

**SELÇUK UNIVERSITY 3RD
INTERNATIONAL TECHNOLOGY
AND INNOVATION STUDENT
SYMPOSIUM PROCEEDING BOOK**

EDİTÖRLER

SÜLEYMAN NEŞELİ, HAKAN TERZİOĞLU, SEMA SERVİ

EĞİTİM
yayinevi

**SELÇUK UNIVERSITY 3RD INTERNATIONAL TECHNOLOGY AND INNOVATION STUDENT
SYMPOSIUM PROCEEDING BOOK**

Editörler: Süleyman Neşeli, Hakan Terzioğlu, Sema Servi

Genel Yayın Yönetmeni: Yusuf Ziya Aydoğan (yza@egitimyayinevi.com)

Genel Yayın Koordinatörü: Yusuf Yavuz (yusufyavuz@egitimyayinevi.com)

Sayfa Tasarımı: Kübra Konca Nam

Kapak Tasarımı: Eğitim Yayınevi Grafik Birimi

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı

Yayıncı Sertifika No: 76780

E-ISBN: 978-625-385-009-8

1. Baskı, Aralık 2024

Kütüphane Kimlik Kartı

**SELÇUK UNIVERSITY 3RD INTERNATIONAL TECHNOLOGY AND INNOVATION STUDENT
SYMPOSIUM PROCEEDING BOOK**

Editörler: Süleyman Neşeli, Hakan Terzioğlu, Sema Servi

269 s., 210x297 mm

Kaynakça var, dizin yok.

E-ISBN: 978-625-385-009-8

Copyright © Bu kitabın Türkiye'deki her türlü yayın hakkı Eğitim Yayınevi'ne aittir. Bütün hakları saklıdır. Kitabın tamamı veya bir kısmı 5846 sayılı yasanın hükümlerine göre kitabı yayımlayan firmanın ve yazarlarının önceden izni olmadan elektronik/mechanik yolla, fotokopi yoluyla ya da herhangi bir kayıt sistemi ile çoğaltılamaz, yayımlanamaz.

EĞİTİM

yayınevi

Yayınevi Türkiye Ofis: İstanbul: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Atakent mah.

Yasemen sok. No: 4/B, Ümraniye, İstanbul, Türkiye

Konya: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok,

No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye

+90 332 351 92 85, +90 533 151 50 42, 0 332 502 50 42

bilgi@egitimyayinevi.com

Yayınevi Amerika Ofis: New York: Egitim Publishing Group, Inc.

P.O. Box 768/Armonk, New York, 10504-0768, United States of America

americaoffice@egitimyayinevi.com

Lojistik ve Sevkiyat Merkezi: Kitapmatik Lojistik ve Sevkiyat Merkezi, Fevzi Çakmak Mah.

10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye

sevkiyat@egitimyayinevi.com

Kitabevi Şubesi: Eğitim Kitabevi, Şükran mah. Rampalı 121, Meram, Konya, Türkiye

+90 332 499 90 00

bilgi@egitimkitabevi.com

İnternet Satış: www.kitapmatik.com.tr

+90 537 512 43 00

bilgi@kitapmatik.com.tr

 **kitapmatik**
İlk okuyucu kit okur
İnternetteki kitaplarınız

CONTENTS

Committees	ii
Academic Representative Assignment Document	vi
700mc Soğuk Haddemele Sacının, Kaynaklı ve Bükümlü Üretilmiş V, U, L Numunelerinin, Hidrolik Pres Test Düzenğinde Mekanik Olarak İncelenmesi	1
Yaygın Kullanılan Sosyal Medya Platformu WhatsApp'ın KVKK Açısından İncelenmesi	17
Artificial Intelligence Supported Mobile Telerehabilitation System	21
A Brain-Computer Interface Framework for EEG-Based Cognitive State Classification	30
Autonomous Underwater Vehicle Tracking: Autonomous Underwater Vehicle Tracking Another Underwater Vehicle	37
Two Pillars of Artificial Intelligence: Machine Learning and Deep Learning	44
Applied Electronic Card Design in Power Systems	53
A Comparative Analysis of OpenCV and EAST: Deep Learning-Based Methods for Text Detection	65
Electrical and Mechanical Load Design for Induction Motors	74
Underwater Vehicle Mechanical Design And Process	81
Sensör Tabanlı Akıllı Takip ve Kontrol Sağlayan Organ Nakil Kutusu	87
The Importance and Future of Payload in Rockets	92
Vibration and Load Dampeners in Rocket	95
System Design and Analysis of DC-DC Buck Converter	101
Design and Implementation of Advanced Market Automation System	109
Analyzing the Effects of Underwater Camera and Deep Learning Methods on FPS	118
A Program That Understands the Emotional State and Fatigue Symptoms of Long-Haul Drivers with Artificial Intelligence and Takes Precautions Accordingly	125
Technologies Developed Against UAV Threats and Global Approaches	128
AIM-120 AMRAAM: Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile Overview	140
Measuring and Analyzing the Impact of Konya Industrial Zones on Urban Air Pollution Using Autonomous UAVs	152
Deep Learning-Based Occupancy Monitoring for Public Spaces	160
Mobile Application Notifying University Students and Academics about University Events (UBI)	168
Converting and Reading an Analog Signal Into A Digital Signal Via a Microcontroller	173
Current, Voltage and Motor Speed Measurement from Each Phase of A 3-Phase (Bldc) Motor	191
The Critical Role and Future of Rocket Avionics	205
Calibration of Strain Gauges in the Aerospace Industry: Ensuring Accuracy and Reliability	208
Hava Savunma Sistemlerinde Yapay Zekâ ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Konuşlanma	211
Automatic Eye Disease Detection with Artificial Intelligence	217
Design and Software of a Two-Axis Face Tracking Turret System	221
Design of a Ground Control Station Application for UAVs with Autonomous Flight Support	226
Monitoring Kubernetes Cluster Prometheus and Grafana	236
Single Axis PID Test Rig for Rotary Wing Unmanned Aerial Vehicles and Controller Design	243
Enhancing Connectivity in Smart Cities: UAV Placement Optimization with the Reptile Search Algorithm	253

