ve mühendislik uygulamalarının tüm akademik ve teknoloji odaklı taraflara ulaştırılması amacıyla, yayın hayatına başlamıştır. Dergi, mühendisliğin tüm alanlarında teknoloji ve bilimsel odaklı çalışmaların kendine alan bulunduğu bir platform olmayı hedeflemektedir.

Bilim, Teknoloji ve Mühendislik Araştırmaları Dergisi, orijinal makaleler, araştırma makaleleri, mühendislik ve teknoloji araştırmalarının tüm bilimsel alanlarından makaleler ve uygulamaları yayınlayan hakemli, çevrimiçi bir ulusal ve uluslararası araştırma dergisi olmayı amaçlamaktadır. Bilim, teknoloji ve mühendislik ile ilgili makaleleri yayınlayan hakemli, açık erişim dergisidir ve yılda iki kez yayınlanır.

Bilim, Teknoloji ve Mühendislik profesyonelleri için gelişmiş bir bilgi platformu sağlar. Uluslararası bir açık erişim hakemli çevrimiçi dergi olan "Bilim, Teknoloji ve Mühendislik Araştırmaları Dergisi", bilim, mühendislik ve teknolojinin tüm alanlarını kapsayan orijinal araştırma makaleleri ve etkili iletişim sunar. Derginin öncelikli misyonu, tüm dünyadan yüksek kaliteli araştırmaların ileri gelen bir kaynağı olmaktır.

*Journal of Technology and Engineering Researches has started its publication life in order to provide strong publications in terms of content and to deliver engineering applications to all academic and technology-oriented parties in order to allow the dissemination of Turkish resources in the academic field. The magazine aims to be a platform where technology and scientific studies in all areas of engineering find space for itself.*

*The Journal of Science, Technology and Engineering Research aims to be a refereed, online national and international research journal that publishes original articles, research articles, articles and applications from all scientific fields of engineering and technology research.*

*The Journal of Science, Technology and Engineering Research is a refereed, open access journal that publishes articles on science, technology and engineering, and is published twice a year. Provides an advanced information platform for Science, Technology and Engineering professionals. The Journal of Science, Technology and Engineering Research, an international open access peer-reviewed online journal, offers original research articles and effective communication covering all areas of science, engineering and technology. The primary mission of the journal is to be a leading source of high-quality research from all over the world.*

### Kapsam / Scope

Dergide yayımlanan makaleler, izin alınmaksızın hiçbir şekilde başka bir yerde yayımlanamaz veya konferans, seminer, kongre gibi yerlerde bildiri olarak sunulamaz. Makalelerin bir kısmı veya tamamı, ancak dergimiz kaynak gösterilerek kullanılabilir.

*Articles published in the journal may not be published elsewhere without permission or can not be presented as a paper in conferences, seminars, congresses. Some or all of the articles can only be used by citing our journal.*

### Yayın Dili / Publishing Language

Dergide yayınlanacak makalelerin yayın dili olarak, Türkçe ve İngilizce dillerinde yazılmış makaleleri yayınlamaktadır.

*As the publication language of the articles published in the journal, it publishes articles written in Turkish and English.*

Üstelemek başarının temel unsurudur. Kapağı yeterince uzun süre ve yüksek sesle çalarsanız, birilerini uyandıracağınızdan emin olabilirsiniz.

Leonardo da Vinci



## İÇİNDEKİLER / CONTENT

### **Editorial / Editorial**

Effects of New Normal Life on Electricity Consumption in Covid-19 Process

*Covid-19 Sürecinde Yeni Normal Yaşamın Elektrik Tüketimi Üzerine Etkileri*

*Dr. Mehmet BULUT*..... 4 – 6

### **Araştırma Makalesi / Research Article**

*Makale Başlığı / Article Name*

*Sayfa/Pages*

Motor Sürücü Tasarımında Optimal Donanım Yapılarının Belirlenmesi

*Sedat İN, Mert Yahya YILMAZ, Hasan TİRYAKİ* ..... 7 – 12

Raspberry Pi 4 ile Sürücü Yorgunluk Tespiti ve Uyarı Sistemi

*Ayşenur ŞAHİN, Sevcan ÇİL, Ayhan İSTANBULLU* ..... 13 - 18

Hibrit Kontrol Ünitesi Tasarımında Giriş ile Çıktıların Belirlenmesi ve Bulanık Mantık Kontrolörün Oluşturulması

*Yılmaz Seryar ARIKUŞU, Mehmet Kamil KAZAKLI, Sedat İN, Nevra BAYHAN, Hasan TİRYAKİ*..... 19 – 24

Maksimum Güç Noktası İzleme Devresi Tasarımında PI ve PID Kontrolör Parametrelerinin Belirlenmesi

*Yılmaz Seryar ARIKUŞU, Nevra BAYHAN, Hasan TİRYAKİ*..... 25 – 30

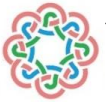
Yapay Zeka Tabanlı Araç Algılama Sistemi Geliştirilmesi

*Şenol Pazar, Mehmet Bulut, Cihan Uysal*..... 31 - 37



<https://dergipark.org.tr/tr/pub/jster>

e-mail : jster.editor@gmail.com / mehmetbulut06@gmail.com



# Editorial: Effects of New Normal Life on Electricity Consumption in Covid-19 Process

Mehmet BULUT

<https://orcid.org/0000-0003-3998-1785>, Ankara, Turkey

*Sorumlu Yazar / Corresponding author : Dr. Mehmet BULUT, <a href="mailto:mehmetbulut06@gmail.com">mehmetbulut06@gmail.com</a>	Geliş Tarihi / Received Date : 19 June 2020 Kabul Tarihi / Accepted Date : 21 June 2020 Yayın Tarihi / Published Date : 20 July 2020
Alıntı / Citation : Bulut M., (2020). Editorial: Effects of New Normal Life on Electricity Consumption in Covid-19 Process, Journal of Scientific Technology and Engineering Research, 1 (1), 4-6. DOI: <a href="https://doi.org/10.5281/zenodo.3902885">10.5281/zenodo.3902885</a>	

## Editorial: Covid-19 Sürecinde Yeni Normal Yaşamın Elektrik Tüketimi Üzerine Etkileri

### I. INTRODUCTION [GİRİŞ]

THE measures taken during the Covid-19 process, which started in the world with the new year, brought with it a new lifestyle. In this new lifestyle, it has increased the importance of digital communication and the electrical energy that it provides. Community life is evolving towards the new normal where social distance is maintained and interpersonal contact is reduced to a minimum. With this new process, it shows that digital publishing will be more effective in the future.

Due to the Covid-19 outbreak all over the world, people faced a brand new lifestyle. Urgent measures in countries where the first cases were seen forced people to rearrange their lives beyond encountering a different situation. Those who remained outside the mandatory business areas had to continue their work from home or were unemployed. This situation completely changed the domestic electrical energy consumption habits. In almost all sectors, slowing down production or stopping completely at some points caused the electricity consumption used in the industry to decrease significantly. Not only in electricity but also in transportation, heating and air conditioning routines have changed, it caused a change in demand and low consumption in almost all types of different energy types.

YENİ yıl ile birlikte dünyada başlayan Covid-19 sürecinde alınan tedbirler yeni yaşam tarzını da beraberinde getirdi. Bu yeni yaşam tarzında, dijital iletişimin ve bunu sağlayan elektrik enerjisinin önemini kat be kat daha da arttırmıştır. Toplum hayatı, sosyal mesafenin korunduğu ve kişiler arası temasın minimuma indirildiği yeni normale doğru evrilmektedir. Bu yeni süreç ile birlikte gelecekte dijital yayıncılığın daha da etkin olacağını göstermektedir.

Bütün dünyada Covid-19 salgını sebebiyle insanlar yepyeni bir hayat tarzı ile karşı karşıya kaldılar. İlk vakaların görüldüğü ülkelerde acil olarak alınan tedbirler, insanları farklı bir durum ile karşılaşmanın ötesinde hayatlarını yeniden düzenlemek zorunda bıraktı. Zorunlu olarak devam ettirilen iş alanları dışında kalanlar ya işlerini evden devam ettirmek zorunda kaldılar ya da işsiz kaldılar. Bu durum evsel elektrik enerjisi tüketim alışkanlıklarını baştan başa değişikliğe uğrattı. Neredeyse tüm sektörlerde, üretimin yavaşlatılması veya bazı noktalarda tamamen durdurulması, sanayide kullanılan elektrik tüketiminin büyük oranlarda düşmesine sebebiyet verdi. Sadece elektrikte değil; ulaşım, ısınma, iklimlendirme rutinleri de değiştiği için değişik enerji türlerinin hemen tüm türlerinde bir talep değişikliği ve tüketim düşüklüğüne sebep oldu.

## II. ELECTRICITY CONSUMPTION IN THE COVID-19 PROCESS [COVID-19 SÜRECİNDE ELEKTRİK TÜKETİMİ ]

In Turkey; The measures taken within the scope of combating the Covid-19 epidemic, quarantine practices, changes in working hours and similar measures were effective on the energy sector. First Covid-19 case in Turkey was recorded on March 11, 2020. And the fuel consumption began to fall primarily used in transportation by pulling in people's homes and social disconnection of communication as of this date.

The Coronavirus effect has also been reflected in the electricity consumption demand and the amount of consumption has undergone a great change in the negative direction. While factories that supply indispensable vital products for life consume a lot of energy, a considerable decrease has occurred in the electrical energy they consume because the majority of them have to stop their jobs [1].

After Covidien-19 outbreak, along with the world it has also affected Turkey, as the most effective way in the fight against the virus to new types of chorus, people are isolating themselves from social life and to stay home as much as possible and have begun to work from home. The result of an administrative decision taken in Turkey; in the Covid-19 period, a significant decrease was observed in the total electricity production with the closedness of many commercial establishments such as barbers, cafes, restaurants, and the production contraction in some sectors.

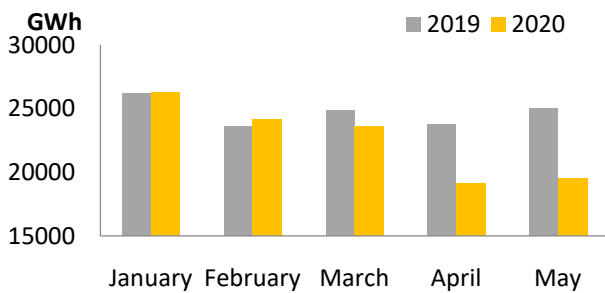


Fig.1. Electricity demand for 5 months in 2019, 2020

Despite the high drop in electricity consumption in commercial and industrial areas, the high number of people staying at home to protect against the virus caused a noticeable increase in electricity consumption of residential subscribers. The reduction in power generation due to the lower electricity demand, Turkey Load Dispatch Center prepared by using the data shown in Fig. 1 and Fig. 2.

Türkiye’de; Covid-19 salgını ile mücadele kapsamında alınan tedbirler, karantina uygulamaları, işe devam saatlerinde değişiklik ve benzeri tedbirler enerji sektörü üzerinde etkili oldu. Türkiye’de ilk Covid-19 vakası 11 Mart 2020 tarihinde kayda geçti. Bu tarihten itibaren insanların evlerine çekilmesi ve sosyal iletişimin kesilmesi ile öncelikle ulaşımda kullanılan akaryakıt tüketimi düşmeye başladı.

Koronavirus etkisi, elektrik tüketim talebine de yansımış ve tüketim miktarı negatif yönde büyük değişikliğe uğramıştır. Yaşam için vazgeçilmez yaşamsal ürünleri tedarik fabrikalar fazla enerji tüketirken, çoğunluğu ise işlerini durdurmak zorunda kaldıkları için tükettikleri elektrik enerjisinde hatırı sayılır bir azalma meydana geldi [1].

Covid-19 salgını sonrasında, dünya ile beraber Türkiye de etkilemiş, yeni tip korona virüse karşı mücadelede en etkin yol olarak, kişiler sosyal yaşamdan kendilerini izole ederek ve mümkün olduğunca evde kalmaya ve evden çalışmaya başlamışlardır. Türkiye genelinde alınan idari karar sonucu; berber, kafe, restoran gibi pek çok ticarethanenin kapalı olması, bazı sektörlerde üretimin ciddi anlamda daralması ile Covid-19 döneminde toplam elektrik üretiminde önemli bir düşüş gözlenmiştir.

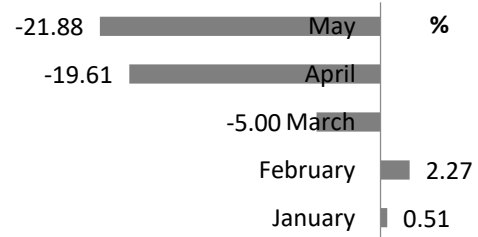


Fig.2. Electricity consumption change in 2020 compared to 2019

Ticarethane ve sanayideki elektrik tüketimindeki yüksek düşüşe karşın virüsten korunmak için evde kalan kişilerin sayısının çokluğu, bu süreçte mesken abonelerinin elektrik tüketiminde fark edilebilir oranda bir artışa sebep olmuştur.

Elektrik talep düşmesine bağlı olarak elektrik üretimindeki düşme, Türkiye Yük Tevzi Merkezi'nin verileri kullanılarak hazırlanan Şekil 1 ve Şekil 2'de ile gösterilmiştir. Türkiye'de Covid-19 virüsünün ilk defa görüldüğü 11 Mart tarihinden itibaren, elektrik talebinin azalmasıyla meydana gelen üretim düşüşü, mart ayından sonra nisan ve mayıs aylarında katlanarak devam etti.



Turkey is seen for the first time in the Covid-19 virus since March 11, electricity demand caused by the reduction of production decline after March and April continued to show the effects exponentially in May.

In 2019, the electricity demand of January and February was 26140 GWh and 23578 GWh, respectively, whereas it increased by 0.5% and 2.2% in 2020 to 26274 GWh and 24113 GWh, respectively, in January and February 2020. With the occurrence of the first cases in Turkey Covidien-19, last in 2019; In March, April and May, respectively, it was 24866 GWh, 23795 GWh and 25027 GWh, while in the same months of 2020 it was 23623 GWh, 19130 GWh and 19551 GWh, respectively. Accordingly, the electric production in March of 2020 in Turkey decreased by 5% compared to March of 2019, while in 20% and May in April, 22% about demand reduction has occurred [2]. Considering the first five months of 2020, it is seen that there is a decrease in electricity demand decrease by 10.7 billion kWh compared to 2019.

### III. CONCLUSION[ SONUÇ]

In Turkey, Covidien-19 virus cases have faced On March 11 the first time and since that date, despite having entered the residential users of electricity consumption tends to increase, closing their businesses due to the measures taken against virus outbreaks corona, the decision to hold off the scope of the measures taken in the commercial, In many manufacturing sectors, electricity demand decreased due to the switching of factories. The necessity to work from home, remote work technology and the use of various video conferencing software reached the maximum level in this process. Since teleconferences, webinars, online lessons were replaced by face-to-face meetings, the importance of communication tools and internet infrastructure showed itself.

The Journal of Science, Technology and Engineering Research, which started its publishing life in such a process, has chosen itself as a breath of academic studies in its new normal life and has chosen national and international goals. Our journal accepts articles in both Turkish and English so that academic papers in Turkish deserve a stronger place in the scientific world.

The results of technology oriented engineering research, development and application projects in all disciplines of basic engineering aim to be a national / international platform where the outputs of engineering theses are published.

2019 yılında Ocak ve Şubat aylarının elektrik talebi sırayla 26140 GWh ve 23578 GWh olmuş, buna karşın 2020 yılında %0.5 ve %2.2 lık artışlar ile 2020 yılının Ocak ve Şubat aylarında sırasıyla 26274 GWh ve 24113 GWh olarak gerçekleşmiştir. Türkiye’de ilk covid-19 vakasının görülmesiyle beraber, geçen 2019 yılında; Mart, Nisan ve Mayıs aylarında, sırasıyla 24866 GWh, 23795 GWh ve 25027 GWh olarak gerçekleşirken, 2020 yılının aynı aylarında sırasıyla 23623 GWh, 19130 GWh ve 19551 GWh olmuştur. Buna göre, Türkiye’de 2020 yılının mart ayındaki elektrik üretimi 2019 yılının mart ayına göre %5 düşerken, nisan ayında %20 ve mayıs ayında ise %22 civarında talep azalması meydana gelmiştir [2]. 2020 yılının ilk beş ayı göz önüne alındığında, 2019 yılına göre 10.7 Milyar kWh elektrik talep azalması olduğu görülmektedir.

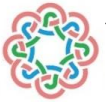
Türkiye Covid-19 virüsü ile ilk defa 11 Mart günü yüzyüze gelmiş ve bu tarihten itibaren, mesken kullanıcılarında elektrik tüketimi artma eğilimine girmesine rağmen, korona virüs salgınına karşı alınan önlemler nedeniyle iş yerlerinin kapanması, ticarethanelerin alınan tedbirler kapsamında kapalı tutulmasına karar verilmesi, birçok üretim sektöründe fabrikaların şalter kapatması sebebiyle elektrik talebinde azalma oldu. Evden çalışma zorunluluğu, uzaktan çalışma teknolojisi ve çeşitli video konferans yazılımlarının kullanımı bu süreçte maksimum seviyeye ulaştı. Yüz yüze toplantıların yerini tele konferanslar, webinarlar, online dersler aldığı için iletişim araçları ve internet altyapısının önemi kendini göstermiş oldu.

Böylesi bir süreçte yayın hayatına başlayan Bilim, Teknoloji ve Mühendislik Araştırmaları Dergisi yeni normal yaşamda akademik çalışmalara bir nefes olma gayreti ile kendisine ulusal ve uluslararası hedefler seçmiş bulunmaktadır. Türkçe akademik makalelerin bilim dünyasında kendisine hak ettiği daha güçlü bir yer edinebilmesine yönelik olarak dergimiz makaleleri hem Türkçe hem de İngilizce olarak kabul etmektedir.

Temel mühendisliklerin tüm disiplinlerinde teknoloji odaklı mühendislik araştırma, geliştirme ve uygulama projelerinin sonuçları, yapılan mühendislik tezlerinin çıktılarının yayımlandığı ulusal/uluslararası bir platform olmayı hedeflemiştir.

### KAYNAKLAR [REFERENCES]

- [1] T. Mylenka, Impact of Covid-19 on the global energy sector, <https://www.pv-magazine.com/2020/04/24/impact-of-covid-19-on-the-global-energy-sector/> (LST: 21 June 2019)
- [2] Load Dispatcher Information System webpage, <https://ytbsbilgi.teias.gov.tr/ytbsbilgi/ytbsbilgi.jsf>



# Motor Sürücü Tasarımında Optimal Donanım Yapılarının Belirlenmesi

Sedat İN<sup>1</sup>, Mert Yahya YILMAZ<sup>2</sup>, Hasan TIRYAKI\*

\*<sup>1,2</sup>Istanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding author : [hasan.tiryaki@istanbul.edu.tr](mailto:hasan.tiryaki@istanbul.edu.tr)

<sup>1</sup>S.İN, [orcid.org/0000-0001-7784-9334](https://orcid.org/0000-0001-7784-9334),

<sup>2</sup>M. Y. YILMAZ, [orcid.org/0000-0003-2975-8790](https://orcid.org/0000-0003-2975-8790),

Geliş Tarihi / Received Date

15.06.2020

Kabul Tarihi / Accepted Date

16.06.2020

Yayın Tarihi / Published Date

20.07.2020

Alıntı / Citation :

İN, S., Yılmaz, M., Y., Tiryaki, H., (2020). *Motor Sürücü Tasarımında Optimal Donanım Yapılarının Belirlenmesi*, Bilim, Teknoloji ve Mühendislik Araştırmaları Dergisi, 1(1), 7-12.

## Determination of Optimal Hardware Structures in Motor Drive Design

**Özet** – Günümüzde, çevresel konular ve ekonomiklik v.b doğrultusunda hibrit ile elektrikli araçların kullanımı hem dünyada hem de ülkemizde her geçen gün artmaktadır. Elektrikli motordan güç alarak hareket eden elektrikli otomobiller ile hem elektrik hem de hidrokarbon yakıt ile çalışan motor içeren hibrit tip otomobiller tasarlanmakta ve yaygın kullanıma sunulmaktadır. Bu çalışmada hibrit ve elektrikli araçlar için yüksek güç ve yüksek verim özelliklerini sağlayan 96V ile 150V gerilim aralığında çalışan bir Fırçasız Doğru Akım Motor (FDAM) sürücüsünün elektronik kart tasarımı yapılmıştır. Tasarım yapılırken dikkat edilmesi gereken donanım yapılarından bahsedilmiştir. Deney aracı olarak seçilen bir hafif ticari araç için tasarımı yapılan motor verileri kullanılarak, uygulama esnasında motorun ihtiyaç duyacağı parametreler (akım, gerilim vb.) referans alınmış, motor sürücü tasarımı bu parametreler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Fırçasız doğru akım motor sürücüsünün, yüksek güç değerlerinde anahtarlama yapıyor olması ve olası dış etkiler elektromanyetik giriş sebepleri olacaktır. Bu tasarımda oluşturulan motor sürücüsünün oluşacak olası elektromanyetik girişlerden mümkün olduğunca en az şekilde etkilenmesi amaçlanmış, uygun elektrik elemanları seçimlerine dikkat edilmiştir. Modüler bir yapı kullanılarak izolasyon sağlanması ve kolay entegre olabilmesi amaçlanmış, tasarımları yapılan motor sürücü bu doğrultuda oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** FDAM Motor Sürücü, Donanım Yapıları, ElektronikKart Tasarımı.

**Abstract**—Today, the use of hybrid and electric vehicles is increasing day by day in the world and in our country in line with environmental issues, economy, etc. Electric cars that move with the power of the electric motor and hybrid type cars, which are powered by both electric and hydrocarbon fuels, are designed and offered for widespread use. In this study, the electronic card design of a Brushless Direct Current (BLDC) motor driver working in the range of 96 V to 150 V and providing high power and high efficiency for hybrid and electric vehicles is mentioned. Hardware structures that should be considered while designing are mentioned. Using the engine data designed for a light commercial vehicle selected as a test vehicle, the parameters (current, voltage, etc.) that the engine will need during the application are taken as reference, and the motor driver design has been carried out in line with these parameters. The brushless DC motor driver's switching at high power values and possible external effects will cause electromagnetic input. The motor driver created in this design is intended to be least affected by possible electromagnetic inputs, and attention has been paid to the selection of suitable electrical elements. It is aimed to provide isolation and integrate easily by using a modular structure, and designed motor driver is created in this direction.