COMMITTEES

Honorary and Advisory Board

Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ, Rector of Selçuk University

Prof. Dr. Şakir TAŞDEMİR, Rector of Sinop University

General Chairs

Süleyman Neşeli, Selçuk University – TR

Hakan Terzioğlu, Selçuk University – TR

Sema SERVİ, Selçuk University - TR

Vice Chairs

Nurettin DOĞAN, Selçuk University - TR

Fatih Alpaslan KAZAN, Selçuk University- TR

Selahattin ALAN, Selçuk University – TR

Organizing Committee

Angel Smrikarov, Rousse University - BG

Lilia Georgieva, Heriot Watt University - GB

Polyxeni Arapi, Technical University Of Greece - GR

Fatih Alpaslan KAZAN, Selçuk University - TR

Sabri BİLGİN, Sinop University - TR

Silyan Sibinov Arsov, Rousse University – BG

Scientific Committee

Abdullah Cem AĞAÇAYAK, Selçuk University - TR

Abdullah Erdal TÜMER, Kirgizistan Türkiye Manas University - KG

Ahmet Afsin KULAKSIZ, Konya Technical University - TR

Ahmet YÖNETKEN, Afyon Kocatepe University - TR

Alina Ivan Dramogir, Gheorghe Asachitechnical University Of Iasi - RO

Almoataz Youssef Abdelaziz, Ain Shams University - EG
Amar Ramdane Cherif, University Of Versailles - FR
Anca Loana Andreescu, Academy Of Economic Studies - BG
Alexander Sudnitson, Tallinn University Of Technology - EE
Anne Villems, University Of Tartu - EE
Antonella Reitano, University Of Calabria - IT
Antonio Mendes, Universidade De Coimbra - PT
Aristomenis Antoniadis, Technical University Of Crete - GR
Artan Luma, South East European University - MK
Biagio Lenzitti, University Of Palermo - IT
Binod Kumar, Jspm Jayawant Institute Of Computer Applications Pune - IN
Boris Akanaev, Kazak National University - KZ
Domenico Tegolo, Universita Degli Studi Di Palermo - IT
Eisha Akanksha, Mvj College Of Engineering - IN
Elinda Kajo Mece, Polytechnic University Of Tirana - RO
Engin Ozdemir, Kocaeli University – TR
Fatih Alpaslan KAZAN, Selçuk University - TR
Gökhan YALÇIN, Konya Technical University - TR
Gabriel Luna Sandoval, Sonora State University - MX
Hamit Saruhan, Duzce University - TR
Hamza Bensouilah, Laboratoire de Mecanique et Structures - DZ
Hasan Erdiñ KOÇER, Selcuk University – TR
Hasan OĞUL, Sinop University - TR
Howard Duncan, Dublin City University - IE
Humar KAHRAMANLI ÖRNEK, Selcuk University – TR
Huse Fatkic, University Of Sarajevo - BA
İlker Ali ÖZKAN, Selçuk University - TR
İsmail SARITAŞ, Selçuk University - TR
Ivan Jelinek, Czech Technical University - CZ
Jaharah A Ghani, National University of Malaysia - MY