**Index Terms:** BLDC Motor Driver, Hardware Structures, Electronic Card Design.

## I. GİRİŞ [INTRODUCTION]

GELİŞEN teknoloji ve fosil yakıtların dünya üzerindeki azalışı yeni araç konseptlerinin doğmasına sebep olmuştur. Üretici firmalar içten yanmalı motorlar yerine yüksek enerji verimliliği sağlayan elektrikli ve/veya hibrit araçlara yönelmeye başlamıştır. Yeni konsept bu araçların en büyük dezavantajı menzil problemidir. Batarya teknolojisinin istenilen düzeyde geliştirme gösterememesi, maliyetlerinin yüksek olması ve batarya hücrelerinin yaşam döngüsünün istenilen sayılara ulaşamaması gibi problemlerden dolayı menzil problemi bir türlü çözülememiştir. Enerji depolanması problemleri çözülemediği için depolanan enerjinin en verimli şekilde kullanılması büyük önem kazanmıştır. Bunun sonucunda da farklı motor ve motor sürücü tipleri ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkan bu modeller içerisinde en çok tercih edilenlerden biride fırçasız doğru akım motorlarıdır [1, 2].

Fırçasız doğru akım motorları yüksek verimliliğe sahip motorlar oldukları için “İçten Yanmalı Motorlu Taşıtlar İçin Yakıt Verimliliğini Artırıcı ve Yenilikçi Teknolojilerin Geliştirilmesi” başlıklı TÜBİTAK ARDEB 1003 projesinde fırçasız bir doğru akım motoru kullanılmasına karar verilmiştir. Fırçasız doğru akım motorlarının yüksek verimlilikte çalışabilmesi için motora ait sürücüye ait donanım yapısının da bir o kadar doğru ve çalışma prensiplerine uygun olarak tasarlanması gerekmektedir [2, 3]. Sistemin maksimum verimlilikte ve maksimum güvenlikte çalışması için motor sürücü yapısının tasarım aşamaları büyük önem kazanmıştır. Sistem için üretilecek olan elektronik kartların tasarımı sırasında ortaya çıkabilecek tüm problemler değerlendirilerek gerekli testler ve analizler tasarım programları üzerinden yapılmaktadır. Kullanılan anahtarlama elemanlarının frekans değerleri ve komütasyon işleminde konum algılamak için kullanılacak olan hall effect sensör özel olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada yukarıda belirtilen özellikleri sağlamaya yönelik bir fırçasız doğru akım motoru sürücüsü tasarımı gerçekleştirilmiş ve kullanılan donanım yapıları hakkında detayı bilgi verilerek dikkat edilmesi gereken unsurlar belirtilmiştir.

## II. MOTOR SÜRÜCÜ SİSTEM YAPISI [MOTOR DRIVE SYSTEM STRUCTURE]

Motor Sürücüsistemi, dört ayrı elektronik kartı bünyesinde barındıran modüler bir sistemdir. Modüler bir yapı oluşturulması sayesinde fazların tetiklenmesi

aşamasında oluşacak sıcaklığın işlemciyi en az seviyede etkilemesi ve anahtarlama işlemlerinin en az gürültü ile en sağlıklı şekilde gerçekleşmesi sağlanmaktadır. Sistem; Regüle Kartı, Kontrol Kartı, Güç Kartı ve motor içerisine yerleştirilecek olan Hall Sensör Kartı olmak üzere dört ana PCB ile ayrıştırılmıştır.

Regüle Kartı, Kontrol Kartı ve Güç Kartı tek bir paket içerisinde yer alacağı için tasarım bu doğrultuda yapılmıştır. Montaj deliklerine bağlanacak distanslardan bir kısmının aynı zamanda enerji iletim hattı olarak kullanılacağı göz önünde bulundurulmuş, montaj elemanlarının yüksek iletkenliğe sahip pirinç distanslar (öziletkenlik:17S) ile yapılmasına karar verilmiştir. Oluşturulan sisteme ait kartların birbiri ile ilişkisini gösteren görseller Şekil1 ve Şekil2 ile belirtilmiştir.



Şekil 1. Motor Sürücü Sistemine ait kartların sistem içerisinde yerleşimi ön görünümü

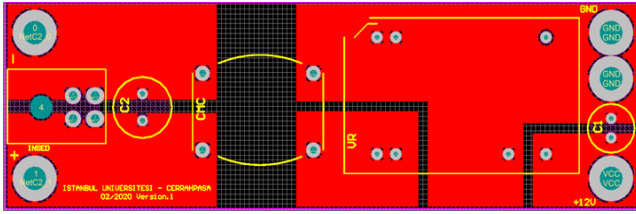


Şekil 2. Motor Sürücü Sistemine ait kartların sistem içerisinde yerleşimi yan görünümü

### A. Regüle Kartı (Regulation Card)

Motor sürücü sisteminin ihtiyaç duyduğu 12 Volt gerilimin karşılanacağı karttır. Harici bir 12 V gerilim beslemesine ihtiyaç duymamak amacıyla tasarlanmıştır. 96 - 150 V arasındaki değişken gerilim girişini 12 V gerilim seviyesine indirger, böylelikle Kontrol Kartı, Güç Kartı, Hall Sensör Kartı gibi diğer birimlerin ihtiyaç duyduğu 12 V gerilim Regüle Kartına ait çıkışlardan sağlanır. Regüle kartına ait distanslar montaj elemanı olarak kullanımının yanı sıra enerji iletim hattı olarak da kullanılmaktadır. Kontrol kartı içerisinde motora aktarılan enerjinin elektriksel büyüklüğü regüle karta ait batarya girişlerinden pirinç distanslar ile kontrol kartına aktarılır ve kontrol kartında yapılan gerilim bölücü işlemi ile giriş gerilim seviyesi izlenebilir. Regüle karta ait 12 V çıkışlar Şekil3’de en sağ tarafta yer alan 3 adet hole aracılığıyla bağlanacak olan distanslar üzerinden gerçekleştirilir.



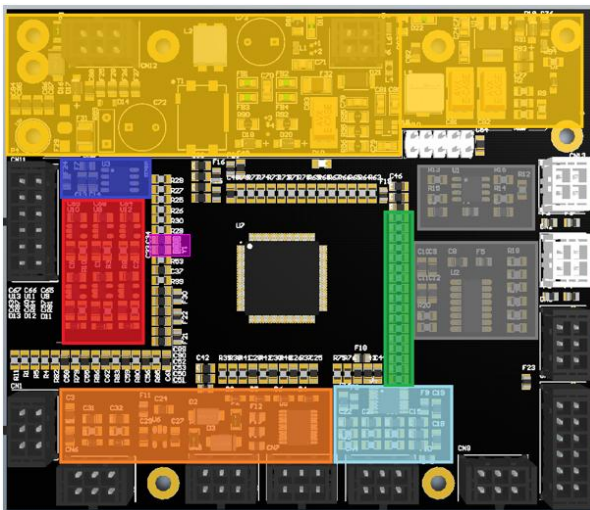


Şekil 3. Regüle Kartı elektronik kart tasarımı

### B. Kontrol Kartı (Control Card)

Mikro işlemci ve çevresel birimlerin yer aldığı karttır. Giriş-Çıkış birimleri, haberleşme portları, analog dijital çevirici filtrelemeleri ve hall sensör girişleri bu kart içerisinde kontrol edilmektedir.

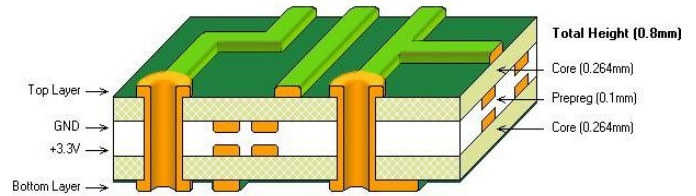
Kontrol kartına ait kart tasarımı yapılırken sistem şematik tasarımları ve PCB tasarımları ile beraber elektriksel malzemelerin kart üzerinde konumlandırılması da büyük önem teşkil eder [4, 5]. Doğru tasarım yapılmaz ise sistem istenen şekilde çalışmayabilir. Bu öngörü doğrultusunda, harici hafıza birimi işlemciye yakın bir şekilde konumlandırılmıştır. İşlemci besleme girişlerinde oluşacak çığ gerilim dengesizliklerini önlemek için kullanılan kapasiteler, işlemcinin bağlı bulunduğu pinine oldukça yakın konumlandırılmıştır. Analog ölçümler ile dijital ölçümlerin yapılacağı yerler birbirlerinden uzak tutulmuş ve olası parazitler engellenmeye çalışılmıştır. Harici sinyal üretici olan osilatör işlemciye oldukça yakın konumlandırılmıştır [6]. Haberleşme bağlantıları birbirlerine yakın ve analog yapılar uzak konumlandırılmıştır. Şekil 4'de kontrol kartı tasarımı ve çevresel birimlerin kart üzerindeki konumlandırılmaları gösterilmiştir.



Şekil 4. Kontrol kartı tasarımı ve çevresel birimlerin kart üzerindeki konumlandırılmalarının gösterimi

Şekil 4'de gösterilen görselde sarı kutucuk ile işaretli alan sistemin çalışması için gerekli olan enerji dönüşümlerinin yapıldığı gerilim dönüşüm kısmıdır. Koyu mavi kutucuk ile işaretlenen kısım harici hafıza biriminin olduğu kısımdır. Kırmızı kutucuk ile işaretlenen birim ADC (Analog Digital Converter) girişleri için kullanılan buffer filtrelemeli opampların olduğu kısımdır. Pembe kutucuk ile işaretlenen kısım sinyal üreticinin olduğu kısımdır. Turuncu kutucuk ile gösterilen alan IO (Giriş-Çıkış) bağlantılarının olduğu kısımdır. Açık mavi kutucuk ile gösterilen alan hall sensör veri akışının olduğu alandır. Yeşil kutucuk ile gösterilen alan Güç Kartında mosfetlerin sürülmesini sağlayan tetik darbelerinin aktarıldığı alandır. Gri kutucuk ile gösterilen yapı haberleşme bağlantılarının olduğu kısımdır.

Kart tasarımı aşamasında elektriksel sinyallerin birbirinden izole halde iletilmesi en önemli unsurlardan birisidir [7]. Yapılan çalışmada yoğun sinyal hatlarının bulunması nedeniyle çakışmalar söz konusu olmaktadır. Bu elektrik sinyallerinin çakışmasını engellemek için sinyal hatlarının alt ve üst yollar aracılığıyla taşınmasına karar verilmiştir [8]. Fakat bu tasarımlarda iletim hatlarının birbirlerine yakın noktalardan geçmesi alt ve üst tabakalarda olsalar dahi parazit etkileri oluşturabilir ve sistem istenilen şekilde çalışmaz. Öngörülen bu sıkıntıları çözmek için tasarım, 4 katlı PCB teknolojisi kullanılarak yapılmıştır [9]. Böylelikle sinyal izolasyonu daha rahat sağlanacaktır. Dört katlı kontrol kartı sandviç modeli kullanılarak yapılmaktadır. Söz konusu yapı Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Dört katlı PCB sandviç modeli [9]

Şekil 5'de gösterilen dört katlı PCB sandviç modelinde üst ve alt katmanlar sinyallerin geçiş yapması için kullanılmaktadır. İç ve dahili olan 2 katman ise birisi toprak hattı diğeri besleme hattı olarak kullanılmaktadır [10]. Böylelikle oluşturulan kart alt ve üst katmanları kapasitif bir yapı ile izole etmektedir. Besleme ve toprak hatları bu yapı içerisinde bir kapasitör gibi davranıyor denilebilir.

### C. Güç Kartı (Power Card)

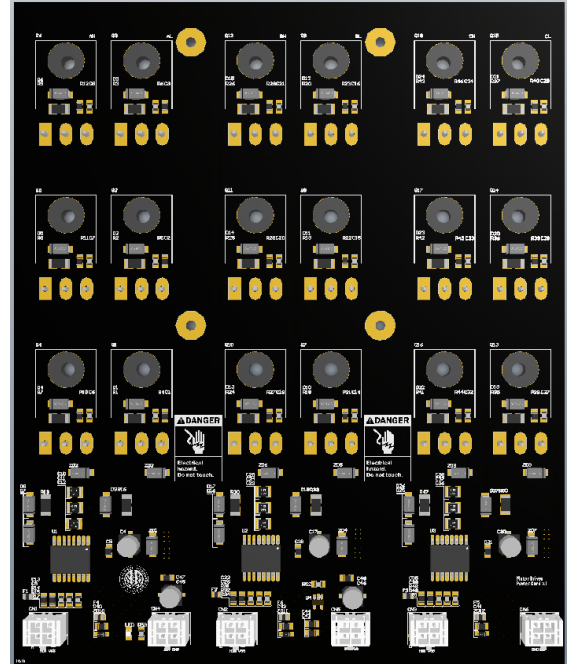
Güç Kartı Motor Sürücü sisteminin en fazla görev üstlenen ve en dikkat edilmesi gereken birimidir. Tüm faz tetikleme işlemleri bu kart üzerinde gerçekleşir. Yüksek güç anahtarlamalarının yapılması nedeniyle sistem fazlasıyla ısınabilmektedir. Sistem tasarımı yapılırken mosfetlerin kart üzerinde konumlandırılmasında soğutucu heat sink yapılarının kullanımı şarttır.

Tasarlanan 96-150V gerilim aralığında çalışacak olan motor için araç ağırlığı ve ivmelenmeler göz önüne alındığında motorun çalışma esnasında yüksek güç tüketiminde bulunacağı ve bu nedenle motor sürücü yapısının yüksek akım değerlerine olanak sağlaması gerektiği anlaşılmıştır. Motor sürücü fazlarının yaklaşık 400A değerlerinde akım çekeceği yapılan motor analizlerinde ortaya çıkmıştır. Bu güç değeri güç kartı üzerinden geçirilmek istendiğinde, fazlara ait iletim hatlarında yüksek ısılarla ve sistemin düzgün çalışmamasına neden olacaktır. Bu doğrultuda iletim hattı olarak elektronik kart içerisinde oluşturulacak bir iletim hattı yerine, güç kartına alt tarafından yerleştirilecek olan bakır baraların kullanılmasına karar verilmiştir. Kullanılan bu bara yapıları ile elektriksel yoğunluk daha iyi dağılım gerçekleştirilmiş ve kullanılan baraların katman kalınlığı nedeniyle ısınmanın önüne geçilmiştir.

Güç kartına ait kart tasarımı üzerinde toplamda 18 adet mosfet kullanılmaktadır. Bu mosfetler altışarlı olarak her faz için ayrılmıştır. Bu altılı mosfet grubunda 3 tanesi high seviyesinin anahtarlarken geri kalan 3 tanesi de low seviyesini anahtarlama yapar. Üç ayrı mosfet kullanılarak yapının oluşturulması yüksek akım geçişinin neden olduğu bir durumdur. Üç ayrı mosfet kullanılarak oluşturulan yapı sayesinde giriş yapacak olan akım paralel kollarından dağılacak ve tek bir mosfet üzerinden 400A akış yerine 3 mosfet üzerinde paralel dağılım yaparak akış gerçekleşecektir.

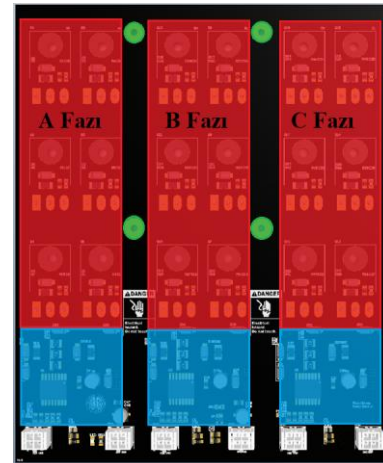
Bu ve benzeri paralelleme yapılarında eğer anahtarlama yapıyorsa paralelleme yapılarının oluşturulması aşamasında empedans eşitliği büyük önem arz etmektedir. Paralel yapılar arası empedans farkı çok yüksek olduğu durumlarda anahtarlama gecikmeler ile oluşabilir bu da istenmeyen komütasyon gecikmelerini doğurabilir. Yapılan analizler sonucu kapı sürücüyü en uzak paralel kol ile kapı sürücüyü en yakın kol arası gecikme yaklaşık 560 pikosaniye mertebesindedir. Mosfet datasheet verileri göz önüne alındığında rise time süresi 105 nanosaniye fall time ise 74 nanosaniye

mertebesindedir. Oluşan geçikme yükselme ve düşme sürelerinin yaklaşık %0.7'si kadardır. Bu süre göz ardı edilebilir bir süredir [11]. Şekil 6'da güç kartının tasarımı görülmektedir.



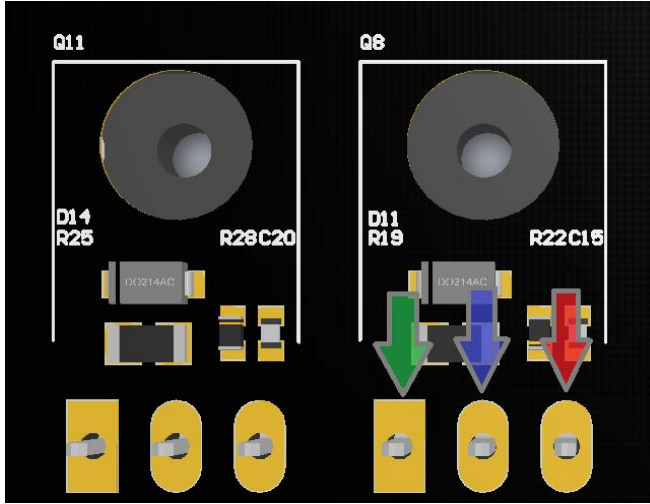
Şekil 6. Güç Kartı

Şekil6 ile gösterilmiş olan kart sadece mosfetlere ait tetikleme bağlantılarını barındırmaktadır. Asıl enerji geçişinin olacağı faz bağlantıları bu kart üzerinde yer almamaktadır. Enerji akışı Şekil8'de işaretlenen deliklere (Her mosfet için geçerli.) güç kartının alt yüzeyinden 3 kat olarak yerleştirilmiş olan bakır bara plakalar sayesinde sağlanmıştır. Aşağıda verilen Şekil 7'de ise faz dağılımları gösterilmiştir.



Şekil 7. Faz Dağılımları

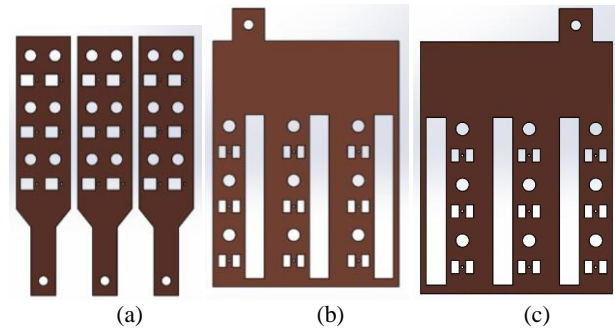
Şekil7’de faz gruplandırılmaları kırmızı kutucuklar ile gösterilmiştir. Yeşil yuvarlaklar ile gösterilen hole bağlantıları kontrol kartının montajı için kullanılan deliklerdir. Mavi kutucuk ile işaretlenen yapı kapı sürücülerin bulunduğu yapıdır. Şekil 8’de mosfet pinlerinin bağlantı delikleri gösterilmiştir.



Şekil 8. Mosfet pinleri bağlantı delikleri

Şekil8’de gösterilen görselde yeşil ok ile işaretlenen delik mosfete ait gate bacağıdır. Mavi ok ile gösterilen delik mosfete ait drain ucudur ve kart üzerinde sadece montaj amaçlı lehimlemesi yapılmaktadır, elektriksel bir bağlantısı mevcut değildir. Kırmızı ok ile gösterilen delik mosfete ait source bacağıdır. Source bacağı koruma amaçlı kullanılan kapasite, direnç ve diyot yapılarının dışında herhangi bir enerji akışı için karta bağlı değildir. Drain ve source bacaklarına ait faz bağlantıları kartın altına yerleştirilen bakır baralar aracılığıyla sağlanmıştır. 96 – 150 V gerilime sahip motora giden enerji hattı tamamıyla bu baralar üzerinden geçmektedir.

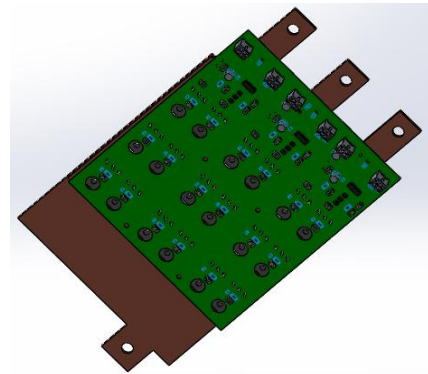
Bakır baralar 3 katlı olarak yerleştirilmektedir. Bu üç kat bara yapısı içerisinde ana pozitif, ana negatif, mosfet bağlantılarına sahip bara hatlarıdır. Oluşturulan yapıda ana pozitif hattı mosfetlerin drain pinlerine lehimlenecek bağlantıya sahiptir. Bu mosfetlerin source pinleri ise motora ulaşacak olan faz çıkışlarına aittir. Her faz bloğu için diğer faz bloklarından ayrı bir faz bloğu barası mevcuttur [12]. Şekil 9’da kullanılan bara yapıları gösterilmiştir.



Şekil 9. (a) Mosfet Bara Yapısı (b) Ana Negatif Bara Yapısı (c) Ana Pozitif Bara Yapısı

Şekil9 (a)’da üç adet birbirinin aynısı bara yapısı verilmiştir. Bu yapı fazlara ait bağlantıları içermektedir (her bir baraayrı bir fazı işaret etmektedir). Bu yapı üzerindeki mosfet bağlantıları sadece source pinleri ile gerçekleştirilir. Mosfetin aktifleşmesi durumunda Şekil 9 (b) ve Şekil 9 (c) ile gösterilen ana negatif ve ana pozitif baralardan hangi seviye aktifleştirildiyse (örneğin high mosfetler için aktifleşme durumunda ana pozitifbara) o seviyeye ait bara yapısındanbağlı bulunduğu mosfetlere ait drain pinlerinden enerji çekilecek ve mosfetin source bacağına bağlı bulunduğu faz çıkışına aktarılacaktır. Böylelikle baralar arası güç akışı ve fazlama eylemleri gerçeğe dönüşmektedir.

3 katlı bara yapılarının kart üzerindeki bağlantıları ve montajı Şekil 10’da gösterildiği gibi yapılmıştır.

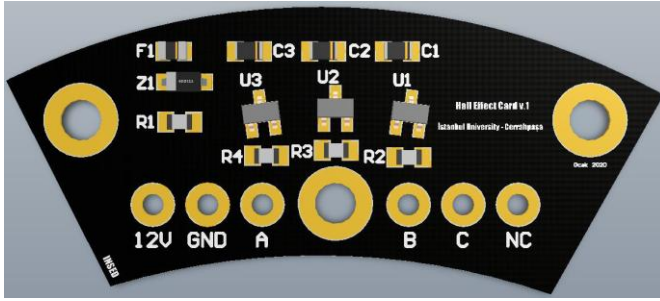


Şekil 10. Güç kartı ve Baraların montajlı hali

Şekil 10’da gösterildiği üzere oluşturulan bu yapıda faz blokları ve ana negatif ile ana pozitifin birbirinden izole edilmesi önemlidir. Bakır baraların birbirleri ile temasları söz konusu olursa yüksek arklar oluşacak ve sisteme büyük zararlar verecektir. Bu nedenle bakır baraların aralarında yüksek elektriksel izolasyon özelliğine sahip yalıtkan kağıtlar kullanılmıştır.

#### D. Hall Sensör Kartı (Hall Card)

Motor sürücü sistemine entegre olmayan tek karttır. Hall sensör kartı motor içerisinde konumlandırılan ve motor mıknatıslarının konum bilgilerini veri iletişim hattı aracılığıyla (Şekil 11’de görülen kart üzerindeki A, B, C bağlantıları) motor sürücüyü aktarmak ile görevlidir.



Şekil 11. Hall Sensör Kartı

Hall Sensör Kartına ait tasarım Şekil 11’de gösterilmiştir. Bu tasarım içerisinde en önemli parametre hall sensörlerdir. Kullanılan hall sensörlerin ürün kalitesinin yanı sıra motor yapısına uygun bir şekilde kart üzerinde konumlandırılması önemlidir. Hall sensör yapısı motor için özel üretilmiş ve motorun mıknatıslarına tam karşılık gelecek açıyla yerleştirilmiştir. Şekil 11’de görülen kartın şekli ve sensörlerin açılar ile konumlandırılması, motor içerisinde bulunan ring mıknatıslara tam karşılık sensörlerin gelmesi gerekliliğinden dolayıdır.

### III. SONUÇ [CONCLUSION]

Motor sürücülerin maksimum verimde çalışması için yüksek verimliliğe sahip komponent seçiminin yanısıra uygun kart tasarımı da oldukça önemlidir. Bu çalışmada motor sürücü tasarımı için kullanılması gereken donanım yapılarından bahsedilmiştir. Tasarım dört farklı kartın bir araya gelmesiyle oluşturulmuştur. Regüle kartı ile sistemin dışa bağımlılığı azaltılmıştır. Kontrol kartının modüler olması, güç kartı ile kontrol kartı arasındaki izolasyonu arttırmıştır. Hall Sensör kartı motor içerisine mıknatısların açısıyla yerleştirilmiş veri doğruluğu arttırılmıştır. Sistemin modüler bir yapıya sahip olmasının avantajlarına değinilmiş, motorun ihtiyaç duyduğu enerjinin kart üzerinden aktarılması yerine, kullanılan bakırbarayapıları ile enerjinin aktarılması önerilmiştir. Böylelikle fazlar üzerinde oluşan empedans farkedilebilir ölçüde azalacaktır. “İçten Yanmalı Motorlu Taşıtlar İçin Yakıt Verimliliğini Arttırıcı ve Yenilikçi Teknolojilerin Geliştirilmesi” başlıklı TÜBİTAK

ARDEB 1003 projesinde kullanılacak olan araca ait motor sürücünün bu doğrultuda tasarlanması uygun bulunmuştur.

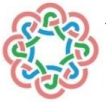
### TEŞEKKÜR [ACKNOWLEDGMENT]

Bu çalışma TÜBİTAK ARDEB Mühendislik Araştırma Grubu tarafından 216M252 numaralı 1003 projesiyle desteklenmiştir.

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje numarası: 33416

### KAYNAKLAR [REFERENCES]

- [1] Tiryaki H., Çağışlar A. S., Akgündoğdu A., Kocaarslan İ., “Elektrikli Araçlar İçin Fırçasız Doğru Akım Motorlarında Değiştirilebilir Manyetik Alan Uygulaması (Commutable Magnetic Field on Brushless Direct Current Motor for Electrical Vehicle)”, Int.J.Eng. Research & Development, Vol.8, No.2, pp. 37-45, June 2016.
- [2] Tiryaki H., Akgündoğdu A., Erdoğan G., Karadeniz O., Şahin U., Yılmaz M. Y., Durak Y., Kocaarslan İ., “Verimlilik Yarışları İçin Bir Elektrikli Otomobilin Gerçeklenmesi (Bir Elektromobilin Aerodinamik, Mekanik, Elektrik ve Elektronik Olarak Gerçeklenmesi)”, World Electro Mobility Conference (WELMO’17), İzmir, 43-55, 04-05 Mayıs 2017.
- [3] Tiryaki H., Akgündoğdu A., “Bir Elektrikli Otomobilin Tasarımı ve Üretimi”, in: Mühendislik Alanında Akademik Araştırmalar, ISBN: 978-605-288-390-7, Prof.Dr. Serdar SALMAN, Eds., Gece Kitaplığı, Ankara, pp. 73-102, Nisan 2018.
- [4] Texas Instruments “Best Practices for Board Layout of Motor Drivers” January 2019
- [5] Texas Instruments “Op Amps for Everyone - Cahpter 17 Circuit Board Layout Techniques” Dallas, 2008
- [6] Atmel “Best Practices for the PCB Layout of Oscillators Application Note” San Jose, 2016
- [7] Analog Dialogue Volume 41 Number “Reducing Ground Bounce in DC-to-DC Converters—Some Grounding Essentials” 2007 (Syf:2-10)
- [8] David L. Jones “PCB Design Tutorial” June 29th 2004
- [9] <https://www.htglobalcircuits.com/en/free-engineering/> [Ziyaret Tarihi: 20.01.2020]
- [10] [https://www.allpcb.com/4\\_layer\\_pcb.html](https://www.allpcb.com/4_layer_pcb.html) [Ziyaret Tarihi: 12.01.2020]
- [11] International Rectifier “IRFP4668PbF Datasheet” 233 Kansas St., El Segundo, California 90245
- [12] E. Özkop “Elektrikli Araçlar için Motor Sürücü Tasarımı” Gebze, Şubat 2018.



# Raspberry Pi 4 ile Sürücü Yorgunluk Tespiti ve Uyarı Sistemi

\*Ayşenur ŞAHİN<sup>1</sup>, Sevcan ÇİL<sup>2</sup>, Ayhan İSTANBULLU<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Balıkesir Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye.

\*Sorumlu Yazar / aysenur.sahin@baun.edu.tr

<sup>2</sup> S. ÇİL, [orcid.org/0000-0002-0609-4429](https://orcid.org/0000-0002-0609-4429),

<sup>3</sup> A. İSTANBULLU, [orcid.org/0000-0002-7066-4238](https://orcid.org/0000-0002-7066-4238)

Geliş Tarihi / Received Date

08.06.2020

Kabul Tarihi / Accepted Date

18.06.2020

Yayın Tarihi / Published Date

20.07.2020

## Alıntı / Citation :

Şahin A., Çil S., İstanbullu A., (2020). *Raspberry Pi 4 ile Sürücü Yorgunluk Tespiti ve Uyarı Sistemi*, Bilim, Teknoloji ve Mühendislik Araştırmaları Dergisi, 1(1), 13-18.

## Driver Fatigue Detection and Warning System with Raspberry Pi 4

**Özet** – Sürücü Yorgunluk tespit sistemleri, sürücüyü izleyerek, normal sürüş alışkanlığı dışında farklı tutum algılanması durumunda bunun yorgunluktan kaynaklandığını tespit ederek, sürücünün yolculuğa ara verilmesi gerektiğini uyarılmaktadır. Bu sayede, sürücüye doğru karar vermesi konusunda destek sağlamaktadır. Bu çalışmada, sürücü yorgunluk tespiti ve uyarı sistemi ile sürücünün yorgunluğundan kaynaklanan trafik kazalarının uyarıcı bir sistemle engellenmesi amaçlanmıştır. Sistem, sürücünün göz hareketlerindeki değişimleri gerçek zamanlı olarak analiz etmekte ve gerektiğinde sürücüye uyarı vermektedir. Bu sayede daha güvenli bir sürüş sağlanacaktır. Önerilen sistem sürücünün yorgunluğunu tespit etmek için çeşitli aşamalardan oluşmaktadır. Sürücünün yüz ve göz bölgelerinin tespit edilip her kare işlendikten sonra göz kırpmaya yüzdesi hesaplanarak sürücü yorgunluğu tespit edilmiştir. Sistemde gömülü sistem olarak Raspbian işletim sistemine sahip Raspberry Pi 4 kullanılmıştır ve OpenCV kütüphanesinden yararlanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Raspberry Pi, Yüz Tanıma, Yorgunluk Tespiti

**Abstract**— Driver Fatigue detection systems, by monitoring the driver, warns the driver that traveling should be interrupted by detecting that this is caused by fatigue if a different attitude other than normal driving habit is detected. In this way, it provides support to the driver in making the right decision. In this study, it was aimed to prevent traffic accidents caused by driver fatigue detection and warning system with a warning system. The system analyzes the changes in the eye movements of the driver in real time and warns the driver when necessary. The proposed system consists of several steps to detect the driver's fatigue. Driver fatigue was determined by determining the face and eyes of the driver and calculating the blink percentage after each frame was processed. Raspberry Pi 4 with Raspbian operating system was used as an embedded system and OpenCV library was used.

**Index Terms**— Raspberry Pi, Face Detection, Fatigue Detection

## I. GİRİŞ [INTRODUCTION]

Uykulu bir sürücünün karar verme mekanizması zayıflamış olmasından dolayı kaza yapmaya eğilimlidir. Uyku sebebiyle gerçekleşen trafik kazalarındaki can ve mal kaybı diğer trafik kazalarına kıyasla daha fazla gerçekleşmektedir. Bu kazaların en önemli nedeni, uyku hâlinde bilinçsiz bir şekilde araç kullanılması ve sürücünün çarpışma gerçekleşmeden



önce herhangi bir önlem alma gereksinimi duymamasıdır. Uykulu sürücüyü tespit etme ve uyarma sistemi, sürücünden dolayı meydana gelen trafik kazalarını en az düzeye indirmek için önemli bir teknolojidir. Bu sistemler fazla sayıda bilgisayarlı görü algoritmalarından yararlanarak sürücüye yardım etmeyi amaçlamaktadır. Bu tip sürücüyü uyaran sistemlere; yorgunluk belirleyici sistemler örnek olarak verilebilir [12]. Sürüş sırasında meydana gelebilecek sürücünden kaynaklı yanlış kararları veya kazaların sayısını minimuma indirmek amacıyla sürücü dostu akıllı sistemler tasarlamak, günümüzde otomotiv teknolojisinin en yagın konularından birisidir.

Çalışmanın üçüncü bölümde kullanılan kütüphane, algoritma ve yöntemler hakkında bilgi verilerek nasıl kullanıldığı anlatılmıştır ve son bölümde elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

## II. İLGİLİ ÇALIŞMALAR [RELATED WORKS]

D'Orazio T. ve arkadaşları araştırmalarında sürücünün yorgunluğunu tespit etmek için sürücünün göz kapatma süresi ve göz kapatma sıklığını incelemiştir. Hough Dönüşüm tekniğini uygulayarak Discrete Wavelet Transform (Ayrık Dalgacık Dönüşümü) ile davranışın özelliklerini çıkartmışlardır. Daha sonra sınıflandırma yöntemi olarak nöral sınıflandırıcı yöntemini kullanarak sürücünün göz hareketlerinden uykulu olup olmadığını sınıflandırmışlardır. Bu çalışma sürücünün yorgunluğunu %95 oranında doğru belirlemiştir [4].

Patel M. ve arkadaşları araştırmalarında sürücünün yorgunluğunu sürücünün elektrokardiyogram (EKG) verileri incelenerek kalp atış hızı değişkenliğini Fast Fourier Transform (Hızlı Fourier Dönüşümü) kullanarak sinir ağları şeklinde sınıflandırılmıştır. Bu çalışma sürücünün yorgunluğunu %90 oranda doğru tespit etmiştir. Kalp atış hızı değişkeni esaslı yorgunluk tekniğinin yorgunluğa karşı bir önlem olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir [5].

Bergasa L.M. ve arkadaşları, sürücü yorgunluğunu tespit etmek için belirledikleri PERCLOS, göz kapatma süresi, göz kırpması sıklığı, sürücünün başını sallama sıklığı, yüz pozisyonu ve sabit bakış gibi görsel parametreleri Fuzzy Classifier (bulanık sınıflandırıcı) kullanarak birleştirmişlerdir. Çoklu görsel parametre

kullanımının ve parametrelerin birleştirilerek elde edilen deneysel sonuçların, tek parametre kullanımına kıyasla daha kesin ve stabil sonuçlar ortaya çıktığını belirtmişlerdir [6].

Zhang Z. ve arkadaşları, sürücü yorgunluğu tespiti için doğrusal olmayan kokusuz bir Kalman filtresine dayanan yeni bir gerçek zamanlı göz izleme önermişlerdir. Aynı zamanda, sürücü yorgunluğunu gerçekçi sürüş koşulları altında hesaplanan PERCLOS kullanılarak tespit edilebileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışma, sürücünün yorgunluğunu %99 oranında doğru tahmin etmiştir [7].

Pauly L. ve arkadaşı, normal aydınlatma koşullarında düşük çözünürlüklü tüketici sınıfı web kameraları kullanılarak elde edilen görüntüler için doğru bir uyumsuzluk algılama yöntemi geliştirmişlerdir. Uyumsuzluk algılama yöntemi, göz izleme için Haar tabanlı kaskad sınıflandırıcı ve göz kırpması tespiti için Destek Vektör Makinesi (SVM) sınıflandırıcı ile Yönlü Gradyan Histogramı (HOG) özelliklerinin kombinasyonunu kullanmışlardır. Sistemin, %91.6 doğrulukla insan gözlemci ile eşleştiğini belirtmişlerdir [8].

Ercil A. ve arkadaşları, sürücü yorgunluk tespitinde kullandıkları spontan insan davranışları verilerini sınıflandırmak için makine öğreniminden yararlanmışlardır. Göz kırpması ve esneme hareketlerini de içeren veriler AdaBoost ve Multinomial Ridge Regression gibi öğrenme temelli sınıflandırıcılar ile sınıflandırmışlardır. Bu çalışma, %90'ın üzerinde doğrulukla sürücü yorgunluğunu tespit etmiştir [9].

Danisman T. ve arkadaşları, göz kırpması süresindeki değişikliklerin izlenmesine dayanan uykulu sürücü izleme ve kaza önleme sistemi tasarlamışlardır. Önerdikleri yöntemde, gözlerin yatay simetri özelliğini kullanarak göz konumlarındaki değişiklikleri tespit etmişlerdir. Standart bir web kamerası kullanarak elde ettikleri deneysel sonuçlar neticesinde %94 oranında göz kırpması hareketlerini tespit etmişlerdir [10].

Flores M. ve arkadaşları, bilgisayarlı görü ve yapay zeka tabanlı, müdahaleci olmayan özerk bir sürücü yorgunluk sistemi geliştirmişlerdir. Sistem gerçek zamanlı olarak sürücünün göz durumunu analiz etmiştir. Esneme, göz kırpması frekansları ve kafa hareketlerini analiz ederek sınıflandırdıkları sistem %60'ın üzerinde doğrulukla sürücü yorgunluğunu tespit etmektedir [11].

Mehta S. ve arkadaşları, sürücü yorgunluğunu tespit etmek için Android tabanlı gerçek zamanlı bir sistem geliştirmişlerdir. Sistem, görüntü işleme teknikleri kullanarak her karede sürücünün yüzünü algılayarak yüz işaretlerini tespit etmiştir. Sürücünün yorgunluğunu tespit etmek için ise Göz En Boy Oranını (EAR) ve Göz Kapatma Oranını (ECR) hesaplamışlardır. Geliştirdikleri sistem %84 oranında doğruluk ile sürücü yorgunluğunu tespit etmişlerdir [12].

Soukupova T. Ve arkadaşı, göz kırpmaya hareketlerini tespit etmek için gerçek zamanlı bir algoritma önermiştir. Önerilen algoritma, yüz dönüm noktasındaki konumları tahmin ederek her bir karedeki göz açıklığını karakterize skaler bir Göz En Boy (EAR) oranı çıkarır. Göz kırpmaya hareketlerini algılayan bir SVM sınıflandırıcısı veya göz durumlarını tahmin eden gizli Markov Modeli ile göz kapatma uzunluklarına göre göz kırpmayı tanıyan basit bir durum makinesi tarafından tespit etmiştir. Önerilen algoritmanın algoritmanın üç standart veri setinde en son yöntemlerle karşılaştırılabilir sonuçlara sahip olduğunu belirtmiştir [13].

### III. ÇALIŞMADA KULLANILAN KÜTÜPHANE, ALGORİTMA, AKIŞ DİYAGRAMI VE METODLAR [ LIBRARY, ALGORITHM, FLOW DIAGRAM AND METHODS USED IN THE STUDY ]

#### A. OpenCV Kütüphanesi

OpenCV, Intel firması tarafından, resim veya video karelerindeki bilgileri işleyip anlamlı bilgiler çıkarabilmek amacıyla geliştirilen açık kaynak kodlu görüntü işleme kütüphanesidir. OpenCV, görüntü işlemede yardımcı önceden tanımlanmış işlev kütüphaneleri içermektedir. Kütüphane, hem klasik hem de modern bilgisayarlı görme ve makine öğrenmesi algoritmalarının detaylı bir paketini içeren 2500'den fazla optimize edilmiş algoritmaya sahiptir. Bu algoritmalar, yüzleri tespit etmek ve tanımak, nesnelere tanımlamak, videolarda insan hareketlerini sınıflandırmak, kamera hareketlerini izlemek, hareketli nesnelere izlemek, görüntüleri bir araya getirmek için kullanılabilir.

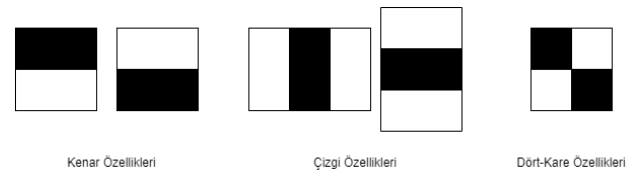
#### B. Yüz Görüntüsünün Tespit Edilmesi ve Çıkartılması

Web kamerası tarafından kaydedilen video karelerinden, yüzler belirlenmiştir. Bunun için Viola ve

Jones tarafından önerilen Haar temelli kaskadlı sınıflandırıcıların yüz algılama yöntemi kullanılmıştır.

#### 1) Haar Özellikleri

Yüz algılama yöntemi, yüz algılama için Haar özelliklerini kullanır. Haar özellikleri, Şekil 1'de gösterildiği gibi bir dizi dikdörtgen siyah beyaz pencere kullanılarak elde edilir [1]. Siyah renk -1 ağırlığa ve beyaz bölge 0 ağırlığına sahiptir. Pencere önce görüntüye uygulanmıştır. Karşılık gelen değerler piksel yoğunluğu ile çarpılmıştır. Daha sonra bu değerler bir araya getirilerek, kullanılan pencereye karşılık gelen Haar özelliği elde edilmiştir. Bu nedenle, yüz algılama için kullanılacak en önemli özellikleri bulmak için bir yükseltme algoritması kullanılmıştır. Bu çalışmada göz bölgesini tespit etmek için çizgi özelliklerinden yararlanılmıştır.



Şekil 1. Haar Özellikleri

#### 2) Cascade (Kaskadlı) Sınıflandırıcılar

Haar özellikleri elde edildikten sonra her Haar özelliğinin değerlerine dayalı olarak bireysel sınıflandırıcılar oluşturuldu. Bu bireysel sınıflandırıcılar daha sonra kademeli bir sınıflandırıcı olarak düzenlendi. Basamaklı bir sınıflandırıcı, birbiri ardına basamaklanan farklı aşamalarda düzenlenen çeşitli sınıflandırıcıların birleşimidir. Her aşamadaki sınıflandırıcıların sayısı ve eşik değerleri, etiketli yüz görüntüleri ile sınıflandırıcıların eğitimi sırasında yükseltme algoritması ile belirlenmiştir.

#### 3) AdaBoost (Yükseltme) Algoritması

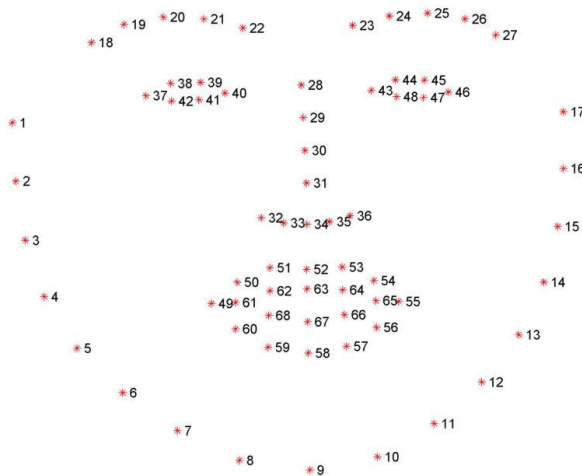
Yükseltme algoritması, verilen öğrenme algoritmalarının doğruluğunu artırmak için genel bir yöntemdir. AdaBoost algoritması, 1995 yılında Freund ve Schapire tarafından tanıtılmıştır[2]. Önceki yükseltme algoritmalarının pratik zorluklarının çoğunu çözmüştür ve bu projede yüz algılama için kullanılmıştır.