Jan Vom Brocke, University Of Liechtenstein - LI
Janis Grundspenkis, Riga Technical University - LV
Janusz Jablonowski, Warsaw University - PL
Jiri Srba, Aalborg University - DK
Karl Jones, Liverpool John Moores University - GB
Laurentiu Cristian Deaconu, University Of Pitesti - RO
Levent ÖNCEL, Sinop University - TR
M. Kemal BALKİ, Sinop University - TR
Mahdi Shahbakhti, Michigan Technology University - US
Majida Ali Abed Meshari, Tikrit University - IQ
Marco Porta, University Of Pavia - IT
Mehmet Turan Demirci, Selcuk University - TR
Mirjana Ivanovic, University Of Novi Sad - RS
Miroslav Neslusan, University of Zilina - SK
Mustafa ACARER, Selçuk University - TR
Mustafa Altın, Konya Technical University - TR
Mustafa Can CANOĞLU, Sinop University - TR
Mustafa KARAKAYA, Sinop University - TR
Natasia Hoic Bozic, University of Rijeka - HR
Necaattin BARIŞCI, Gazi University - TR
Nihat Yildirim, Gaziantep University - TR
Nikolaos Blasis, Technical University Of Crete - GR
Olcay İlıcasu, Rowan University - USA
Osman Ayhan ERDEM, Gazi University - TR
Pantha Ghosal, University Of Technology Sydney - AU
Pino Caballero Gil, University Of La Laguna - ES
Polyxeni Arapi, Technical University Of Greece - GR
Recai KUŞ, Selçuk University - TR
Rita Ismailova, Kyrgyz Turkish Manas University - KG
Salih DAĞLI, Sinop University - TR

Semet Celik, Ataturk University - TR

Silyan Sibinov Arsov, Rousse University - BG

Spiridon Cretu, Gheorghe Asachitechnical University Of Iasi - RO

Stavros Christodoulakis, Technical University Of Crete - GR

Stavros Nikolopoulos, University Of Ioannina - GR

Tatjana Dulinskiene, Kaunas University Of Technology - LT

Tayfun Findik, Gazi University - TR

Temel Kayikcioglu, Karadeniz Technical University - TR

Tuba Gökhan, Mohamed bin Zayed University of Artificial Intelligence - UAE

Thomas Engel, University Of Luxembourg - LU

Tugce Demirdelen, Adana Science Technology University - TR

Ulku Sultan Keskin, Konya Technical University - TR

Ulvi Seker, Gazi University - TR

Yuri Pavlov, Bulgarian Academy Of Sciences - BG

Yusuf ERYESIL, Selcuk University - TR

Zarifa Jabrayilova, Institute Of Information Technology Anas - AZ

Local Organizing Committee

Yusuf ERYESIL, Selcuk University – TR

Sevim Sude BAL, Selcuk University – TR

Namık Kemal YALÇIN, Selçuk University – TR

Bengisu GÜVEN, Selçuk University – TR

Bayram Ali DURSUN, Selçuk University – TR

Hasan Fırat KESKİN, Selçuk University – TR

Yusuf Nurdoğdu, Selçuk University – TR

Hüsniye Kocabaş, Selçuk University – TR

Elif Sude Kiper, Selçuk University – TR

ACADEMIC REPRESENTATIVE ASSIGNMENT DOCUMENT

Evrak Tarih ve Sayısı: 16.12.2024-E.896029



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Personel Daire Başkanlığı

Sayı : E-97391123-900-896029
Konu : SUTIS 24 Sempozyum
Görevlendirilmesi

16.12.2024

TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA

İlgi : 10.12.2024 tarihli ve E- 27042907- 900- 894651 sayılı yazınız.

Üniversitemiz ile Sinop Üniversitesi tarafından 26-28 Aralık 2024 tarihleri arasında gerçekleştirilecek olan "Selçuk University 3rd International Technology and Innovation Student Symposium (SUTIS 24)" isimli sempozyumda, Fakülteniz Öğretim Üyeleri Prof.Dr.Süleyman NEŞELİ, Prof.Dr.Nurettin DOĞAN, Dr.Öğr.Üyesi Selahattin ALAN, Dr.Öğr.Üyesi Sema SERVİ, Dr.Öğr.Üyesi Hakan TERZİOĞLU ve Dr.Öğr.Üyesi Fatih Alpaslan KAZAN'ın, akademisyen temsilcisi olarak görevlendirilmeleri uygun görülmüştür.

Gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ
Rektör

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu : *BSM0TEDE9Z* Pın Kodu : 41382

Belge Takip Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/selcuk-universitesi-ebys>

Adres : Akademi Mahallesi Yeni İstanbul Caddesi No:369/1 P.K:42130 Selçuklu-KONYA

Telefon : 0332 223 84 07 Faks : 0332 223 80 33

e-Posta: personel@selcuk.edu.tr Web: <http://www.personel.selcuk.edu.tr/>

Kep Adresi : selcukuniversitesi@hs01.kep.tr

Bilgi için : Doçkan YALÇIN

Unvanı : Bilgisayar İşletmeni



700mc Soğuk Haddeme Sacının, Kaynaklı ve Bükümlü Üretilmiş V, U, L Numunelerinin, Hidrolik Pres Test Düzenğinde Mekanik Olarak İncelenmesi

¹*Doğuhan AVCI, ²Süleyman NEŞELİ

¹*Department of Mechanical Engineering, Selcuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

¹*adoguhan@gmail.com , ²sneseli@selcuk.edu.tr

Abstract - The choice between welding or bending manufacturing processes, which are commonly used manufacturing methodologies, is determined by factors such as cost, mechanical or other profit and loss analyses made during the assembly of components for the welding process and the area where the part will be used, cost and process speed for the bending process. Applications are carried out without examining in detail the cost or mechanical strength of the preferred method compared to the other and without further stretching the time constraint.