### C. Yüzün Algılanması

Sınıflandırıcının her aşamasında belirli sayıda özellik kontrol edilmiştir. Görüntünün bir bölgesi alındığında, ilk önce kademeli sınıflandırıcının ilk aşaması kullanılarak kontrol edilmiştir. Eğer görüntü bölgesi ilk aşamayı geçemezse bir yüz içermediğinden reddedilip bir sonraki aşamaya geçecektir. Yüz bölgesi tüm aşamaları karşılıyorsa, bölge içinde bir yüze sahip olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Kaskadlı bir sınıflandırıcı kullanmanın avantajlarından birisi, her bir aşama birlikte çıkarılmış olan özellik setinin tamamı yerine çıkarılacak belirli bir özellik setine ihtiyaç duyması nedeniyle hesaplama yükünü azaltabilmesidir.

### D. Göz Bölgelerinin Tespit Edilmesi

Yüz görüntüleri elde edildikten sonra göz bölgesi çıkartılmıştır. İnsan yüzünün geometrik özellikleri kullanılarak gözler içeren bölgeler belirlenmiştir. Gözler, burun, ağız vs. gibi organların düzenlenmesinde geometrik oranlar kullanılmıştır. Göz bölgesinin yeri tespit edildikten sonraki adım, bu bölgelerdeki gözlerin tespit edilmesidir. Sol ve sağ göz bölgeleri ayrı ayrı işlendikten sonra göz görüntüleri ile eğitilmiş bir kademeli sınıflandırıcı kullanılmıştır. Sınıflandırıcı, göz bölgesini göz içeren kısımlara ve göz içermeyen bölümlere göre sınıflandırılmıştır. Göz içeren kısımlar çıkartılmıştır ve böylece gözler algılanmıştır. Dlib kütüphanesinde bulunan, önceden eğitilmiş yüz dönüm noktası dedektörü ile yüzdeki yapılar Şekil 2'deki gibi 68 noktaya bölünmüştür.



Şekil 2. Yüz Dönüm Noktalarının Bölünmesi

### E. Göz Kırpma Tespiti

Gözler algılandıktan sonraki aşama göz kırpma tespittir. Sunulan sistem, özellik olarak Yönlü Gradyan Histogramları (HOG) ve göz görüntülerinden göz kırpmasını algılamak için ikili sınıflandırıcılar olarak Destek Vektör Makineleri kullanılmıştır.

#### 1) Histogram of Oriented Gradient (HOG) Özellikleri

Yönlü Gradyan Histogramı özellikleri, 2005 yılında Dalal ve Trigs tarafından geliştirilmiştir [3]. Bilgisayarla görme alanındaki çeşitli nesne algılama uygulamaları için kullanılan bir özellik tanımlayıcısıdır. YGH özelliklerinin ana fikri, oryantasyonunu temel alarak histogramda gradyan büyüklüklerini depolara gruplamaktır.

#### 2) Support Vector Machine (Destek Vektör Makinesi) Sınıflandırıcısı

Destek Vektör Makinesi, başlangıçta Vapnik ve ekibi tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra diğer araştırmacılar tarafından geliştirilmeye devam etmiştir. Sınıflandırma problemlerinde yaygın olarak kullanılan istatistiksel öğrenme modelidir. Sunulan sistemde DVM sınıflandırıcısı, verileri başka bir özellik alanına eşlemek için bir Gauss Radyal Temel işlevini kullanacaktır. Sınıflandırıcılar, açık ve kapalı gözlerin görüntüsü sınıflandırıcı eğitildikten sonra, test görüntüleri ile tekrar sınıflandırılmıştır.

#### 3) PERCLOS'un Ölçümü

PERCLOS (Percentage of Eye Closure) yani göz kapalılık yüzdesi, gözlerin kapalı kaldığı sürenin bir ölçüsüdür. Göz kapaklarının 1 dakika içinde kapalı kaldığı süre olarak tanımlanmaktadır. PERCLOS (saniye olarak) sunulan sistemde denklemler kullanılarak hesaplanır: %80 üzeri çıkan sonuçlar PERCLOS için uyku tehlikesi olarak karşılanmaktadır. PERCLOS başarı oranı periyod olarak alınan süre ile doğru orantılıdır. PERCLOS'un hesaplanması Denklem (1)'deki gibidir.

$$\frac{\text{Gözlerin 1 daki ka içerisinde kapalı olduğu karelerin sayısı}}{\text{1 dakikadaki toplam kare sayısı}} \times 60 \quad (1)$$

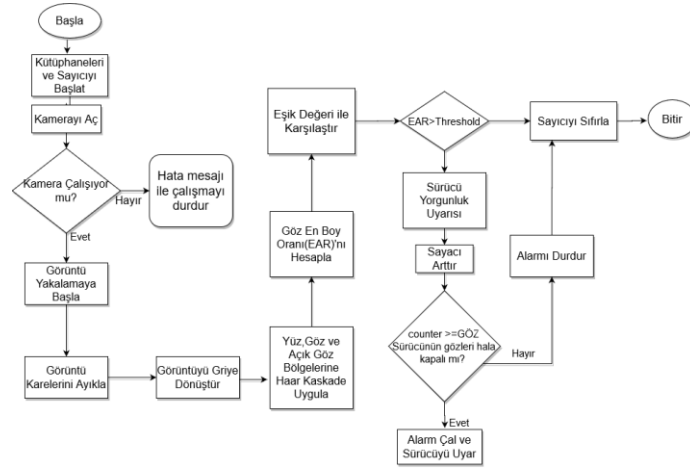
### F. Yorgunluk Tespiti

Kullanıcının PERCLOS değeri hesaplandıktan sonra, bir sonraki adımda kişinin uykulu bir durumda olup



olmadığını tespit edilmiştir. Temel ilke, kişinin uykulu olduğu zamanlarda, kişinin uyanık durumda olduğundan daha uzun süre gözlerin kapalı kalmasıdır. Bir insanın ortalama göz kırpma süresi 100-400 ms' dir. Saniyede göz kırpma sayısı 10-15'tir. Bu değerlerden, insan gözlerinin 1 dakika içinde kapalı kaldığı zaman aralığı, gözleri açık durumda iken normal bir kişi için =  $400 \times 15 = 6000\text{ms}$ ' dir. Bu yüzden PERCLOS için eşik değerinin 6 saniye olduğu tahmin edilmektedir. Bu nedenle PERCLOS' un değerinin belirli bir eşiğin üzerine çıkması durumunda, kişinin uykulu bir durumda olduğu edilmiştir, aksi takdirde, kişinin uyanık olduğu tespit edilmiştir.

### G. Çalışmanın Algoritma Akış Şeması

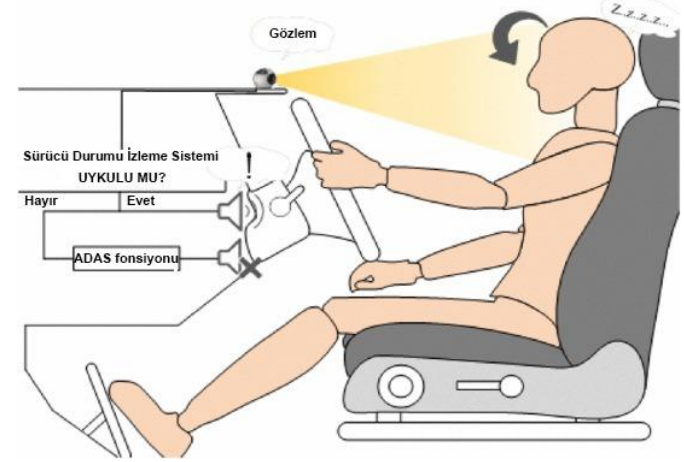


## IV. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME [CONCLUSION]

Bu çalışmada, sürücülerin yorgunluğunu tespit eden gerçek zamanlı bir sistem önerilmektedir. Sistem simülasyonu Şekil 3'te gösterilmiştir Sürücünün dikkatinin dağılmasını önlemek için müdahaleci olmayan yöntemler tercih edilmiştir. Sistemin prototip halinde kamera ve gömülü sistemi, sürücünün sürüş konsantrasyonunu engellemeyecek şekilde göz hareketleri analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan yöntemler düşük ışık, gözlük kullanımı gibi ortamlarda %80 oranında sürücü yorgunluğunu doğru tespit etmiştir.

Gelecekteki çalışmalarda, önerilen sistemin Uber, Lyft gibi global olarak kullanılan uygulamalar ile entegrasyonu gerçekleştirilebilir. Sistemin güvenilirliği

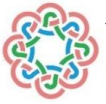
bisiklet sürücüleri, demiryolları, havayolları gibi farklı alanlarda test edilip geliştirilebilir.



Şekil 3. Sistemin prototip hali [14]

## KAYNAKLAR [REFERENCES]

- [1] Viola P. and Jones M.(2001) "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features", In Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Vol. 1. IEEE, 2001.
- [2] Freund, Y., Schapire, R.E. (1999) "A short introduction to boosting", Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence, 14(5):771-780, September, 1999. 771-780p.
- [3] Dalal N. and Triggs B. (2005) "Histograms of oriented gradients for human detection" In proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 886-893p.
- [4] T. D'Orazio, M. Leo, C. Guaragnella, A. Distanti, A visual approach for driver inattention detection. Pattern Recog. 2007, 40, 2341-2355.
- [5] M. Patel, S.K.L. Lal, D. Kavanagh, P. Rossiter, Applying Neural Network Analysis On Heart Rate Variability Data To Assess Driver Fatigue. Exp. Syst. Appl. 2011, 38, 7235-7242.
- [6] L.M. Bergasa, J. Nuevo, M.A. Sotelo, R. Barea, M.E. Lopez, Real-Time System For Monitoring Driver Vigilance. IEEE Trans. Intell. Transport. Syst. 2006, 7, 63-77.
- [7] Z. Zhang, J. Zhang, A new real-time eye tracking based on nonlinear unscented Kalman filter for monitoring driver fatigue. J. Contr. Theor. Appl. 2010, 8, 181-188.
- [8] L. Pauly and D. Sankar, "Detection of drowsiness based on hog features and svm classifiers," in 2015 IEEE International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN), pp. 181-186, Nov 2015.
- [9] A. Ercil, G. Littlewort, M. Bartlett, J. Movellan, Human Computer Interaction. Vol. 4796. Springer; Berlin,



- Germany: 2007. Drowsy driver detection through facial movement analysis; pp. 6–18.181–18.
- [10] T. Danisman, I.M. Bilasco, C. Djeraba and N. Ihaddadene, 2010 “Drowsy driver detection system using eye blink patterns.” 2010 Int. Conf. Mach. Web Intell. ICMWI 2010 – Proc., pp. 230–233.
- [11] M. Flores, J. Armingol, A. de la Escalera, Driver drowsiness warning system using visual information for both diurnal and nocturnal illumination conditions. EURASIP J. Adv. Signal Process., 2010, 438205.
- [12] S. Mehta, S. Dadhich, S. Gumber and A. Jadhav Bhatt, “Real-Time Driver Drowsiness Detection System Using Eye Aspect Ratio and Eye Closure Ratio,” SSRN Electronic Journal, pp. 1333–1339, 2019.
- [13] T. Soukupova and J. Cech. *Real-Time Eye Blink Detection using Facial Landmarks*. Center for Machine Perception, Department of Cybernetics Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University in Prague. Prague, 2016.
- [14] J. W. Baek, B.-g. Han, K.-j. Kim, Y.-s. Chung, and S.-i. Lee, “Real-time Drowsiness Detection Algorithm for Driver State Monitoring Systems,” 2018 Tenth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), pp. 73–75, 2018.



# Hibrit Kontrol Ünitesi Tasarımında Giriş ile Çıkışların Belirlenmesi ve Bulanık Mantık Kontrolörün Oluşturulması

Yılmaz Seryar ARIKUŞU<sup>1</sup>, Mehmet Kamil KAZAKLI<sup>2</sup>, Sedat İN<sup>3</sup>, Nevra BAYHAN<sup>4</sup>,

Hasan TİRYAKİ\*

\*<sup>1,2,3,4</sup>İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye.

<b>Sorumlu Yazar / Corresponding author:</b> <a href="mailto:hasan.tiryaki@istanbul.edu.tr">hasan.tiryaki@istanbul.edu.tr</a>	Geliş Tarihi / Received Date	15.06.2020
<sup>1</sup> Y. S. ARIKUŞU, <a href="https://orcid.org/0000-0002-0915-5549">orcid.org/0000-0002-0915-5549</a> ,	Kabul Tarihi / Accepted Date	21.06.2020
<sup>2</sup> M. K. KAZAKLI, <a href="https://orcid.org/0000-0001-7178-8673">orcid.org/0000-0001-7178-8673</a> ,	Yayın Tarihi / Published Date	20.07.2020
<sup>3</sup> S. İN, <a href="https://orcid.org/0000-0001-7784-9334">orcid.org/0000-0001-7784-9334</a> ,		
<sup>4</sup> N. BAYHAN, <a href="https://orcid.org/0000-0002-7497-2377">orcid.org/0000-0002-7497-2377</a> ,		

Alıntı / Citation :

Arıkuşu, Y., S., Kazaklı, M., K., İn, S., Bayhan, N., Tiryaki, H. (2020). Hibrit Kontrol Ünitesi Tasarımında Giriş ile Çıkışların Belirlenmesi ve Bulanık Mantık Kontrolörün Oluşturulması, Bilim, Teknoloji ve Mühendislik Araştırmaları Dergisi, 1 (1), 19-24

## Determination of Inputs and Outputs in Hybrid Control Unit Design and Designing of Fuzzy Logic Controller

**Özet –** Bu çalışmada, hibrit bir araç için en önemli kontrol birimlerinden biri olan hibrit kontrol ünitesine ait elektronik kart tasarımından ve hibrit kontrol ünitesine ait denetleyicinin bulanık mantık kontrolörü ile nasıl oluşturulması ele alınmıştır. Yapılan çalışmada kontrol kartının farklı giriş ve çıkış yöntemleriyle (frekans, analog sinyal, dijital sinyal) oluşturulmasından ve bu yöntemler kullanılırken araç içi haberleşme ve sensör bilgisi verecek olan sistemler için nelere dikkat edilmesi gerektiğinin altı çizilmiştir.

Tüm bu çalışmalara paralel olarak, bulanık mantık kontrolörünün oluşturulması, kural tablosunun belirlenmesi ve karar mekanizmasının elde edilmesi çalışmaları da yapılmıştır. Hibrit kontrol ünitesinde hangi motorun hangi koşulda çalışacağına sensörler üzerinden alınan veriler ile bulanık mantık kontrolörü karar verecektir. Hibrit kontrol ünitesi bu doğrultuda oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık Mantık, Hibrit Araçlar, Sensörler, Giriş / Çıkış, Kural Tablosu.

**Abstract—**In this study, the design of the electronic card of the hybrid control unit, which is one of the most important control units for a hybrid vehicle, and how the control of the hybrid control unit should be created with the fuzzy logic controller is mentioned. In the study, it was underlined that the control card is created with different input and output methods (frequency, analog signal, digital signal, etc.) and what should be considered for the systems that will provide in-vehicle communication and sensor information when using these methods.

In parallel with all these studies, the studies for creating the fuzzy logic controller, determining the rule table and obtaining the decision mechanism has been also carried out. The fuzzy logic controller will decide which engine will operate under which conditions in the hybrid control unit with the data received from the sensors. Hybrid control unit was created in this direction.

**Index Terms:** Fuzzy Logic, Hybrid Vehicles, Sensors, Inputs / Outputs, Rule Table.

### I. GİRİŞ [INTRODUCTION]

GÜNÜMÜZ teknolojilerinden en önemlilerinden ve gelecekte daha da önemli yere sahip olacak olanlarından birisi, hibrit araç teknolojileridir. Hibrit araçların geliştirilmesi yeni teknolojik gelişimleri tetiklemektedir. Yeni hibrit teknolojilerinin gelişimi ile birlikte ihtiyaç duyulan alt sistem gereksinimleri de artmıştır. Hibrit araçların daha verimli hale getirilmesi ve hibrit araçların içten yanmalı araçlara kıyasla fark

edilebilir avantajlarının olması gerekmektedir. Literatürdeki çalışmalarda hibrit elektrikli araçların verimliliğinin artırmak için bulanık mantık kontrol yaklaşımı önerilmiştir[1-4]. Bu çalışmada, içten yanmalı motorlu taşıtlar için yakıt verimliliğini artırıcı ve yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi için hibrit aracın hibrit kontrol ünitesinin elektronik kartının donanım tasarımı ve hibrit aracın kontrol ünitesi ile ilgili bulanık mantık kontrolörünün oluşturulması önerilmiştir.

Yapılan çalışmalar ile aracın hangi durumlarda elektrik motorunu hangi durumlarda içten yanmalı motoru kullanacağı belirlenmiş ve yakıt verimliliğinin en yüksek değerde tutulması hedeflenmiştir.

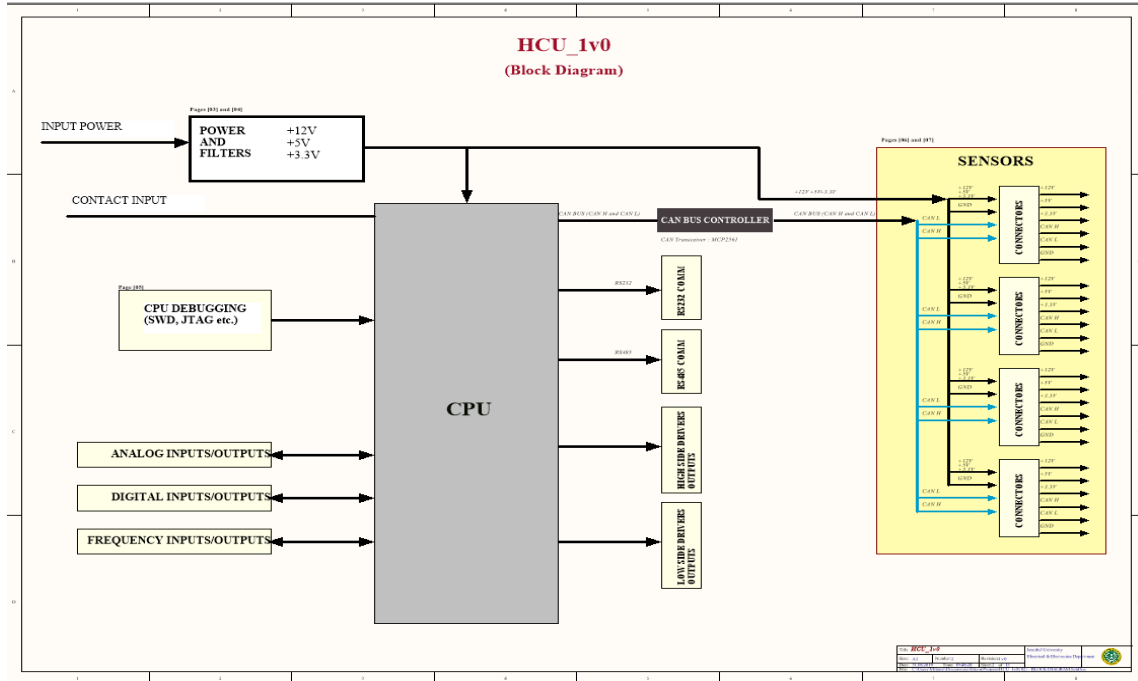
## II. HİBRİT KONTROL ÜNİTESİ TASARIMI [HYBRID CONTROL UNIT DESIGN]

Hibrit kontrol ünitesi (HCU) elektronik kartı, sensörler

ve diğer çevre birimler ile sürekli iletişim halinde olan ve aracın çalışma algoritmasını içerisinde barındıran elektronik bir sistemdir. HCU kontrol kart tasarımı ve kontrol yazılımı olmak üzere iki aşamada incelenmiştir. Yapılan bu çalışma ile araca bağlı sensör ve yakıt durumları gözetilir ve aracın hangi motoru/motorları kullanacağı ise oluşturulan bulanık mantık kontrolörü ile gerçekleştirilir.

### A. HCU Kontrol Kartı Tasarımı

HCU için Şekil 1'de verilen blok diyagram oluşturulmuştur. Şekil 'de HCU sisteminin içinde bulunan sensörler, mikroişlemci ve haberleşme protokollerini içermektedir.



Şekil 1: HCU genel blok diyagramı [5]

Şekil 1'de görülen HCU kartı +12 V ile beslenmektedir. Devrenin girişinde sigorta, NTC, TVS gibi koruma elemanlarının yanı sıra, Common Mode ve Differential Mode EMC filtreleri ve kapasiteler eklenerek +12 V filtrelenmiştir. Aynı zamanda filtrelili +12 V olası bir ekstra kullanım amacı ile çıkış pinlerine bağlanmıştır. Kontak bilgisini sağlama amacıyla mikro denetleyici ye +3 V bilgisini sağlayacak bir devre tasarlanmıştır. Mikrodenetleyiciye +3 V'un üzerinde bir voltaj gitmemesi için zener diyotlar ile koruma yapısı

oluşturulmuştur. +12 V girişler +5 V ve +3 V olmak üzere iki ayrı gerilim seviyesine dönüştürülmüştür. Böylelikle mikroişlemci ve diğer çevre birimlere ait enerji ihtiyaçları karşılanmıştır.

Bu çalışmada mikroişlemci olarak STM32F407VG kullanılmıştır. Araç içi haberleşme ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla CAN-Bus protokolü kullanılmış ve diğer elektronik sistemlerle veri akışı bu portlar üzerinden gerçekleştirilmiştir [6-7]. CAN-Bus yapısının yanı sıra RS-232 ve RS-485 haberleşme entegreleri

kullanılmış ve araç içi iletişimin yanı sıra dış dünya bağlantısı için HCU'ya ait haberleşme portları oluşturulmuştur.

Dijital girişler, girişe +3 V uygulandığında işlemciye +3 V gidecek ve 0 V gidecek şekilde iki ayrı yapı olarak tasarlanmıştır. Analog girişler, araç içi sistemlerin +12 V ile çalışması gözetildiğinden iki ayrı yapı olarak tasarlanmıştır. Bu iki ayrı yapının amacı kart tasarımında bulunan hem +3 V analog çıkış veren hemde +12 V çıkış veren sensörlerin takibini yapabilmektir.

Frekans girişleri, Multiple Feedback, Bandpass Filter ve Low-Pass girişlerinden oluşmaktadır.

Devrede Low-Side çıkışlar ve High-Side çıkışlar olmak üzere 2 çeşit çıkış bulunmaktadır [8]. Mikrotendleyici üzerinden PWM (sinyal genişlik modülü) alınarak +24 V gerilime uygun entegreler sürülebilir, böylelikle araç içerisinde +24 V ile beslenen herhangi bir yük Low-Side olarak sürülebilmektedir. Diğer çıkışlar ise High-Side çıkışlardır. Fakat bunlar maksimum +12 V ile kullanılabilir. Araç içerisinde +12 V ile beslenen herhangi bir yük High-Side çıkışlar ile kontrol edilebilir.

Tüm bu tasarımların doğrultusunda oluşturulan HCU kontrol kartı Şekil 2' de paylaşılmıştır.



Şekil 2: HCU kontrol kartı

### B. HCU Kartı Bulanık Mantık Kontrolörü

Hibrit elektronik kontrol ünitesi, olası tüm koşulları göz önünde bulunduran ve alınan sensör bilgileri ile tüm olası koşullar için hangi motorun çalışması gerektiğini belirleyen kontrol sistemidir. Karar verme algoritması olarak "Bulanık Mantık" seçilmiştir. Bulanık mantık algoritmasının kullanılma sebebi çoklu girişlere karşılık, önceden belirlenen kurallara göre, sistemin nasıl bir cevap vereceğini gösteren kontrol yaklaşımıdır.

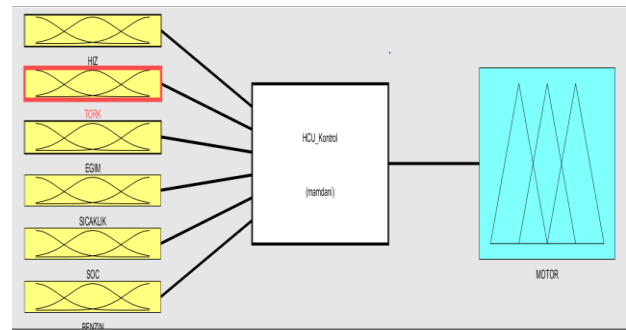
Kontrolörü oluştururken MATLAB [9] yazılımı kullanılmıştır. MATLAB içerisinde bulunan Fuzzy Logic Toolbox kütüphanesi kullanılarak bulanık mantık kontrolörü çalışmaları yapılmıştır. Duruma bağlı değişkenlerden gelen veriler kart üzerinden toplandıktan sonra bulanık mantık kontrolöründen geçerek çıkışta hangi motorun çalışması gerektiğine karar vermektedir.

Literatürdeki çalışmalara göre, enerji verimliliğini en aza indirmek için hibrid elektrikli araçların kontrolünde kullanılan bulanık mantık kontrolcüsünün giriş değerleri; genellikle kritik batarya şarj durumu, sürüş çevrimi ve hız olarak seçilmektedir. Elde edilen sonuçlar neticesinde içten yanmalı motorun ve elektrikli motorun verimleri elde edilmekte olup, egzoz emisyonu ve yakıt tüketimi değerlerinin de elde edildiği gösterilmektedir.

Kontrolör, kartta bulunan sensörlerden ve diğer birimlerden gelecek veriler girdi olarak alınmıştır. Bu değişkenler;

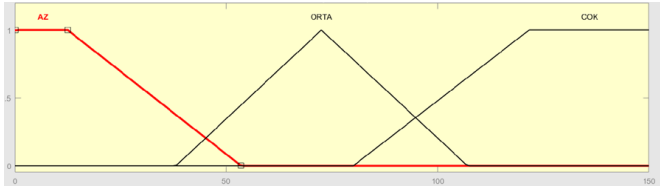
- Hız (İçten Yanmalı / Elektrikli Motor)
  - Tork
  - Eğim
  - Sıcaklık
  - Batarya Şarj Durumu
  - Akaryakıt Durumu
- olarak seçilmiştir.

Bu çalışmada, hibrit kontrol ünitesi Matlab Fuzzy Logic Toolbox [9] yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Elektronik kontrol ünitesinin giriş ve çıkış üyelik fonksiyonlarının genel yapısı Şekil 3'de gösterilmiştir.



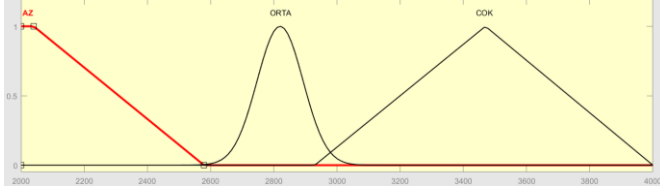
Şekil 3. Elektronik Kontrol Ünitesinin Genel Yapısı

Araç içerisinde içten yanmalı motor ve elektrik motoru aynı shafta bağlıdır. Bu nedenle hız verisi için tek bir hız göstergesi vardır. Hız verileri 0-150 km / saat arasında seçilmiş olup Şekil 4'de değerler gösterilmiştir.



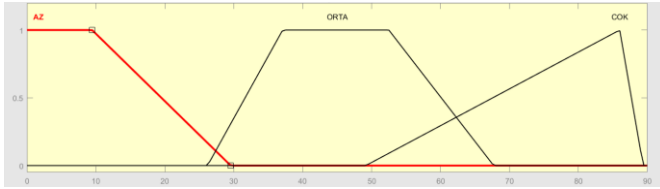
Şekil 4: Hız veri girişi üyelik fonksiyonları

Tork verisi aracın yük durumuna göre 2000-4000 Nmarasında seçilmiş olup Şekil 5’de gösterilmiştir.



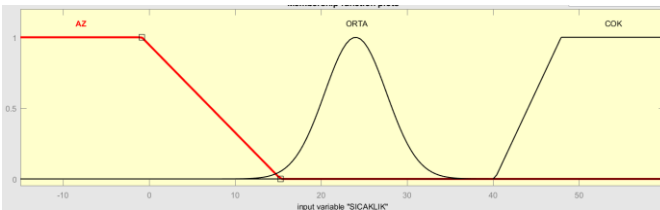
Şekil 5: Tork veri girişi üyelik fonksiyonları

Eğim yüzdelik olarak 0 ile 90 arasında seçilmiştir. %90’lık eğim (40.5°) tekabül etmektedir. Şehir içinde %90’lık eğim yüzdesi maksimum olarak kabul edilmiştir. Eğim girişleri Şekil 6’da verilmiştir.



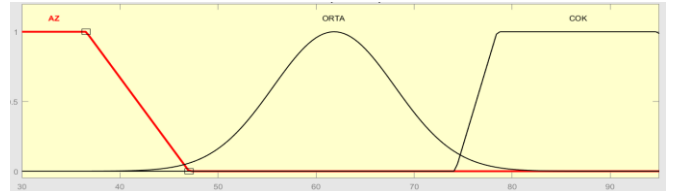
Şekil 6: Eğim veri girişi üyelik fonksiyonları

Sıcaklık verisi bataryayı korumak için sisteme eklenmiştir. Batarya -20 °C ile 60 °C derece arasında çalışabilmektedir. Bataryanın zarar görmemesi için kullanılan dilsel ifadeler Şekil 7’de gösterilmiştir.



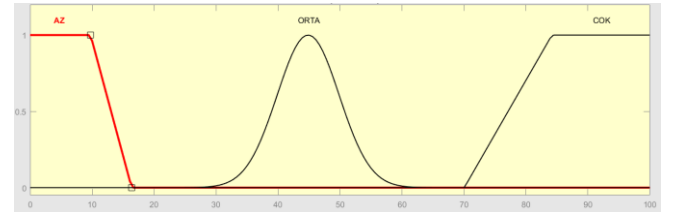
Şekil 7: Sıcaklık veri girişi üyelik fonksiyonları

Batarya Şarj Durumu (State of Charge-SOC) yüzdelik olarak seçilmiş olmakla birlikte, bataryanın kısıtları %30 ile %95 arasında seçilmiştir. Bataryanın kritik durumu %30’un altına düşmemelidir. Aksi takdirde batarya hücreleri zarar görmektedir. Batarya verileri Şekil 8’de gösterilmiştir.



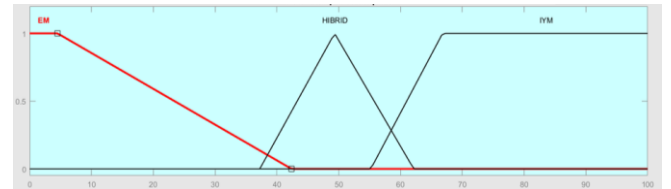
Şekil 8: SOC veri girişi üyelik fonksiyonları

Akaryakıt durumu yüzdelik olarak seçilerek 0-100 arasında değerlendirilmiş olup veri girişi Şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 9: Akaryakıt veri girişi üyelik fonksiyonları

Kurallar oluşturulurken, değişkenlerin alt-üst sınırlarına göre aralıklar belirlenmiştir. Her değişken için az, orta, çok şeklinde dilsel değişkenlere sahip üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Verilerin özelliklerine göre bu üyelik fonksiyonlarının sadece çeşitleri (trimf, trapmf, gaussmf vb) değişmektedir. Bu aralıklarda değerler alındığında HCU karar verme mekanizmasının nasıl davranması gerektiği (aracın hangi motor ile sürüleceği) çıkış olarak seçilerek Şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 10: Motor seçimi çıkışı üyelik fonksiyonları

Verimlilik açısından elektrikli motorun daha çok çalıştırılmasına yönelik birkural tablosu oluşturulmuştur. Hibrit motor seçeneğinin (hem elektrikli motor hem de içten yanmalı motorun birlikte çalışması durumu) gücün en çok gerektiği zamanda kullanılması planlanmaktadır. Örneğin ideal sıcaklıkta torkun ve eğimin yüksek olduğu zamanda hibrit motor seçeneğinin devreye girmesi uygun bulunmuştur. HCU bulanık mantık kontrolörünün motor seçimine nasıl karar vermesi gerektiğini belirleyen kural tablosu Tablo 1 ile gösterilmiştir.



TABLO 1. Kural Tablosu

	HIZ	TORK	EĞİM	SICAKLIK	BATARYA	AKARYAKIT	MOTOR SEÇİMİ
1.			ÇOK				İYM
2.			AZ				EM
3.				ÇOK			İYM
4.				AZ			İYM
5.	ÇOK						İYM
6.	AZ						EM
7.		ÇOK					İYM
8.		AZ					EM
9.					ÇOK		EM
10.					AZ		İYM
11.						AZ	EM
12.		ÇOK	AZ				EM
13.		AZ	ÇOK				HİBRİT
14.			ÇOK		ÇOK		HİBRİT
15.			AZ		AZ		İYM
16.				ÇOK	ÇOK		İYM
17.				AZ	ÇOK		İYM
18.	ÇOK				ÇOK		İYM
19.	AZ				ÇOK		İYM
20.			ÇOK			AZ	İYM
21.	AZ	ÇOK					EM
22.	AZ			ÇOK			İYM
23.	AZ			AZ			İYM
24.	AZ				AZ		İYM
25.	AZ					ÇOK	EM
26.	ÇOK		AZ		AZ		İYM
27.	AZ			ORTA	ÇOK		EM
28.	ÇOK	ÇOK	ORTA	ORTA	ORTA	ÇOK	EM
29.	AZ	AZ	ORTA	ORTA	ORTA	AZ	EM
30.	ORTA	ÇOK	ORTA	ORTA	ÇOK	ÇOK	EM
31.	AZ	AZ	AZ		ORTA	AZ	EM
32.	ORTA				ÇOK	ÇOK	EM
33.	ORTA				ÇOK	ORTA	EM
34.	ORTA	ORTA	ÇOK		ÇOK		İYM
35.	ÇOK	ÇOK	ÇOK	ÇOK	ORTA	ÇOK	İYM
36.	ÇOK	ÇOK	ORTA	ORTA	ÇOK	AZ	EM
37.	ORTA	ORTA	ORTA	ORTA	ORTA	ORTA	EM
38.	ÇOK	ÇOK	ÇOK	ÇOK	ÇOK	ÇOK	İYM
39.	AZ	AZ	AZ	AZ	AZ	AZ	İYM
40.		ÇOK	ÇOK	ORTA	ÇOK		HİBRİT
41.		ÇOK	ÇOK	ÇOK	ÇOK		İYM
42.	AZ		ÇOK	AZ	ÇOK		İYM
43.	ÇOK		ÇOK				HİBRİT

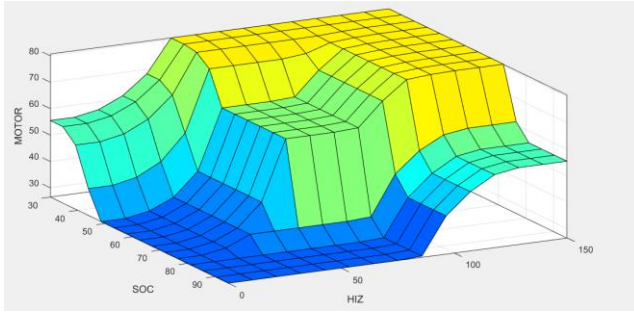
Tablo 1’de bulanık mantık kontrolörünün baz aldığı kural tablosu verilmiştir. 6 değişkenli ve her bir değişken için 3 seçenekli bir sistemde olası 729 sonuç bulunmaktadır. Sistemi eğitmek ve aralıklar arası geçişi kontrolöre yaptırmak için sadece 43 özel kural yazılmıştır. Bu kurallar yazılırken belirli durumlarda nasıl davranılması gerektiğini göstermek yerine karşılaşılan durumlar karşısında seçenek üretilmesi hedeflenmiştir. Kontrolör, ilk kalkışta ve şehir içi normal kullanımda elektrikli motor tercih etmekte olup performans gerektiren durumlarda ise içten yanmalı motorun tercih edilmesi ve ani performans gerekliliğinde hibrit motor seçeneğinin tercih edilmesi üzerine tasarlanmıştır.

Kurallar seçilirken ise ilk olarak hangi durumlarda hangi motorun çalışması gerektiğinin sonuçları sektör uzmanlarının tecrübelerine göre belirlenmiştir. Sonrasında bu değişkenler içerisinde ikili olarak birbirlerinin aksi sonuç veren durumlar değerlendirilmiştir. Bu esnada bazı durumların sonuçlar üzerinde gerektiğinden fazla etki ürettiği anlaşılmıştır (örneğin benzinin çok olması durumu aracın İYM çalışmaya daha yatkın olmasını sağlamaktadır). Dağılımı bozan bu kuralları kaldırıp gerekli olduğu yerlerde bir veya ikiden daha fazla seçenekli kurallar kullanılmıştır.

Kural tablosu oluşturulduktan sonra farklı değerler vererek sistemin nasıl davrandığı anlaşılmasına çalışılmıştır. Yapılan testler sonucunda “Hangi çıktıyı vermeye daha yatkın?” ve “Gerekli kritik noktalarda doğru çıktıları verebiliyor mu?” soruları esasında kural tablosunda ve değer aralıklarında düzenlemeye gidilmiştir. Kural tablosunda hibrit motor seçeneğine daha az yer verilmiştir. Bunun nedeni sonuç grafiğinde hibridin orta seçenekte kalması ve diğer iki motora göre daha az kullanılmasıdır. Böylece kontrolörün değişken parametre koşullarına göre karar vermesi ve geçişlerin daha yumuşak olması sağlanmıştır.

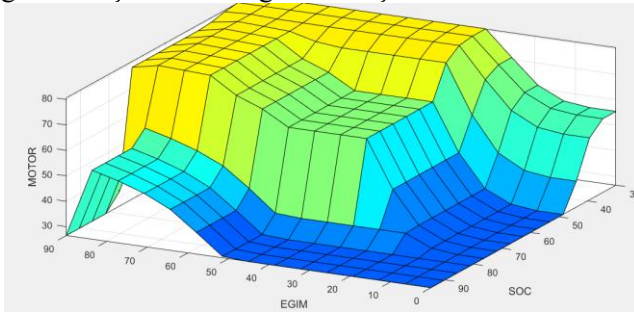
Gerekli düzenlemeler yapıldıkça ve denemeler arttıkça hangi kuralların hangi sonuçlar üzerinde daha çok etkisi olduğu anlaşılmıştır. Bu durumlar karşısında ya kuralda ya da girdi grafiğindeki değerlerde değişime gidilerek bu etki diğer kurallara da dağıtmaya çalışılmıştır. Bu çalışmalar sırasında kural sayısında artma ve azalmalar gözlenmiştir. Kural tabanı ve bulanık mantık kontrolörünün oluşturulmasından sonra belirli değerler kapsamında durumları değerlendirilerek sonuçların güvenilirliği değerlendirilmiştir.

Tablo 1’de verilen belirli aralıklardaki değerler ile denemeler yapılarak bu sonuçlar karşısında eğilimler belirlenmiştir. Bu sonuçlarda içten yanmalı motora geçişte zorlanıldığı fark edilerek bunun sebepleri arasında sistemin artık hibrit motor seçeneğini geçiş formu olarak kullanamaması ve aracı mümkün olduğunca elektrikli motor ile kontrol etmeye çalışması olarak saptanmıştır. Sonuç ve giriş grafiklerindeki ayarlamalar ile bu geçişlerin daha sağlıklı yapılması sağlanmıştır. Batarya ve hız değerlerine göre hibrit kontrol ünitesinin hangi motoru çalıştıracağına karar veren sonuç dağılımları Şekil 11’de gösterilmiştir.



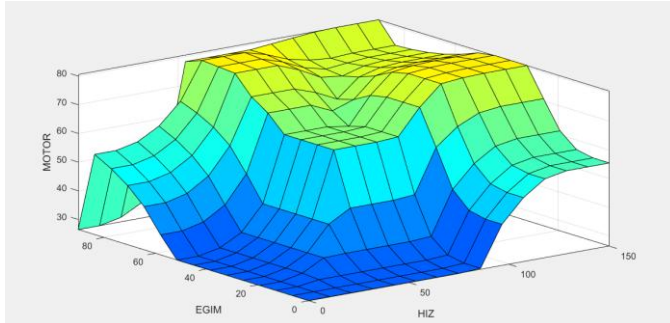
Şekil 11: Hız ve Batarya verilerine göre motor seçilimi

Eğim ve batarya değerlerine göre hibrit kontrol ünitesinin hangi motorun çalışacağını gösteren sonuç dağılımları Şekil 12’de gösterilmiştir.



Şekil12: Eğim ve Batarya verilerine göre motor seçilimi

Eğim ve hız değerlerine göre hibrit kontrol ünitesinin hangi motorun çalışacağına karar veren sonuç dağılımları Şekil 13’de gösterilmiştir.



Şekil13: Eğim ve Batarya verilerine göre motor seçilimi

### III. SONUÇ [CONCLUSION]

Bu çalışmada hibrit araçlar için hibrit kontrol ünitesinin tasarımı ve kontrol yapısı sunulmuştur. HCU hangi motorun hangi koşulda çalışacağına sensörler üzerinden alınan veriler ile karar vermesi planlanmıştır. Karar verme işlemi bulanık mantık kontrolörü ile sağlanmıştır. Bu çalışmada verilen kural tablosuyla hibrit araçta bulunan ve birbirleriyle senkronize olan motor yapısı oluşturularak karbondioksit emisyonunu en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Elektrik motorunun çalışma alanı hibrit kontrol ünitesinin kural tablosunda artırılarak daha çok verim elde edilmesi simülasyon ortamında elde edilmiştir. Bu aşamadan sonra kontrolörün C dili ile programlanması çalışmalarına başlanacak ve bulanık mantık kontrolör yapısı sayesinde HCU, C dili ile programlanabilecektir.

### TEŞEKKÜR [ACKNOWLEDGMENT]

Bu çalışma TÜBİTAK ARDEB Mühendislik Araştırma Grubu tarafından 216M252 numaralı 1003 projesiyle desteklenmiştir.

Ayrıca bu çalışma İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje numarası: 33416

### KAYNAKLAR [REFERENCES]

- [13] Jalil, N., Kheir, N. A., Salman, M., “A rule-based energy management strategy for a series hybrid vehicle”, Proceedings of the American Control Conference Albuquerque, New Mexico, 689-693, 1997
- [14] Schouten, N. J., Salman, M. A., Kheir, N.A., “Fuzzy logic control for parallel hybrid vehicles”, Vol. 10, No. 3, 460-468, 2002
- [15] Schouten, N. J., Salman, M. A., Kheir, N.A., “Energy management strategies for paralel hybrid vehicle susing fuzzy logic”, Control EngineERING PRACTICE, VOL.11, 171-177, 2003.
- [16] Kheir, N. A., Salman, M. A., Schouten, N. J., “Emissions and fuel economy trade-off for hybrid vehicles using fuzzy logic”, Mathematics and Computers in Simulation Vol. 66, 155-172. 2004,
- [17] Altium Designer, Reference Manual, 2020
- [18] E. Dinçer, CAN BUS ile Dağıtık Kontrol Uygulaması, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yük. Lisans Tezi, Şub 2010, s.2
- [19] M. ÖZTÜRK, Hidrojen Hibrit Otobüslerde CAN BUS Sistemleri ve Uygulamaları, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2010, s.56
- [20] Digikey, Digi-Key’s North AmericanEditors, [https://www.digikey.com/en/articles/smart-high-side-drivers-help-meet-tough-new-automotive-standards\(SGT: 19.04.2019\)](https://www.digikey.com/en/articles/smart-high-side-drivers-help-meet-tough-new-automotive-standards(SGT: 19.04.2019))
- [21] MATLAB, Reference Manual, 2019b





# Maksimum Güç Noktası İzleme Devresi Tasarımında PI ve PID Kontrolör Parametrelerinin Belirlenmesi

Yılmaz Seryar ARIKUŞU<sup>1</sup>, Nevra BAYHAN<sup>2</sup>, Hasan TIRYAKI\*

\*<sup>1,2</sup>İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye.