In this study, the advantages and disadvantages of materials such as U sheet, L sheet, V sheet produced using the welding methodology produced with S700MC hot rolled sheet metal are analyzed by subjecting them to structural hydraulic test analysis between each other by producing them with the press brake bending method based on the same dimensions. Detailed examination and comparison were made about the mechanical strength and cost of the structure related to welded manufacturing and punch bending manufacturing methods, which have an important place in terms of production methods. The method, method, welding wire, welding nozzle, welding nozzle, Itab information used for the production of V, U, L profile materials in welded manufacturing processes are In addition, the K factor, punch angle, punch radius used in the press brake bending process of the part to be produced with V, U, L profile bending were given and the production was completed and the advantages and disadvantages were examined. In general, parts produced by the welded process are more durable, more costly and provide more opportunities for complex part production. Twisted production method is fast, advantageous in terms of cost, more suitable for mass production, and sheet material should be selected by making good calculations according to the loads to which it will be exposed due to strength.

Keywords: bending strength, bending process, welding strength, welding process

Özet – Sık kullanılan üretim metodolojilerinden olan kaynaklı imalat veya büküm imalat prosesleri arasında yapılan seçim, kaynak prosesi için bileşenlerin bir araya getirilmesi sırasında yapılan maliyet, mekanik veya diğer kâr zarar analizleri ile büküm prosesi için ise üretilen parçanın kullanılacağı alan, maliyet ve süreç hızı gibi faktörler ile belirlenmektedir. Tercih edilen metodun diğerine göre maliyet veya mekanik dayanım durumları detaylıca incelenmeden ve zaman kısıtını daha fazla esnetmeden uygulamalar gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada S700MC sıcak haddelenmiş sac ile üretilen kaynak metodolojisi kullanılarak üretilmiş U sac, L sac, V sac gibi malzemelerin aynı ölçüler baz alınarak abkant büküm yöntemi ile üretilen birbiri arasında yapısal hidrolik test analizine tabi tutularak ne gibi avantajlar ve dezavantajlara sahip olduğu incelenmiştir. Üretim yöntemleri bakımından önemli yeri olan kaynaklı imalat ve zımba büküm imalat yöntemi ile ilgili yapının mekanik dayanımı ve maliyeti hakkında detaylı inceleme ve karşılaştırma yapılmıştır. Kaynaklı imalat proseslerinde V, U, L profil malzemelerin üretimi için kullanılan metod, yöntem, kaynak teli, kaynak ağzı, Itab bilgileri verilmiştir. Ayrıca V, U, L profil bükümle üretilmek istenen parçanın abkant büküm prosesinde kullanılan K faktörü, zımba açısı, zımba radiusu bilgileri verilerek üretimi tamamlanıp, avantaj ve dezavantajlar incelenmiştir. Genel olarak bakıldığında, kaynaklı proses ile üretilen parçalar daha mukavim, daha maliyetli ve kompleks parça üretimi için daha fazla olanak sağlamaktadır. Bükümlü üretim metodu ise hızlı, maliyet açısından avantajlı, seri imalata daha uygun, mukavemet gereği maruz kalacağı yüklerle göre iyi hesaplamalar yapılarak sac malzeme seçimi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: büküm mukavemeti, büküm proses, kaynak mukavemeti, kaynak prosesi

1.Giriş

Sac bükümü ve sac kaynağı, metal işleme endüstrisinde yaygın olarak kullanılan iki önemli şekillendirme yöntemidir. Her ikisi de metal levhaları şekillendirmek ve özel projelerde kullanmak için uygundur, ancak farklı prensiplere dayanmaktadır ve farklı avantajları ve dezavantajları vardır.

Sac bükümü, metal levhaların belirli bir şekle evrilmesi/dönüştürülmesi işlemidir. Genellikle hidrolik veya mekanik presler kullanılarak gerçekleştirilir. Sacın bükülmesi sırasında, malzemenin üzerine baskı kuvveti uygulanarak istenen şekil elde edilir. Sac bükümü özellikle düşük maliyetli üretim planlamalarında ve hassasiyet gereken

şekillendirmeler için tercih sebebidir. Özellikle boru imalatı, otomotiv endüstrisi, savunma ve uzay gibi birçok endüstriyel uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır.

Sac kaynağı ise, iki veya daha fazla metal levhanın birleştirilmesi işlemidir. Bu işlem, farklı kaynak yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilebilir, örneğin, ark kaynağı, MIG kaynağı veya TIG kaynağı gibi. Sac kaynağı özellikle metal parçaların dayanıklı ve sızdırmaz bir şekilde birleştirilmesini sağlar ve bu nedenle inşaat, gemi yapımı, havacılık ve daha birçok endüstriyel uygulamada yaygın olarak kullanılır. Kaynak, özellikle büyük ölçekli yapılar için en önemli birleştirme işlemlerinden biridir ve birçok endüstride (otomobil, gemi, uçak vb.) yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu arada, montaj doğruluğu ve servis performansı üzerinde genellikle olumsuz etkisi olan kaynak deformasyonu ve kalıntı gerilim, birçok araştırmacı ve mühendis tarafından sürekli olarak odaklanılmıştır [7-10].