\*Sorumlu Yazar / Corresponding author: [hasan.tiryaki@istanbul.edu.tr](mailto:hasan.tiryaki@istanbul.edu.tr)

<sup>1</sup>Y. S. ARIKUŞU, [orcid.org/0000-0002-0915-5549](https://orcid.org/0000-0002-0915-5549),

<sup>2</sup>N. BAYHAN, [orcid.org/0000-0002-7497-2377](https://orcid.org/0000-0002-7497-2377),

Geliş Tarihi / Received Date

15.06.2020

Kabul Tarihi / Accepted Date

24.06.2020

Yayın Tarihi / Published Date

20.07.2020

Alıntı / Citation :

Arıkuşu, Y., S., Bayhan, N., Tiryaki, H. (2020). *Maksimum Güç Noktası İzleme Devresi Tasarımında PI ve PID Kontrolör Parametrelerinin Belirlenmesi*, Bilim, Teknoloji ve Mühendislik Araştırmaları Dergisi, 1(1), 25-30.

## Determination of PI and PID Controller Parameters in Maximum Power Point Monitoring Circuit Design

**Özet** – Bu çalışma, hibrit bir aracın elektrik sistemi için ihtiyaç duyulan enerjinin bir kısmının maksimum güç noktası izleme (MPPT) devresi ile elde edilmesini konu almaktadır. Araçta bulunan içten yanmalı motora ait salınım gazları egzoz üzerinde atık ısı oluşturmaktadır. Bu ısı enerjisinin elektriksel bir enerjiye dönüştürülmesi için maksimum güç noktası izleme devresine ihtiyaç duyulmaktadır. Oluşan ısı sürekli olarak sabit bir sıcaklıkta olmadığı için yapılan çalışmada maksimum güç noktası izleme devresinin hem alçaltan hem de yükselten devre tasarımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada alçaltan devre ve yükselten devre tasarımlarına değinilmiş ve söz konusu devre oluşturulurken kullanılan kontrol yapılarından bahsedilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yükselten Devreler, Alçaltan Devreler, MPPT, PI, PID.

**Abstract** - This study focuses on obtaining some of the energy needed with the maximum power point tracking (MPPT) for the electrical system of a hybrid vehicle. Emission gases of the internal combustion engine in the vehicle create waste heat on the exhaust. Maximum power point monitoring circuit is needed to convert this heat energy into electrical energy. Since the generated heat is not constantly at a constant temperature both buck and boost converter designs of the maximum power point monitoring circuit are needed in the study. At this study, buck and boost converter designs are mentioned, and control structures used in creating the circuit are mentioned.

**Index Terms :** Boost Converter, Buck Converter, MPPT, PI, PID.

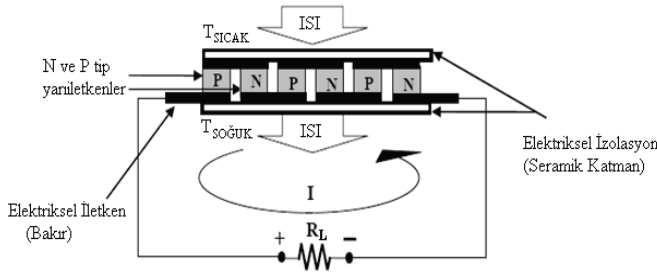
### I. GİRİŞ [INTRODUCTION]

S ON yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında artış olmuştur. Bunun nedeni hem fosil yakıtların tükenmesi hem de doğaya vermiş oldukları zararlarıdır. Yenilenebilir enerji kaynağı olarak genellikle güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi kullanılmaktadır [1]. Termoelektrik jeneratör kullanımı da yenilenebilir enerji kaynağı olarak günümüzde kullanılmaktadır. Termoelektrik kavramı 1820 yılında ısı enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesinin bulunmasıyla ve 1950'li yıllardan itibaren yarı iletken teknolojisinin gelişmesiyle dikkat çeken bir konu olmuştur. Termoelektrik jeneratör (TEJ) temel çalışma prensibi yarı iletken maddenin iki yüzeyine sıcaklık farkı uygulandığında bir gerilim farkı oluşturmasıdır. TEJ temel çalışma prensibi Thomas

Seebeck tarafından bulunmuştur [2]. Bu çalışmada, hibrit elektrikli araçlarda alternatif enerji kaynağı olarak kullanılması düşünülen termoelektrik jeneratör ile egzoz üzerindeki atık ısının elektrik enerjisine dönüştürülmesi ve araç içi sistemlerde kullanılması hedeflenmiştir. Elde edilen elektrik enerjisi araç içi sistemlerini çalıştırabilmesi için Buck DC-DC dönüştürücünün kullanılması düşünülmüştür. Ayrıca TEJ'den elde edilecek gerilim araç bataryasını düzgün şekilde besleyebilmesi için Boost DC-DC dönüştürücünün kullanılması önerilmiştir. Yapılan bu çalışma hibrit araçlara yenilikçi, düşük emisyonlu ve alternatif bir enerji kaynağı oluşturulması hedeflenmiştir.

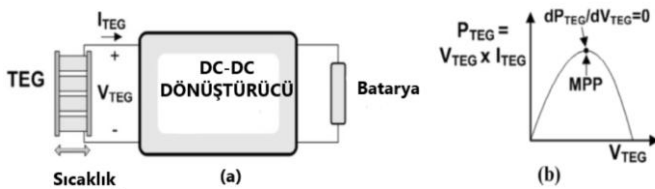
## II. MPPT TOPOLOJİSİ [MPPT TOPOLOGY]

Şekil 1' de P ve N tipi yarı iletken maddenin elektrik gerilimi için seri, seramik plakalar yardımıyla termal olarak paralel bağlanarak da ısıl genişleme sağlanmış olup TEJ'nin devresi gösterilmiştir [2].



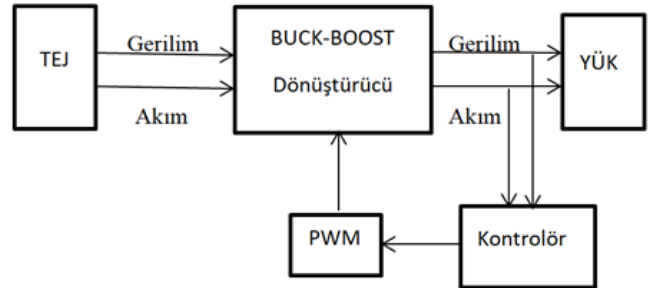
Şekil 1. Termoelektrik jeneratör (TEJ) Yapısı [2]

MPPT çalışma prensibi, fotovoltaik ve termoelektrik jeneratör sistemlerinde gerilim ve akım değerlerinin izlenmesi ve çeşitli algoritmalar ile çıkış gerilimini kontrol eden elektronik donanım olarak bilinmektedir. Literatürdeki çalışmalarda, MPPT sisteminde çıkış gerilimleri elde etmek için DC-DC çevirici devresi olan Buck ve Boost devrelerinin kontrolü üzerinde durulmuş olup böylelikle istenilen gerilimler elde edilmiştir [3][4][5]. Maity ve arkadaşlarının çalışmasında, DC-DC dönüştürücünün anahtarlama frekansı bulanık mantık tabanlı kontrolörle elde edilmiştir [6]. MPPT sisteminin blok diyagram devresi Şekil 2a 'da ve güç -gerilim eğrisi Şekil 2b 'de verilmiştir.



Şekil 2. (a) TEJ Devre Şeması (b) Güç ve Gerilim Grafiği [1]

Çeşitli sıcaklıklarda hibrit araçlarda motor gücüne bağlı olarak TEJ'den elde edilen güçler farklı olmaktadır. Elde edilen farklı ve düzensiz gerilimler bataryanın kısa sürede boşalmasına ve araç içi sistemlerin düzgün çalışmamasına neden olur. Bunu önlemek için DC-DC çeviricide Mosfet sürümünde anahtarlama sinyali genlik modülasyonunu (PWM) kontrol edilmelidir. TEJ'ün topolojisi Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. TEJ Topolojisi

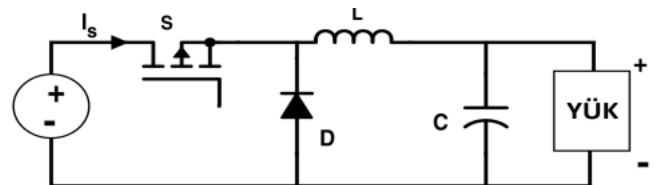
Şekil 3'de görüldüğü üzere DC-DC dönüştürücü olarak Buck (Alçaltan) ve Boost (Yükselten) dönüştürücüler seçilmiştir. Termoelektrik jeneratörden elde edilen gerilim bataryanın geriliminden fazla ise Buck dönüştürücü çalıştırılarak istenilen gerilime düşürülür. Tam tersi durumda TEJ'den elde edilen gerilim bataryanın değerinden düşük ise Boost dönüştürücü çalıştırılarak istenilen gerilim değerine yükseltilir.

Bu çalışmada TEJ'ün farklı sıcaklık değişiminde düzensiz güç elde etmesinden dolayı PWM değerini istenilen kontrol seviyesinde tutmak için hem Buck hem de Boost devresinin kullanılması uygun bulunmuştur. MPPT devresinde PWM değerini kontrol edebilmek için klasik PI kontrolörü ve PID kontrolörü önerilmiştir.

## III. DC-DC DÖNÜŞTÜRÜCÜ [DC-DC CONVERTER]

### A. Buck (Alçaltan) Dönüştürücü

Şekil4'de Buck (Alçaltan) tip DC-DC dönüştürücüsünün basitleştirilmiş devre şeması verilmiştir.



Şekil 4. Buck Dönüştürücü Devresi [7]

Şekil 4’de görüldüğü üzere Buck dönüştürücüsü devresinde LC filtre devre elemanı kullanılır. Devrede L bobini ve C ise kondansatörü ifade eder. Filtre kullanımı sayesinde elektriksel gürültü ve dalgalanma minimuma indirilir.

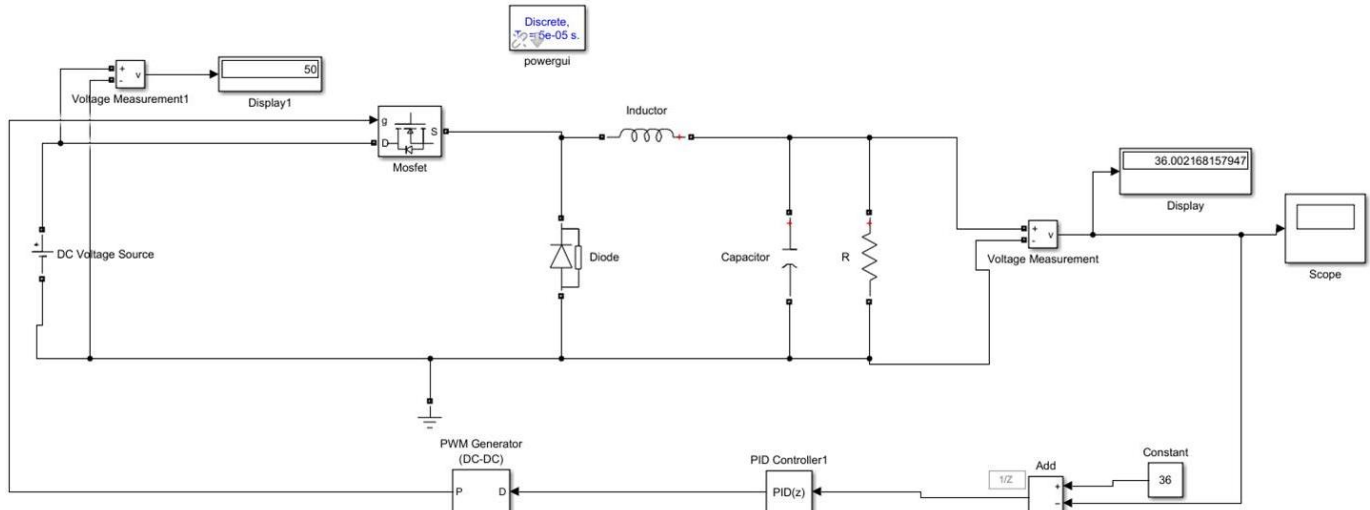
Buck devresinin indüktans ve kapasitans denklemleri aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$L_{min} = \frac{(1-D_{min})V_0}{2f_s I_0} \quad (1)$$

$$C_{min} = \frac{(1-D_{min})}{8L_{min} \frac{\Delta V_0}{V_0} f_s^2} \quad (2)$$

Güç anahtarının on süresinin anahtarlama periyoduna oranına duty cycle denir.  $D_{min}$  minimum duty cycle değerini ifade eder. Duty cycle 0 ile 1 arasında değer alır.  $f_s$  (Hz) anahtarlama frekansıdır.  $V_0$  çıkış gerilimidir.

$\Delta V_0$  gerilim dalgalanması,  $I_0$  çıkış akımı olarak ifade

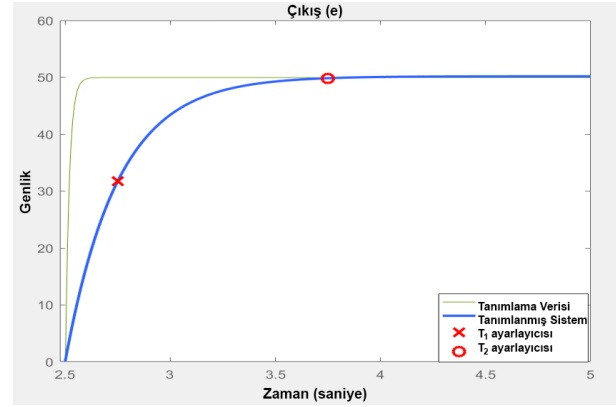


Şekil 5. Buck Simülasyon Devresi

Şekil 5’ de referans değeri olarak 36 V seçilerek, Buck devresinden 36 V elde edilmesi beklenmektedir. Referans değerinde gerilim elde etmek için mosfetin anahtarlama frekansı kontrol edilmelidir. Anahtarlama frekans kontrolü için kapalı çevrimde PID kontrolör kullanılmıştır ve istenilen gerilim elde edilmiştir [9].

DC-DC dönüştürücünün PID kontrolör parametrelerini bulmak için, Matlab’da [8] “PID Plant Identification (PID Sistem Tanımlama)” araç kutusu kullanılmıştır. Bunun kullanılma sebebi, DC-DC dönüştürücünün yüksek frekansta anahtarlama yapmasından dolayı sistemin lineer olmamasıdır. Doğrusal olmayan sistemin sürekli örnekleme zamanı ve birim basamak sinyali ayarlanarak çalıştırılması gerekmektedir.

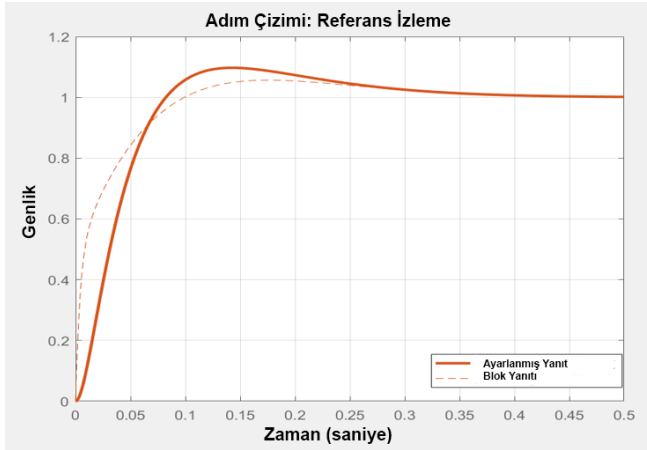
edilir. Şekil 5’de önerilen Buck devrenin simülasyon çalışması verilmiştir.



Şekil 6: PID Sistem Tanımlama

Sistem tanımlama ile birim basamak giriş sinyali uygulanarak, sistemin doğrusal olması ve kararlı bir noktaya getirilmesi amaçlanmıştır. Şekil 6’da birim basamak giriş sinyali uygulanarak sistem tanımlaması yapılmış ve sistem doğrusal hale getirilmiştir.

Doğrusal hale getirildikten sonra araç kutusunda birim basamak girişi sürekli uygulanarak kontrolcünün cevabı elde edilmiş olup Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 7. PID Cevap Eğrisi

PID kontrolörün kullanılma sebebi geri besleme yoluyla hata farkını minimuma düşürerek referans gerilim değerinin takip edilmesini sağlamaktadır. Kontrolörün cevabının aşım yüzdesinin %20'nin altında olduğu Şekil 7'de görülmektedir. Bu durum sistemin optimal düzeyde kontrol edildiğini göstermektedir. Sistem tanımlama sonucu PID kontrolcüsünün parametreleri elde edilmiştir ve Tablo 3'de gösterilmiştir. Tablo 3' de  $K_p$  oransal katsayısını,  $K_i$  integral katsayısını ve  $K_d$  türevsel katsayısını ifade etmektedir.

TABLO 1

PID Parametreleri

$K_p$	0.17915
$K_i$	1.75358
$K_d$	0.00339

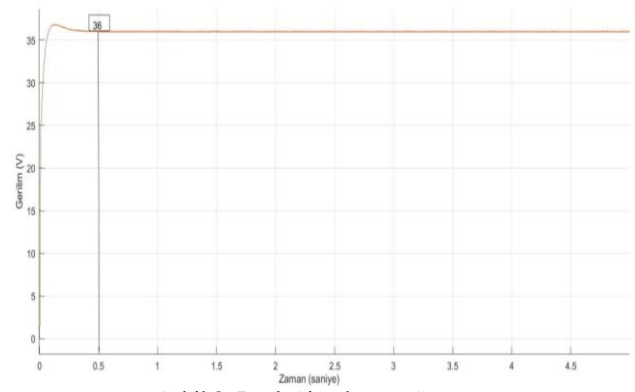
Buck devre elemanlarının parametreleri Tablo 2'de verilmiştir.

TABLO 2

Buck Parametreleri

İndüktans (L)	150 mH
Kapasitans (C)	150 $\mu$ F
Direnç (R)	10 $\Omega$
Frekans (f)	2 KHz

DC-DC Buck dönüştürücüsünden elde edilen simülasyon sonucu Şekil 8'de gösterilmiştir.

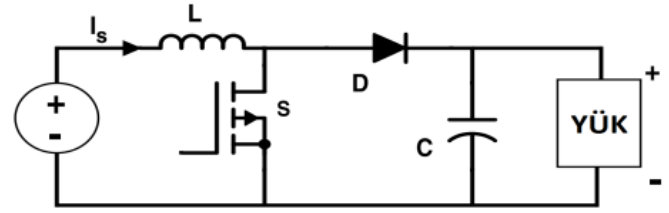


Şekil 8. Buck Simülasyon Sonucu

Şekil 8'e göre referans değeri olan 36 V elde edilmiş ve sistemin sistem cevabının oturma süresi 0.5 saniyedir. Sistemin osilasyon yapmayarak kararlı olduğu gözlemlenmiştir.

#### B. Boost (Yükselten) Dönüştürücü

Şekil 9'da Boost (Yükselten) tip DC-DC dönüştürücüsünün basitleştirilmiş devre modeli verilmiştir [7]. Boost devrenin çıkış gerilimi, giriş gerilimden büyüktür.



Şekil 9: Boost Dönüştürücü Devresi [7]

$$L_{min} = \frac{D_{opt} (1-D_{opt})^2 V_0}{2f_s I_0} \quad (3)$$

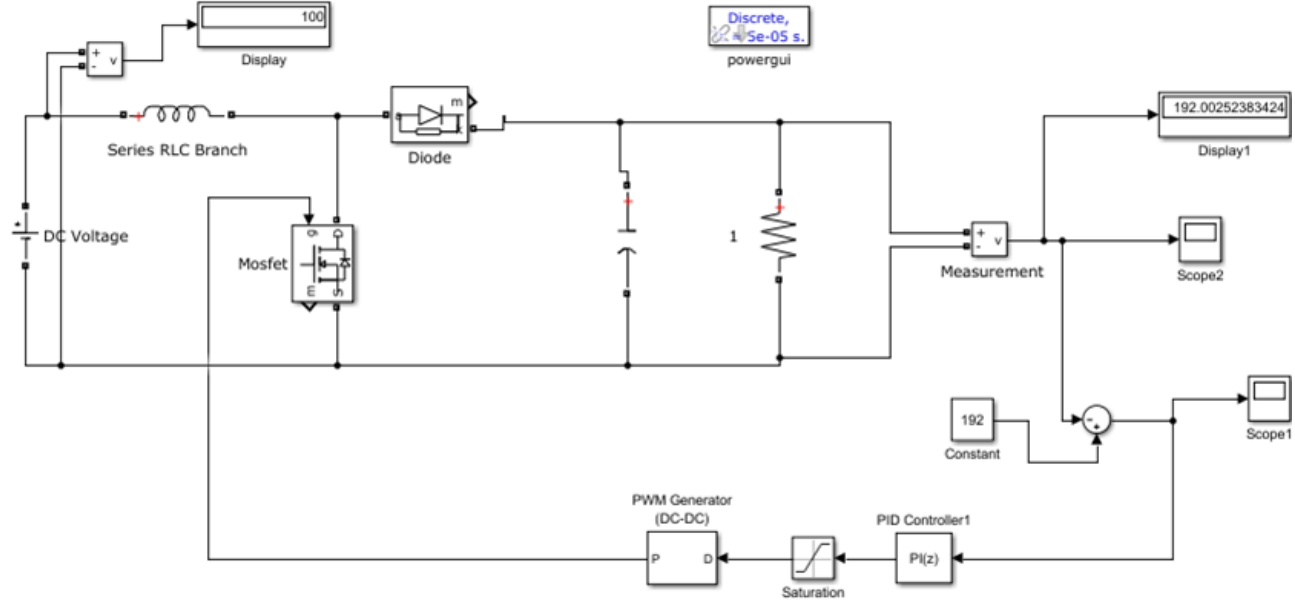
$$C_{min} = \frac{I_0 D_{max}}{V_0 \frac{\Delta V_0}{V_0} f_s} \quad (4)$$

Burada,  $D_{opt}$  değeri minimum indüktans değerini veren duty cyle değeridir.  $D_{max}$  maksimum anahtarlama sinyali değeridir.  $V_0$ , yükteki çıkış gerilimini ifade eder.  $I_0$  ise yük akımıdır. Seçilen bobin ve kondansatör idealdir.