Sac bükümü ile gerçekleştirilen nihai ürün geometrisi ile sac kaynağı kullanılarak yapılan nihai ürün geometrilerinin kullanıldıkları yerler itibarıyla davranışları mekanik olarak farklılık gösterir. Buna mukabil sac bükümü genellikle daha hızlı bir üretim süreci sunar, bu da büyüyen talebe istinaden üretim kapasitesinin artırılması durumlarında kaçınılmaz bir üretim metodu olarak rağbet görür. Sac kaynağı ise daha sağlam bir bağlantı sağlar ve bu nedenle yapısal mukavemet gerektiren uygulamalarda tercih sebebidir.

Bu çalışmada, sac bükümü ve sac kaynağı yöntemleri arasındaki kalite, mukavemet ve maliyet açısından tercih edilebilirliğin belirlenmesinde bir metodoloji geliştirilmiştir.

Bu maksatla tasarlanan konstrüksiyonlarda sıklıkla kullanılan U, V ve L profillerinin hem bükülerek hem de kaynaklı hallerinin kullanım yerlerindeki dayanımları hakkında bir öngörü oluşturup endüstriyel uygulamalar için referans olacak veri çıktısı sağlamaktır.

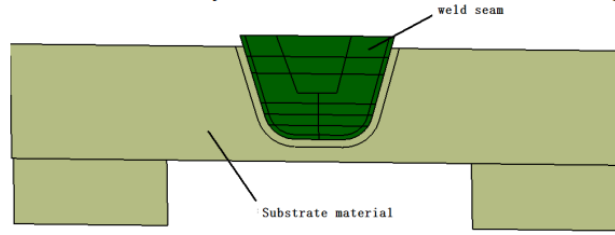
1.1. Literatür İncelemesi

Literatür incelemesi yapıldığında, birçok tez ve makale bulunmaktadır. Genellikle çalışmalar büküm prosesi veya kaynak prosesini ayrı ayrı inceleyen ve benzer bir uygulama ile karşılaştırma yapılmayan şekillerde sunulmuştur. İncelenen çalışmalar kaynak bazlı üretilmiş konstrüksiyon veya sacların sonlu elemanlar yöntemi ve farklı test düzenekleri ile detaylı incelemesi olarak görülmektedir. Diğer yandan incelenen diğer çalışmalar da büküm prosesi ile üretilmiş konstrüksiyonların veya sacların sonlu elemanlar ve farklı test düzenekleri ile detaylı incelemesi olarak görülmektedir. Literatür araştırması detaylıca yapıldığında aşağıdaki gibi farklı çalışmalar bulunmuştur.

Herrmann (1967), yapısal plakaların bükülme analizine uygulanabilen genel yaklaşık bir çözüm yöntemi sunmuştur. Bu yöntemde plakaların değişken kalınlıklara ve isteğe bağlı şekillere ve malzeme özelliklerine sahip olabileceği ifade edilmiştir. Sac plakaların ölçüm ve testleri için, katlanmış plaka ve kabuk yapılarının analizine kolaylıkla uyarlanabilecek şekilde formüle edilmiştir. Çalışma, enine sapmanın ve eğilme momentlerinin fonksiyonu olarak yazılan plaka eğilme denklemlerinin bir varyasyon teoremi aracılığıyla ifade edilmesidir. Analiz edilecek plaka bir dizi sonlu elemanla temsil edilir. Birincil bağımlı değişkenlerin, (enine sapma ve momentler) her bir komponent için ayrı ayrı incelenmesi ile tamamlanmıştır.

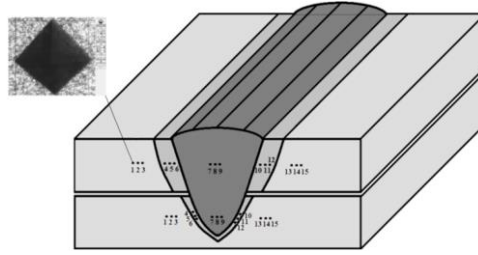
Huang (1995) tarafından yapılan araştırma, çelik sacın V-kalıp bükme işleminin, işlem koşullarını açıklığa kavuşturmayı amaçlamaktadır. Bu çalışma malzemenin çekme özelliklerine ve takımların geometrisine bağlı olarak bükme için doğru zımba yükünü ve boşaltma sonrasında ürünlerin kesin son şeklini tahmin eden bir model öne sürer. İşlem değişkenleri zımba yarıçapı (R_p), kalıp yarıçapı (R_d), zımba genişliği (W_p), zımba hızı (V_p), sürtünme katsayısı (k), gerinim sertleşmesi üssü (n) ve normal anizotropidir (R). Bu araştırma bazı deneyler yapılarak ve sonlu elemanlar simülasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Zımba yarıçapı, zımba hızı ve yağlama gibi çeşitli işlem değişkenleri için bükme zımbasını belirleyen deneyler gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak zımba yarıçapı ve zımba hızı arttıkça veya yağlama azaldıkça zımba yükünün arttığı bulunmuştur.