Şekil 10 'da önerilen Boost devrenin simülasyon çalışması verilmiştir. Şekil 10'da referans değeri olarak 192 V seçilerek, Boost devresinin yük geriliminin de 192 V olması hedeflenmektedir. Anahtarlama frekans kontrolü kapalı çevrimde PI kontrolör kullanılmıştır ve istenilen gerilim elde edilmiştir.

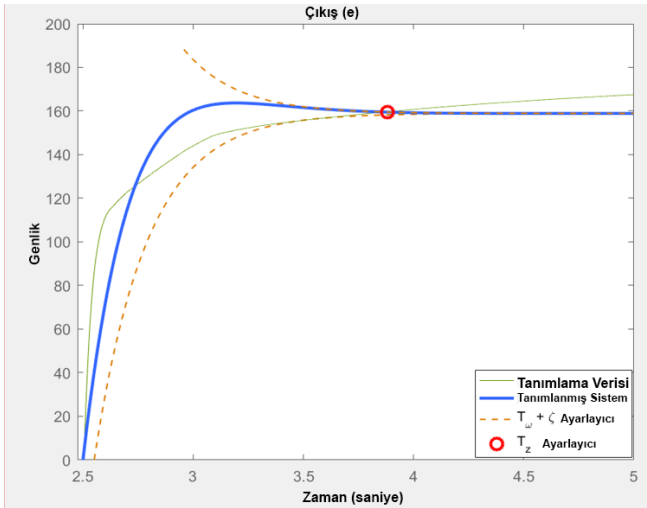
DC-DC Boost dönüştürücünün PI kontrolörün parametrelerini bulmak için PID kontrolörde olduğu gibi,

Matlab’da [8] “PID Plant Identification (PID Sistem Tanımlama)” araç kutusu kullanılmıştır.



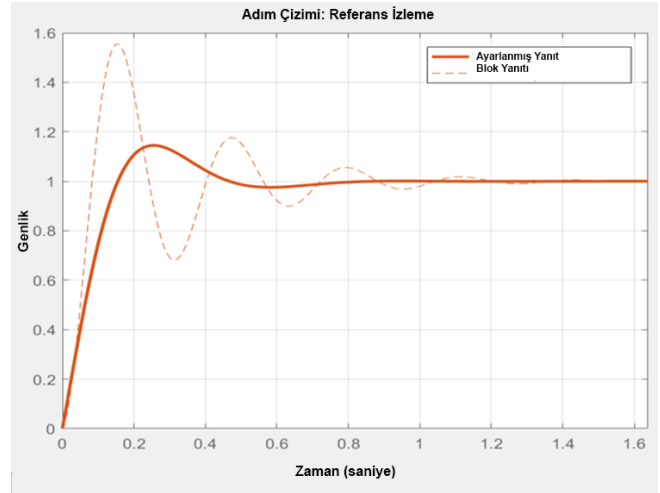
Şekil 10. Boost Devre Simülasyonu

PI kontrolörün parametre değerleri için öncelikle sistem tanımlama araç kutusunda birim basamak giriş sinyali uygulanarak, sistem doğrusal hale getirilmiştir. Bu durum Şekil 11’de gösterilmiştir.



Şekil 11. PI Sistem Tanımlama

Sonrasında Matlab’ da sistem tanımlama kısmında kontrolcünün daha az aşım yapması kısıtlaması uygulanarak,PI kontrolörün birim basamak giriş cevabına vermiş olduğu cevap eğrisi elde edilmiş ve Şekil 12’de gösterilmiştir.



Şekil 12. PI Cevap Eğrisi

Şekil 12’de sistemin cevap eğrisi kesikli eğri ile verilmiş olup, PI kontrolörün cevap eğrisi turuncu renktedir. PI kontrolörün sistem cevabına göre daha az aşım yaptığı ve osilasyon yapmadığı gözlemlenmiştir.

Sistem tanımlama simülasyon sonucunda PI kontrolörün parametreleri elde edilmiş ve Tablo 3’ de verilmiştir.

TABLO 3

PI Parametreleri

$K_P$	0.00899
-------	---------

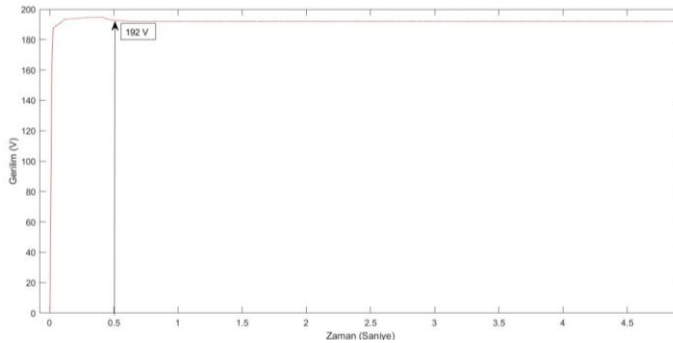
$K_I$	0.13616
-------	---------

TEJ ile 100 V gerilim elde edildiği düşünüldüğünde hibrit araç bataryasının 192 V gerilim ile Boost devresinin devre elemanlarının değerleri Tablo 4'deki gibi seçilmiştir.

TABLO 4  
Boost Parametreleri

İndüktans (L)	250 $\mu$ H
Kapitans (C)	150 mF
Direnç (R)	20 $\Omega$
Frekans (f)	2 KHz

DC-DC Boost dönüştürücüsünden elde edilen simülasyon sonucu Şekil 13'de gösterilmiştir. Şekil 13'e göre referans değeri olan 192 V elde edilmiş olup sistem cevabının oturma süresi 0.5 saniyedir. Cevap eğrisinden de anlaşılacağı üzere sistemin kararlı olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 13. Boost Simülasyon Sonucu

#### IV. SONUÇ [CONCLUSION]

Bu çalışmada, araç atık ısısından termoelektrik jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjisi elde edilerek araç bataryasını ve araç içi sistemlerin maksimum verimde çalışması için MPPT topolojisi önerilmiştir. TEJ'in ne kadar güç ürettiği bilinmeyen bir sistem için olası hesaplara göre MPPT topolojisi tasarlanmıştır. Elde edilen gerilim ve bataryaya da yükün durumuna göre iki farklı DC-DC dönüştürücü önerilmiştir. Önerilen DC-DC dönüştürücü devrelerinin doğrusal olmamasından ve hızlı cevap alınması istenildiği için Matlab PID sistem tanımlama araç kutusu kullanılmıştır. Önerilen Buck devresinin çalışma yapısı ve kontrolü gösterilmiştir. Buck devresinin sistem tanımlama ile doğrusal hale getirilmiş olup anahtarlama frekansı olarak PID kontrolörün kullanılması uygun bulunmuştur. TEJ' den yüksek gerilim elde etmek istediğimizde, Boost devresi kullanılmaktadır. Boost devresi de sistem tanımlama ile

doğrusal hale getirilmiştir. Anahtarlama frekans kontrolü için ise PI kontrolör kullanılması uygun bulunmuştur. Her iki devredeki kontrol sonuçlarına göre sistemin daha az aşım ve yerleşme süresinin olduğu gözlemlenmiştir. Böylece termoelektrik jeneratörün MPPT devre kontrolü ile hibrit elektrikli araçlara alternatif bir enerji kaynağı oluşturması önerilmiştir.

#### TEŞEKKÜR [ACKNOWLEDGMENT]

Bu çalışma TÜBİTAK ARDEB Mühendislik Araştırma Grubu tarafından 216M252 numaralı 1003 projesiyle desteklenmiştir.

Ayrıca bu çalışma İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje numarası: 33416

#### KAYNAKLAR [REFERENCES]

- [1] Paraskevas, A., Koutroulis, E., "A simple maximum power point tracker for thermo electric generators", *Energy Conversion and Management* 108 (2016) 355–365.
- [2] Ahıska, R., Mamur, H., Uliş, M., "Termoelektrik modülün jeneratör olarak modellenmesi ve deneysel çalışma", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der* Cilt 26, No 4, 889-896, 2011.
- [3] Montecucco, A., Knox, A. R., "Maximum power point tracking converter based on the open-circuit voltage method for thermo electric generators", *IEEE Transaction on Power Electronics*, Vol. 30, No. 2, February 2015.
- [4] Park, J., Kim, S., "Maximum power point tracking controller for thermo electric generators with peak gain control of boost DC-DC converters" *Journal of Electronics Materials*, Vol. 41, No. 6, 2012.
- [5] Montecucco, A., Siviter, J., Knox, A. R., "Simple, fast and accurate maximum power point tracking converter for thermo electric generators", 2012 *IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, September 15-20, 2012.
- [6] Maity, S., Ghosh, S., Pal, R., Saha, S., Samanta, S., Guya, S., Mondal, R., Sau, R., Pan, S., Das, A., Maity, J., "Performance analysis of fuzzy logic controlled DC-DC converters", *International Conference on Communication and Signal Processing*, April 4-6, 2019.
- [7] Deveci, O., "Şebekeden bağımsız fotovoltaiik sistemlere yönelik çok girişli çok çıkışlı modelleme ve gürbüz kontrolcü tasarımı" *TOBB ETÜ, Fen bilimleri enstitüsü doktora tezi*, 2016.
- [8] Matlab 2019b Reference Manual, 2019.
- [9] Arıkuşu, Y.S., Bayhan, N., Tiryaki, H. "Termoelektrik jeneratör için DC-DC dönüştürücü tasarımı", 4. *Geleceğin Mühendisleri Uluslararası Öğrenci Sempozyumu*, 7-8 Mayıs, 2020



# Yapay Zeka Tabanlı Araç Algılama Sistemi Geliştirilmesi

\*Şenol Pazar, <sup>1</sup>Mehmet Bulut, <sup>2</sup>Cihan Uysal

\*Biruni Üniversitesi, MYO Bilgisayar Programcılığı, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Anka Coğrafi Bilgi Teknolojileri, İstanbul, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Şenol Pazar : <a href="https://orcid.org/0000-0003-3807-6601">orcid.org/0000-0003-3807-6601</a>	Geliş Tarihi / Received Date	24.06.2020
<sup>1</sup> Mehmet Bulut, <a href="https://orcid.org/0000-0003-3998-1785">orcid.org/0000-0003-3998-1785</a>	Kabul Tarihi / Accepted Date	29.06.2020
<sup>2</sup> Cihan Uysal, <a href="https://orcid.org/0000-0001-6006-5672">orcid.org/0000-0001-6006-5672</a>	Yayın Tarihi / Published Date	20.07.2020

## Alıntı / Citation :

Pazar, Ş., Bulut, M., Uysal, C., (2020). *Yapay Zeka Tabanlı Araç Algılama Sistemi Geliştirilmesi*, Bilim, Teknoloji ve Mühendislik Araştırmaları Dergisi, 1(1), 31-37.

## Development of Artificial Intelligence Based Vehicle Detection System

**Özet** - Araç algılama ve trafik durumları güvenli sürüş, kazadan kaçınma, otomatik sürüş ve takip için önemli unsurlardır. Halihazırda, trafik sinyalizasyon işlemleri için kavşaklarda Trafik Sinyal Denetleyicisi (TSD) sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerde yol altına döşenen Trafik Sinyal Loop Dedektörleri bulunmaktadır. Bu dedektörlerin kurulumu, işletilmesi ve bakımı, zaman alıcı ve maliyetli işlemlerdir. Yolda bir hasar olması durumunda, loop dedektörler de hasar görebilmektedir. Ayrıca dedektörlerle alınabilecek trafik yol bilgisi de oldukça sınırlı kalmaktadır. Ulaşım sektöründe birçok şehirdeki trafik sinyalizasyonuna yeni bir çözüm getirecek bu çalışmada, yapay zeka tabanlı kamera ile bir araç algılama sistemi (Video Dedektör) geliştirilmiştir. Çalışmanın temel amacı geleneksel asfalt altı manyetik ve elektrikli araç algılayıcılara alternatif olarak, görüntü tabanlı algılayıcı bir sistem geliştirilmesidir. Geliştirilen bu sistem sayesinde, maliyetli fiziksel loop dedektörlerine olan ihtiyacın kalkması hedeflenmektedir. Bu çalışma kapsamında yapay zeka temelli çalışan bir video algılayıcı sistem kullanılarak; ilk aşamada sanal loop, araç sayım, varlık-yokluk bilgisi, sonraki aşamalarda ise araç işgaliye, kuyruklanma, ortalama hız, araç sınıflandırma ve kavşak içi yönlere bağlı olarak araç takibi bilgileri üretilebilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Araç Algılama, Trafik Sinyalizasyon, Yapay Zeka, Akıllı Ulaşım Sistemleri

Pazar, Ş., Elektrik ve Elektronik Mühendisi (PhD). Biruni Üniversitesi MYO Bilgisayar Programcılığı Bölüm Başkanı olarak çalışmaktadır. (e-mail: spazar@biruni.edu.tr).

Bulut, M., Elektrik ve Elektronik Mühendisi (PhD). Atılım Üniversitesi'nde yarı zamanlı öğretim görevlisi. Halen, Elektrik Üretim Şirketi'nde müşavir olarak çalışmaktadır (e-posta: mehmetbulut06@gmail.com).

Uysal, C., Harita Mühendisi (PhD). Anka Coğrafi Bilgi Teknolojileri şirketine proje yöneticisi olarak çalışmaktadır (e-posta: uysalc@yahoo.com).

**Abstract** - Vehicle detection and traffic conditions are important factors for safe driving, accident avoidance, automatic driving and tracking. Currently, Traffic Signal Controller (TSD) systems are used at intersections for traffic signalization operations. Traffic Signal Loop Detectors installed under the road are used in these systems. The installation, operation and maintenance of these detectors are time consuming and costly. Loop detectors can also be damaged if there is any damage on the road. In addition, traffic road information that can be obtained with detectors is also very limited. In this study, which brought a new solution to traffic signalization in many cities in the transportation sector, a vehicle detection system (Video Detector) was developed with an Artificial Intelligence based camera. The main purpose of the study is to develop an image based sensor system as an alternative to conventional under-asphalt magnetic and electrical vehicle sensors. Thanks to the system developed with this study, the need for costly physical loop detectors can be avoided. First phase of this study, vehicle presence and counting can be possible by virtual sensors. Later, vehicle tracking information can be generated depending on vehicle occupation, queuing, average speed, vehicle classification at intersections.

**Index Terms-** Vehicle detection, Traffic signalization, Artificial Intelligence, Intelligent Transportation Systems

## I. GİRİŞ [INTRODUCTION]

Araç algılama sistemleri, şehirlerin trafik yoğunluğunu izleme, kontrol etme ve gerekli planlamaları yapma konusunda büyük bir karar destek hizmeti sağlamaktadırlar. Halihazırda yollarda mevcut Trafik Sinyal Denetleyicisi (TSD) sistemlerinde, asfalt altına döşenen loop dedektörleri kullanılmaktadır. Metal



kütle dedektörü olarak da bilinen loop dedektörü, üzerine gelen metalin yoğunluğuna göre rölelerinden çıkış veren bir donanıma sahiptir. Böylece, ortamdaki elektromanyetik alanda oluşacak değişimler ile metal yoğunluğunun tespit işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu loop dedektörlerinin yollara döşenmesi, uzun zaman alıcı ve maliyetli bir işlem olmaktadır. Loop dedektörlerinin döşenmiş olduğu yolda bir hasar olması durumunda, bu cihazlar da hasar görebilmektedir. Bunun yanında, bu dedektörlerle alınabilecek trafik yol bilgisi de çok sınırlı kalmaktadır.

Huang J. ve diğerleri çalışmalarında, güncel nesne dedektörlerinin hız ve doğruluk gibi temel yönlerinin deneysel bir karşılaştırmasını yapmıştır. Yapılan çalışmada R-FCN(Fast Region Convolutional Neural Network) ve SSD (Single Shot MultiBox Detector) modellerinin ortalamadan daha hızlı olduğu, Faster R-CNN'nin (Faster Region Convolutional Neural Network) ise daha yavaş fakat daha doğru modellere yol açma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir [1]. Çoğu nesne dedektörleri, büyük nesnelere üzerinde makul derecede iyi performans göstermektedir. Ancak SSD'nin sadece küçük nesnelere üzerindeki performansı biraz düşük olmasına rağmen, içlerinde genelde en hızlı olan algoritmadır. Bununla beraber "Faster R-CNN with Resnet" ile SSD'den daha iyi sonuç alan gerçek zamanlı video işleme projeleri de bulunmaktadır [2]. Gerçek zamanlı video işlemede kullanılan bir derin öğrenme algoritmasını hızlandırmanın değişik yolları vardır. NVIDIA TensorRT, NVIDIA firması tarafından geliştirilen yüksek performanslı derin öğrenme arayüz kütüphanesidir. TensorRT kullanılarak, geliştirilen veya kullanılan model üzerinde optimizasyonlar yapmak hız konusunda önemli katkı vermektedir. Özellikle TensorRT kütüphanesi ile yapılan model graf sadeleştirmeleri ve tamsayı veri tipi işlemleri ciddi anlamda sayısal optimizasyon sağlamaktadır [3]. Sakshi Indolia yaptığı çalışmada, CNN'in en yaygın üç mimarisi ve öğrenme algoritmaları ile kavramsal olarak anlaşılmasını sağlamak için yapılan çalışmaları irdelemektedir [4]. Vijayasanthi ve Geetha tarafından önerilen modelde ise, derin sinir ağı kullanılarak araç konumu tanımlaması ve araç tipi sınıflandırması tasarlanmıştır. Önerilen model, sonuç değerlendirmesi için standart bir veri kümesi görüntüsü ile test edilmiştir [5]. Surendra Gupte ve diğerleri tarafından önerilen yöntem, araçlar görüntü dizisi boyunca hareket ettikçe bölgeler ve araçlar arasında haberleşme sistemi oluşturulmasına dayanmaktadır. Yöntemin etkinliğini

gösteren karayollarından deneysel sonuçlar elde edilmiştir [6]. Jyong and Keemin geliştirdikleri metodoloji, tek bir aracı ayrı ayrı tespit edilecek bir nesne olarak görmez; daha ziyade, toplu olarak bir insanın yaptığı gibi araç sayısını saymaktadır [7].

Sivaraman ve Trivedi karayolu taşıtlarının tespiti, araç takibi ve kamera görüntüleriyle davranış analizi konularına yönelik literatürdeki çalışmalarını incelemiştir. Sensör konfigürasyonları için son on yılın bilgisayarlı görmeye dayalı araç tespitindeki ilerleyişine dair bir araştırma yapılmış, görme tabanlı algılama, görüntü düzlemindeki monoküler uygulamaları ele alma ve çeşitli filtreleme teknikleri ve hareket modelleri de dahil olmak üzere 3B alanındaki stereogörme uygulamaları bağlamında araç takibi çalışmalarını incelemiştir [8].

Bu çalışmamızda geliştirilen yapay zeka tabanlı video dedektör sistemi ile, kameralardan gelecek görüntülerden yol ve yoldaki araç bilgisi gerçek zamanlı olarak işlenmektedir. Uzaktan kullanıcı, yolda istediği alanlarda sanal loop ve diğer önemli yol parametrelerini tanımlayabilmektedir. Belirlenen bölgedeki trafik bilgisi, video dedektör tarafından işlenerek uzaktan takip edilebilmektedir. Geliştirilen bu sistem sayesinde, maliyetli fiziksel loop dedektörlerine olan ihtiyacın kalkması hedeflenmektedir. Video dedektörü sayesinde daha akıllı hale gelecek TSD'si ile kavşaklarda yoldaki araç yoğunluğuna göre daha verimli sinyalizasyon mümkün olmaktadır. Geliştirilen sistemde, kullanılan görüntü işleme yazılımları derin öğrenme tabanlı olarak hazırlanmıştır. Derin öğrenme kullanılarak daha performansı yüksek bir ürün hedeflenmiştir.

## II. YAPAY ZEKA TABANLI ARAÇ ALGILAMA SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ [DEVELOPMENT OF AI BASED VEHICLE DETECTION SYSTEM]

Bu çalışma ile yapay zeka tabanlı olarak video dedektör ile araç algılama sisteminin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda yapay zeka temelli çalışan bir video algılayıcı sistem kullanılarak; ilk aşamada sanal loop sayımı ve varlık yokluk bilgisi elde edilmiştir. Sonraki aşamada ise araç işgaliye, kuyruklanma, ortalama hız, araç sınıflandırma ve kavşak içi yönlere bağlı olarak araç takibi bilgileri üretilebilecektir. Derin öğrenme kullanılarak kameralı gerçek zamanlı kavşak sinyalizasyonu hem dünyada ve hem de ülkemizde yeni bir alandır [9 ve 10]. Mevcutta makine öğrenme alanında sahada kullanılan ürünler bulunsun da derin öğrenme kullanılarak üretilen ticari





ürünler yeni geliştirme safhasındadır.

Bu çalışmada üretilen sistem, mevcut TSD'ye veri sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Çalışma kapsamında, büyük şehirlerdeki trafik sinyalizasyonuna yeni bir çözüm üretecek yapay zeka tabanlı kamera ile bir araç algılama sistemi geliştirilmiştir. Yapay zeka ve kameralı araç algılama sistemleri yakın vadede asfalt işçiliği gerektiren manyetik araç algılama sistemlerinin yerine kullanılabilir bir durumdadır. Yapay zeka algoritmaları kullanılarak, görüntü işleme tabanlı trafik ölçüm dedektörlerinden yolun kapasitesine bağlı olarak belirlenen periyotta, toplam geçen araç sayısında edilmektedir. Çalışmanın bir sonraki aşamasında ise araç uzunluğuna göre sınıflandırılma, ortalama hız bilgisi ve yolun ortalama işgaliet bilgisi elde edilecektir (Şekil 1).