Zhang (2014) ise, büyük ölçekli ekipmanlarda, U-şekilli kaynak yapısı, konteyner duvarının kaynağı için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bildiride, basınçlı kaplarda ve kule ekipmanlarında yaygın olarak kullanılan U-şekilli dikiş kaynağı işlemi, düzlem modeller kullanılarak ABAQUS yazılımı ile simüle edilmiştir. Şekil 1.1 de gösterildiği gibi kaynak modeli üç boyutlu çizim programında oluşturulmuştur. Kaynak malzemesi kısmı için hesaplamada sonlu elemanlar tekniği kullanılmıştır ve kaynak malzemesi kısmı daha ince meshlere bölünmüştür. Her bir kaynak sıcaklığı dağılımı ve gerilim dağılımı için hesaplama yapılmıştır. Aynı zamanda kaynak işleminde kaynak sonrası soğutma dikkate alınmıştır. Bilgisayar simülasyonu, gerilim dağılımı ve gerinim enerji eğrisinin genel yapısını oluşturmuştur.



Şekil 1.1. Kaynak prosesi gösterimi.

Başka bir kaynaklı üretim prosesini inceleyen çalışma ise, Hubert (2020), tarafından yapılan, lazer ışını radyasyonu kullanılarak çelik levha bindirme kaynağının sonuçlarını sunmaktadır. Bindirmeli bağlantı kaynağında derin malzeme nüfuzu için lazer ışınının kaynak ağzı bölgesindeki detayları incelenmiştir. Lazer kaynağının termodinamik mekanizması malzeme özellikleri ve proses parametreleriyle ilgilidir. Kaynak parametrelerinin tahmini ve bağlantı özelliklerinin analizi sayısal simülasyon yoluyla gerçekleştirilmiştir. Şekil 1.2 de kaynak prosesinde ısı etkisini modelleyerek göstermiştir.



Şekil 1.2 Kaynak prosesinde ısı etkisinin gösterimi.

Çelik sac kaynağı sırasında lazer emilimini ve anahtar deliği etkisini simüle eden yüzey ve konik hacimsel ısı kaynakları için sayısal hesaplama yapmıştır. Sertlik dağılımları ve kaynak geometrisi formundaki sayısal ve deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen kaynağın metalografik analizi, kaynak sacı kesitindeki kristalografik yapılar ve kalıntılar dahil olmak üzere sunmuştur.

2. SAC KAYNAK METODOLOJİ

Kaynak prosesi yapılırken bir çok tip ve geçerli metod vardır. Büküm prosesi ve kaynak prosesi benzer şekilde parçalara şekil vermek ve nihai parça ölçüsünü elde etmede rol oynar. Her iki işlem de metal işleme endüstrisinde önemli rol oynar ve farklı avantajlar sunar. Projelerde ve proseslerde gereksinimlerine ve uygulamasına bağlı olarak, sac bükümü veya sac kaynağı tercih edilebilir. Bu nedenle, her iki yöntemin avantajlarını ve dezavantajlarını değerlendirmek önemlidir.

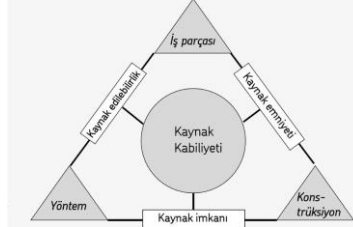
Kaynak ile birleştirme, günümüz imalat yöntemleri içerisinde en yaygın ve geçerli tekniktir. Kaynaklı birleştirme yüksek bir maliyet girdisine sebep olmamakla birlikte gerekli teknik detaylara uyulduğu takdirde yüksek bir sağlamlık da sağlamaktadır. Kaynak tekniği yaklaşık 3500 yıllık bir geçmişe sahiptir. İlk olarak Şam'da Araplar tarafından kullanılmıştır.

Kaynaklı üretimde proses detay parametreleri için çok sayıda değişik faktör bulunmaktadır. Bu değişen parametreler doğrudan proses kalitesine etki etmekte, onay veya ret alacak parçalar bu parametrelerin doğruluğuna bağlıdır. Parametrelerin biri bile değişse sonuç için büyük değişiklikler oluşturabilmektedir. Kaynaklı imalat için amaç kaynak proses sonrasında görünen kaynak dikişinin özelliğinin ana malzemeye yakın ve düzgün olmasıdır [3].