Çalışma kapsamında, başta İstanbul gibi büyük şehirlerdeki trafik sinyalizasyonuna yeni, yerli ve milli bir çözüm üretecek yapay zeka tabanlı kamera ile bir araç algılama sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem, piyasada kullanılan TSD'sine daha akıllı ve verimli sinyalizasyon yapması için veri sağlayacaktır. Video dedektör sistemine uzaktan erişmek ve trafik ile ilgili gerçek zaman verisini almak ve takip etmek mümkün olacaktır. Bu sistem ile ilk aşamada sanal loop sayımı, varlık yokluk sonraki aşamada ise araç işgalie, kuyruklanma, ortalama hız, araç sınıflandırma ve kavşak içi yönlere bağlı olarak araç takibi gibi bilgiler üretilmektedir. Ayrıca çift yönlü akan araç trafiği analiz edilebilecektir.

### III. GELİŞTİRİLEN SİSTEMİN YENİLİKLERİ [INNOVATIONS OF THE DEVELOPED SYSTEM]

#### A. Sistemin Ar-ge Niteliği

Sistemin geliştirilmesi sürecinde, video nesne dedektör algoritmalarından çalışma için en uygun olabilecek algoritmalar incelenmiştir. Günümüzdeki nesne tespitine yönelik en başarılı yaklaşımlar, geleneksel görüntü sınıflandırma modellerinin uzantıları olup en çok kullanılan temel nesne tanıma modelleri Faster R-CNN, R-FCN ve SSD'dir. Bu listelenen 3 temel yapay sinir ağı mimarisinin, MobileNets, Inception ve ResNet ile beraber kullanımlarındaki yaklaşım farkları çalışma kapsamında ele alınmıştır [11]. Yukarıda adı geçen tüm modeller, büyük nesnelere üzerinde makul derecede iyi performans gösterdiği ilk literatür araştırmalarında ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda video nesne tanıma algoritmalarının doğruluk ve hız açısından karşılaştırılması yapıp uygun algoritma olarak SSD model seçilmiştir. SSD'nin sadece küçük nesnelere

üzerindeki performansı biraz düşük olmasına rağmen, işlerinde genelde en hızlı olan algoritmadır [12].



Şekil 1. Video Dedektör ile Araç Algılama ve Sınıflama Adımları

Bu yayında Yapay Zeka, Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenmede en son yaklaşımlar ve algoritmalar kullanılmıştır. Şu an bu alanda, görüntü işleme ve nesne tanıma kullanılan açık kaynak derin öğrenme çerçeveleri (frameworks) ve bunların sundukları özellikle video nesne dedektörlerinden, hedeflenen performansı sağlayacak bir derin öğrenme yazılım çerçevesi seçilmiştir. Kendi problem alanımızdaki araç nesnelere ile eğitim çalışmaları ile en uygun derin öğrenme yapay sinir ağı modelleri belirlenmiştir.

#### B. Yenilikçi Yönleri

Bu çalışma ile geliştirilen gerçek zamanlı trafik bilgisi işleyen yapay zeka tabanlı akıllı TSD ülkemiz için yeni bir ürün özelliği taşımaktadır. Kavşaklarda kullanılan klasik TSD'leri ile uyumlu çalışacak video dedektör, fiziksel loop ihtiyacını ortadan kaldırıp, trafik sinyal sistemi kurma maliyetlerini önemli ölçüde düşürmektedir. Bu çalışma ile birlikte ülkemizde ilk defa derin öğrenme ile araç tespit ve analiz sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem sayesinde kavşak bilgilerini görüntülü olarak gerçek zamanlı merkeze aktarabilme, sanal loop sayımı ve varlık-yokluk bilgileri üretimi gerçekleştirilmektedir.

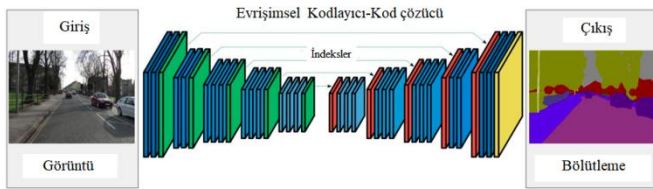
Derin öğrenme konusu dünyada yeni gelişen ve birçok sektöre uygulanan bir konu durumundadır. Derin öğrenme ve yapay zeka kullanılarak daha hızlı ve yenilikçi ürünler üretmek mümkündür. Bizim çalışmamız bu konseptin kameralı bir saha uygulaması ile araç algılama yaparak, derin öğrenme avantajlarını trafik yönetim alanında kullanmaktadır.



Birçok bilgisayar görme görevi, görüntüde ne olduğunu anlamak ve her parçanın daha kolay analiz edilmesini sağlamak için bir görüntünün akıllı bölümlendirilmesini gerektirmektedir. Derin öğrenme, bir görüntüyü oluşturan nesne sınıflarını tahmin etmek için görsel girdilerdeki kalıpları öğrenebilir. Görüntü işleme için kullanılan ana derin öğrenme mimarisi, bir Evrişimsel Yapay Sinir Ağıdır [13][14] (Şekil 2).

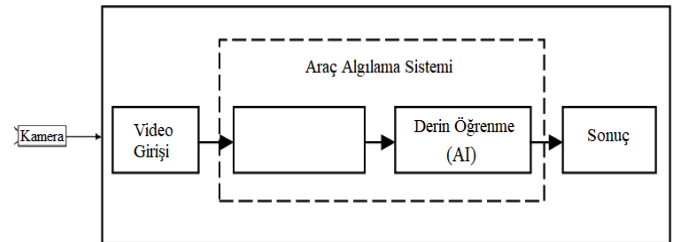
Görüntü segmentasyonu bilgisayarla görüde kritik bir süreçtir. Görüntü analizini basitleştirmek için görsel bir girdiyi segmentlere ayırmayı içerir. Segmentler nesnelere veya nesnelere parçalarını temsil etmektedir [15]. Görüntü segmentasyonu, pikselleri daha büyük bileşenlere ayırır ve tek tek pikselleri gözlem birimi olarak görme ihtiyacını ortadan kaldırır. Üç seviye görüntü analizi vardır:

- 1-Sınıflandırma - tüm görüntüyü “insanlar”, “hayvanlar”, “açık havada” gibi bir sınıfa ayırmak.
- 2-Nesne algılama - bir görüntüdeki nesnelere algılama ve etrafına bir dikdörtgen veya çizim çizme, örneğin bir kişi veya taşıt.
- 3-Segmentasyon - görüntünün bölümlerini belirleme ve hangi nesneye ait olduklarını anlama. Segmentasyon, nesne algılama ve sınıflandırma için temel oluşturur.



Şekil 2. Evrişimsel Yapay Sinir Ağı (CNN) ile Görüntü Bölümlendirme İşlemleri

hem verinin hem de gücün kablo üzerinden güvenli bir şekilde geçirilmesi ile switch kendisine bağlanan diğer kameralardan kablo ile aldığı verileri endüstriyel PC'ye network ile aktarır, ayrıca kameralar enerjisi switch üzerinden almaktadır. Switch'e takılan 4G Router USB Modem ile veri gönderme sıklığı uzaktan konfigürasyon edilebilir ve endüstriyel PC'ye switch üzerindeki adaptör sayesinde UPS kablonun switch adaptörüne bağlandığı için 220V enerji switch üzerinden aktararak endüstriyel PC'nin şebeke koşullarına karşı kesintisiz güç kaynağı ile çalışması sağlanır. Endüstriyel PC'de yer alan yapay zeka yazılımı, TensorFlow kütüphanesi ve NVIDIA GPU(Grafik Kartı) 1060 ile kameradaki görüntüyü optimum bir şekilde video dedektör ile dedekte edilen aracın algılanması sağlanarak Endüstriyel PC'nin USB çıkışına bağlanan RS485 ile TSD içindeki talep kartına veri iletilmesi ile TSD'si önce CPU sonra çıktı olarak trafik lambalarına veriyi iletir, bu kapsamda yapay zeka temelli çalışan bir video algılayıcı sistem kullanılarak; sanal loop sayım ve varlık yokluk bilgileri üretilerek iletilen bilgilere göre Kırmızı, Sarı, Yeşil lambaların hangi durumda yanıp söneceğinin bilgisi verilmektedir(Şekil 4).



Şekil 3. Yapay Zeka Temelli Araç Algılama Sistemi Blok Şeması

#### IV. SİSTEM TASARIMI VE SİSTEM BİLEŞENLERİ [SYSTEM DESIGN AND SYSTEM COMPONENTS]

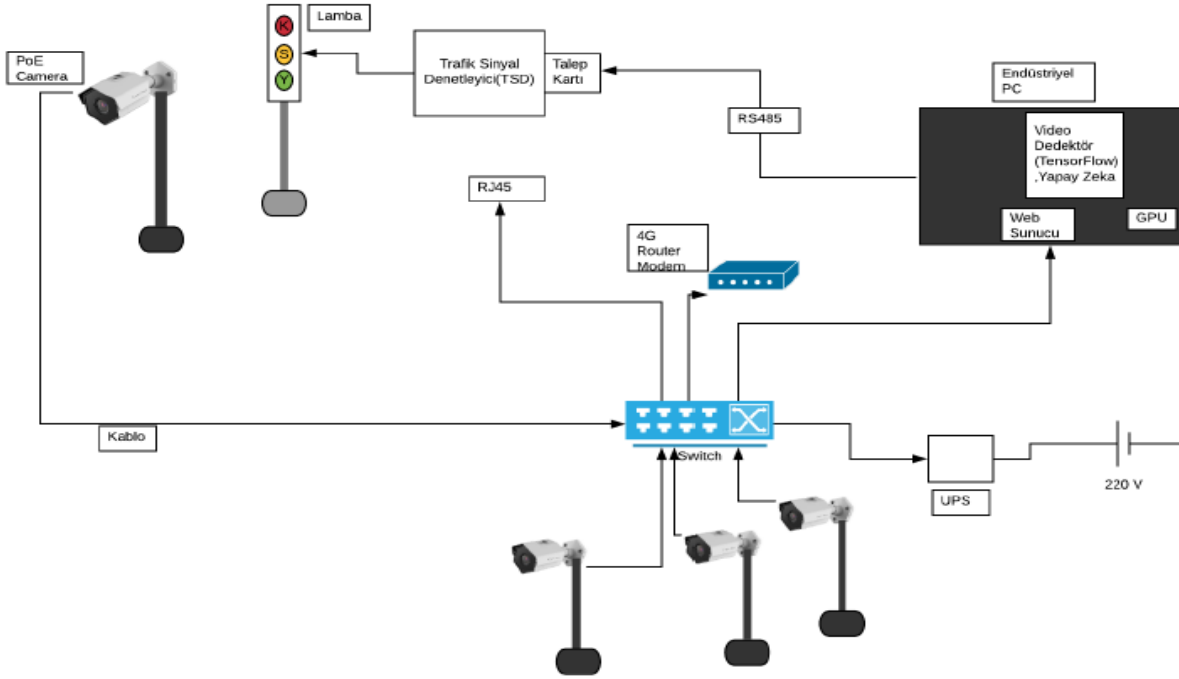
##### A. Sistem Tasarımı ve Sistem Bileşenleri

Bu çalışmada kapsamında Nvidia firmasına ait Jetson TX2 Yapay Zeka Geliştirme kiti üzerinde geliştirme yapılmıştır. Bu kit ile beraber muadil ekran kartları ve bunların sahada çalıştırılması için bir endüstriyel PC sistemi kullanılmıştır.

Kamera sistemleri üzerinden alınan görüntüler yapay zeka ünitesinde işlenerek algılayıcının üretileceği bilgiler sahadaki mevcut TSD'sine iletilmektedir (Şekil 3). Poe Kameralara (IP Kamera) bağlanan kablo ile yer altından

##### B. Sistem Arayüzü Gerçekleştirilmesi

Tasarım fazında ortaya konulan temeller üzerinde araç algılama özelinde algoritma geliştirmesi bir sonraki aşamanın ana iş kalemını oluşturmuştur. Bu aşamada karşılaşılabilecek risklerinden en büyüğü olan gerçek zamanlı başarımların optimize edilmeye çalışılmıştır. Çünkü sistem gerçek zamanlı olarak çalışmak üzere tanımlanmıştır. Bu anlamda gerçek zaman kriterlerini yakalayan en yüksek başarımların yüzdesini verecek model ve algoritma optimizasyonu çalışmanın en önemli ayağını oluşturmaktadır.



Şekil 4. Video Dedektör Fiziksel Mimari

Algoritma geliştirme ile birlikte arayüz geliştirme çalışmaları da yapılmıştır. Sistemin araç algılamada çalıştırılabilmesi için gerekli arayüz çalışmaları yapılarak, kamera görüntüleri üzerinden saha işaretlemesi gerçekleştirilmiştir. Bu arayüz tamamen web temelli olarak geliştirilip ve arayüzde Angular teknolojileri kullanılmıştır. Yapay zeka ile kullanıcı arayüz arasında bir haberleşme protokolü geliştirilerek, araç algılama bilgisayarı ile kullanıcı arayüz bilgisayarı arasında sağlıklı bir iletişim sağlanmıştır. Araç algılama sistemi sahada, kullanıcı bilgisayarı ise ofiste olacağı için haberleşme ve veri aktarma protokolünün sağlıklı, güvenilir ve senkron çalışması gerekmektedir. Uygulama geliştirmenin son adımı olarak sahada kullanılan trafik sinyal denetleyici ile iletişimin sağlanması ve üretilen araç verilerinin denetleyiciye aktarılması sağlanmıştır.

#### V. SİSTEMİN PERFORMANS TESTLERİ VE BAŞARIM KRİTERLERİ [PERFORMANCE TESTS AND SUCCESS CRITERIA OF THE SYSTEM]

Çalışmanın son döneminde ise üretilen ve TSD entegrasyonu sağlanan sistem için ilk aşamada 2 pilot kavşakta test ortamı oluşturulmuştur. Bu testler için uygun kameralar seçilip, saha kurulumları yapılmıştır. Kurulumlar neticesinde elde edilen veriler öncelikli

olarak ofis ortamında algoritma ve sistem üzerinde çevrimdışı çalıştırılmıştır. Bu çalışma esnasında tespit edilen iyileştirmeler yapılarak gerçek zamanlı testlere geçilmiştir. Gerçek zamanlı testler sonucu elde edilen geri beslemeler ile sistemin tekrar gözden geçirilerek algoritma optimizasyonlarına nihai hali verilmiştir.

Saha çalışmalarıyla tespit edilip tekrar yazılım geliştirme süreçlerinden geçen iş maddelerinden en önemlileri şunlardır:

- Düşük bant genişlikli bağlantıda video yayını ve web servis optimizasyonları.
- TensorRT üzerinden model optimizasyon ve hızlandırma çalışmaları.
- Sistemin kararlı çalışmadığı durumların tespit edilebilmesi ve TSD'ye bilgi verme.

Yağmurlu havalarda kamera önüne damlacık gelmesi ve gece sabaha doğru (alacakaranlık) oluşan araç ışık patlamaları ile ilgili olarak kamera ekibiyle beraber iyileştirme çalışmalarıdır.

Bu iyileştirme çalışmaları sonrasında tasarım doğrulama testleri yapılmıştır. Araç tespiti ile ilgili farklı kameralar kullanılarak farklı koşullar altında testler yapılmıştır. Demirciler Sitesi Kavşağı'na ait test sonuç bilgisi Tablo 1'de gösterilmektedir. Yoğun trafik, farklı



ışık ortamları ve yağmurlu havaların da yer aldığı bu testler sonrasında araç tespiti %98.6 doğrulukla sağlanmıştır.

TABLO I. Tasarım Doğrulama Testi (Demirciler Sitesi Kavşağı)

Video Koşulları	Kamera No	Süre	Geçen Araç Sayısı	Tespit Edilen Araç Sayısı	Sistem Başarısı
Yoğun Trafik Gündüz	2	26d 33s	753	745	98,93%
Yoğun Trafik Gündüz Yağmurlu	1	20d 38s	314	307	97,77%
Yoğun Trafik Akşam	3	18d 16s	156	153	98,00%
Yoğun Trafik Akşam	1	55d 57s	211	209	99,05%
<b>TOPLAM</b>		2s 1d 24s	1434	1414	98,60%

Geliştirilen sistemin güvenilirlikle ilgili bir kalite gereği vardır: Belirlenecek bir bölgedeki anlık araç sayısı (araç sayım bilgileri) en az %90 doğrulukla ölçülecektir. Yapılan test çalışmaları sonucunda (2 kavşakta) bu kalite gereğinin sağlandığı tespit edilmiştir. Video görüntüleri ile gerçek zamanlı kavşak sinyalizasyonu hem dünyada ve hem de ülkemizde çok yeni bir alandır. Yapay zeka tabanlı kamera ile araç algılama sistemi ile elde edilen bu ürün, ulaşım sektöründeki temel sorunların veya ihtiyaçların çözümüne yönelik nitelikli ürünler arasında yer alacaktır.

## VI. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME [CONCLUSION]

Çalışma kapsamında geliştirilen yapay zeka tabanlı kamera ile araç algılama sistemi ile ilk aşamada araç tespiti öncelikli çalışılmıştır. Araç tespitine yönelik test çalışmalarında elde edilen yüksek doğruluk, çalışmanın gerçek uygulamalarda kullanılabilirliğini sağlamaktadır. Bir sonraki temel aşama tespit edilen araçların sınıflandırılması olacaktır. Daha sonraki fazlarında yaya algılama sistemi, yaya EDS ve yapay zeka tabanlı levha etiketleme uygulamaları yer almaktadır. Çalışma kapsamında geliştirilen araç algılama sistemi ile kavşak yönetim sistemine daha kapsamlı bilgiler sağlanması suretiyle kavşağın daha etkin yönetimi sağlanmaktadır.

Bu sayede kavşakta araç bekleme süreleri azaltılarak karbon salınımı minimize edilmeye çalışılacaktır. Böylelikle sistemin entegre olarak tek bir merkezden yönetilmesi ile şehir genelinde çevre açısından da kazanımlar elde edilecektir.

Yapay zeka ve kameralı araç algılama sistemleri yakın vadede asfalt işçiliği gerektiren manyetik araç algılama sistemlerinin yerine kullanılabilir bir durumdadır. Her ne kadar manyetik sistemler farklı hava ve ışık koşullarından fazla etkilenmemekle beraber, görüntü tabanlı araç algılama sistemleri ilgili uygulamalara ait daha fazla parametre üreterek, trafik yönetim sistemlerine daha fazla optimizasyon kabiliyeti kazandırmaktadır. Kavşaklarda kullanılan klasik TSD'leri ile uyumlu çalışacak Video Dedektör, fiziksel loop ihtiyacını ortadan kaldıracak ve trafik sinyal sistemi kurma maliyetlerini düşürecektir.

## KAYNAKLAR [REFERENCES]

- [1] J. Huang, V. Rathod, C. Sun, M. Zhu, A. Korattikara, A. Fathi, I. Fischer, Z. Wojna, Y. Song, S. Guadarrama, K. Murphy, (2017), Speed/Accuracy Trade-Offs for Modern Convolutional Object Detectors, *The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 7310-7311.
- [2] Anthony Sarkis, (2017), Self-Driving Cars: Implementing Real-Time Traffic Light Detection and Classification, [https://medium.com/@anthony\\_sarki](https://medium.com/@anthony_sarki).
- [3] NVIDIA TensorRT, (2018), <https://developer.nvidia.com/tensorrt>
- [4] Sakshi Indolia et al., (2018), Conceptual Understanding Of Convolutional Neural Network- A Deep Learning Approach, *Procedia Computer Science* 132, pp. 679-688.
- [5] Vijayasanthi D., Geetha S., (2017), Deep Learning Approach Model For Vehicle Classification Using Artificial Neural Network, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Volume: 04 -06, pp. 1418-1424.
- [6] Surendra Gupte et al., (2002), Detection And Classification Of Vehicles, *IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems*, Vol. 3, No. 1
- [7] Jiyong Chung and Keemin Sohn, (2018), Image-Based Learning to Measure Traffic Density Using a Deep Convolutional Neural Network, *IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems*, Vol. 19, No. 5
- [8] Sayanan Sivaraman, Mohan Manubhai Trivedi, (2013), Looking at Vehicles on the Road: A Survey of Vision-Based Vehicle Detection, Tracking and Behavior Analysis, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 14, No. 4
- [9] Abhijeet Kumar, Gunshi Gupta, Avinash Sharma and K. Madhava Krishna, (2018), Towards View-Invariant Intersection Recognition from Videos using Deep Network



Ensembles, *Intelligent Robots and Systems (IROS)*, IEEE/RSJ International Conference on, pp. 1053-1060

[10] Bhatt Dhaivat, Sodhi Danish, Pal Arghya, Balasubramanian Vineeth and Krishna Madhava, (2017), Have I reached the intersection: A deep learning-based approach for intersection detection from monocular cameras. 4495-4500. 10.1109/IROS.2017.8206317

[11] Arcos García, Álvaro et al., (2018), Evaluation of Deep Neural Networks for traffic sign detection systems. *Neurocomputing*. 316. 10.1016/j.neucom.2018.08.009

[12] Shi Wenxu, Bao Shengli and Tan Dailun, (2019), FFESSD: An Accurate and Efficient Single-Shot Detector for Target Detection. *Applied Sciences*, 9. 4276. 10.3390/app9204276

[13] Jiuxiang Gu et al., (2015), Recent Advances in Convolutional Neural Networks, *Pattern Recognition*, Vol. 77, pp. 354-377

[14] Ciresan Dan et al., (2011), Flexible, High Performance Convolutional Neural Networks for Image Classification, *Proceedings of the Twenty-Second International Joint Conference on Artificial Intelligence-Vol.2*, 1237-1242

[15] Neethidevan Veerapathiran and Chandrasekaran G., (2020), Image Segmentation for Object Detection using Mask R-CNN in Colab, *GRD Journal for Engineering*, Vol.5, 15-19