Kaynaklı imalat için ön hazırlık ve parametreler belirlenirken amaç, hazırlanan kaynak talimatlarına göre yapılan kaynak prosesleri için dikişler tek bir kalitede ve seviyede olmalıdır. Yapısal olarak kaynak parametreleri ile parçada meydana gelecek ön gerilmeler ve deformasyonları ön hazırlıklar ile engellemek her zaman mümkün olmayabilir. Bu sebeple parametreler ve diğer detaylar parça bazında değerlendirilmeli ve gerekli bilgiler detaylı olarak aktarılmalıdır. Kaynaklı imalat proseslerinde ısı tesir altına kalan bölge (ITAB) malzemenin mikro yapısını bozarak şekil, ölçü, iç yapı ve diğer deformasyonlara sebep olabilmektedir. Bu da üretilecek parça bazında ölçü toleransları baz alındığı için ölçülerde kalabilmek adına kesim resimleri düzenlemek gerekmektedir.

2.1. Kaynak Kabiliyeti ve Yöntemi

Kaynak kabiliyeti, Şekil 2.1’de gösterildiği gibi bir döngü halinde düşünülerek farklı parametreler olsa dahi Şekil 1.1’deki ana proses yapısı ile uygulanabilen prosestir. Kaynak yapılabirlik şekillerinin temel etkilerini oluşturmaktadır. Kaynak yapabilmek için oluşturulacak yöntem, iş parçası, konstrüksiyon gibi üç ana başlık kaynağın kalitesini etkileyen temel faktörlerdendir. Bu üç ana başlık arasında kaynak edilebilirlik, kaynak emniyeti ve kaynak imkânı gibi bağlantılar mevcuttur (Kayaoğlu, 2019).



Şekil 2.1. Kaynak kabiliyeti.

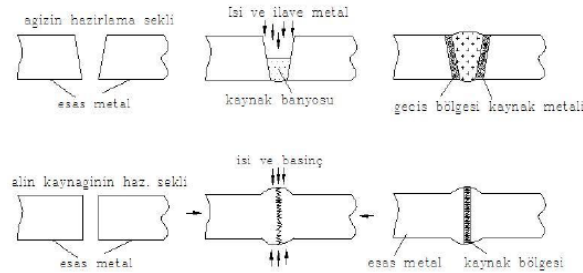
Kalıcı (homojen) bir bağ oluşturmak için birleştirme kenarlarının dolgu metali olsun veya olmasın ısıtıldığı ve kaynaştırıldığı bir metal birleştirme yöntemi kaynak olarak bilinir.

Ya da başka bir deyişle, “Kaynak, tam bir birleşme elde etmek için aynı veya farklı malzemelerden iki veya daha fazla parçayı birleştirme işlemidir.” Bu yekpare yapılar geliştirmenin tek yöntemidir ve genellikle ısı ve/veya basınç kullanılarak gerçekleştirilir. Perçinleme, civata ile birleştirme, lehimleme gibi birleştirme yöntemlerinin tümü geçici ve uzun vadeli mukavim birleştirme prosesi olarak seçilememektedir. Kaynak, metalleri kalıcı olarak birleştirmenin tek yöntemidir [3].

Kaynak dikiş boyu hesaplamaları çoğu kaynak metodunda aşağıdaki parametreler ile hesaplanmaktadır.

$$3 \text{ mm} \leq a [\text{mm}] \leq 0.7 \times t_{\min}$$

Kaynak dikiş kalınlığı “a” veya “z” olarak verilmektedir. Köşe kaynak dikişleri için hesap kalınlığı “a” dikiş için çizilecek en büyük ikizkenar dik üçgen yüksekliği olarak adlandırılır.



Şekil 2.2. Kaynak yöntemlerinin şematik gösterimi.

Geçici bağlantılar şu durumlarda ayrılabilir:

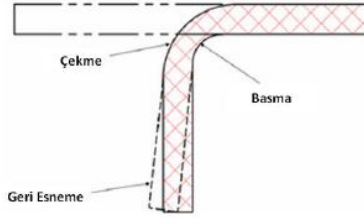
- Perçinin başı kesilmesi
- Civatanın somunu gevşemesi
- Lehimleme için gerekenden daha fazla ısı verilir ise ayrılmalar görülmektedir.

Kaynaklı birleştirmeler, birleştirme kenarlarının birbirine ısıtılıp kaynaştırılmasıyla homojen hale getirildiği için lehim ve sert lehim gibi birbirinden ayrılmaz. Şekil 2.2’de gösterilen kaynak yöntemlerinin şematik gösterimi genel proses kaynak yapış şeklini anlatmaktadır. Kaynak ağzı hazırlanması ile başlayan proses, arada kullanılan parametrelerdeki değişiklikler ile oluşan farklı yöntemleri oluşturur. Nihayet tüm kaynak prosesleri iki parçanın ayrılmaz birleştirilmesi ile sonlanır [1].

3. SAC BÜKÜM METODOLOJİSİ

Büküm ile şekillendirme, genellikle yassı malzeme tipinde sac levhalara, belli bir form verebilmek adına yapılan imalat prosesidir. Metal bükme, plakayı, sacı ve şeridi bükme için kullanılan bir üretim sürecidir. Bu süreçte otomobil, uçak, demir yolu, gemi gibi farklı sektörler için birçok parça üretilebilmektedir. Farklı bükme işlemi türleri olmasına rağmen, V şeklinde kalıpta bükme, sac şekillendirme işlemleri arasında en yaygın ve yaygın olarak kullanılanıdır. Bu işlemde, malzeme, kalıp yüzeyi ile alt plaka yüzeyi arasında ve ayrıca zımba ile üst plaka yüzeyleri arasında temas gerçekleşene kadar zımba tarafından bir kalıbın içinde preslenir. Zımbanın serbest bırakılmasından sonra, mekanik ve fiziksel kısıtlamalar nedeniyle ürünlerin nihai şeklinde geri yaylanma adı verilen geometrik değişim meydana gelir [1].

Kalıntı şekil değiştirmeler, plastik deformasyon nedeniyle plaka kalınlığı içinde oluşturulur. Bu nedenle, geri yaylanma ve artık gerinimler, bükme işlemlerinde en yaygın problemlerdir. Bu problemlerin kontrolleri oldukça zordur ve minimum hata ile doğru boyutlara sahip olmak için sürekli olarak araştırılması gerekir. Geri esneme miktarı ve artık gerinimler, malzeme özelliklerinin yanı sıra temel olarak V şekilli kalıbın ve zımbanın geometrisine bağlıdır. Bükme işleminde takım tasarımının optimum seçimini sağlamak için üç öge anlaşılmalıdır. İlk olarak, zımba bir iş parçasına bastırıldığında bir ilk büküm meydana gelir ve ardından başlangıç aşamasına geri döner. Şekil 3.1 de gösterilen geri esneme simülasyonu mevcuttur. İkincisi, metal bir zımba ucu yarıçapı ile damgalandığında dibe vurmaktır. Üçüncüsü ise zımba ucu ile damgalanan metalin üzerinden zımba kuvvetini geri çekmektir [8].



Şekil 3.1. Geri esnemenin elastik izlenimi.

Literatürde şekil değiştirmeler aracılığıyla geri esneme ve artık gerilmeler ile ilgili çeşitli çalışmalar bulunmuştur. Huang, bükme işlemi boyunca gerilme durumunu belirlemek için temas problemini çözmek için güncellenmiş bir Lagrange formülünü kullanarak bir sonlu elemanlar kodu geliştirdi. Deneysel ve sonlu eleman sonuçları arasında iyi bir kalibrasyon ortaya koydu.

Bükmede eğme yarıçapı (R) sac kalınlığına bakılarak küçük ise, bükme esnasında sac uzama eğilimi oluşturur. Son bükülen kesitin gerdirmeye olmaksızın önce tarafsız eksen boyu ifade edilir ve eğme toleransı değeri elde edilir.

$$A_b = 2\pi \frac{\alpha}{360} (R + K_{ba} t)$$

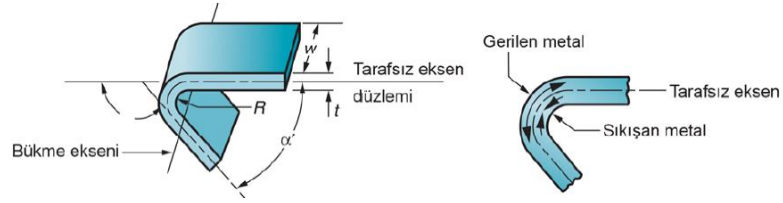
Bu bağlantı kullanılabilir.

Bükülme payı faktörü, bükme yarıçapının iş parçası kalınlığına göre küçük olduğu durumlarda önemlidir. İş parçasının nötr eksen, sac imalatının bükme bölümünün gerilmesi nedeniyle küçülecektir. Bu esneme nedeniyle oluşabilecek uzunluk değişikliklerine bükülme payı denmektedir ve bunun parçalardan gerekli boyutsal beklentileri karşılaması gerektiğini hesaplamamız gerekmektedir.

Bu formülde ' α ' iş parçasının bükülme açısı, 'R' bükülme yarıçapı ve 't' iş parçasının kalınlığıdır.

$2t > R$ ise 'K' 0,33 değerine sahip olmalıdır. $2t < R$ ise 'K' 0,50 değerine sahip olmalıdır. Bunlar 'K' değerinin standardizasyonlarıdır.

Farklı bükme sac metalleri, yalnızca iş çıktısında hassasiyet sağlamakla kalmayıp aynı zamanda daha estetik bir iş parçası ürünü sağlayan standart tekniklerle birlikte aynı amaçla bükme açısı ve bükme yarıçapı bakımından farklı parametreler içermektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Büküm Parametreleri.

Aşağıda sac metal işlemlerinde bazı önemli bükme yöntemleri ve türleri belirtilmiştir.

V Bükme

V bükme, en yaygın sac metal bükme işlemidir. Kalıp ve delme adı verilen makine aletlerinin kullanımını içerir. Bu bükme işleminde kullanılan kalıp, V şeklinde bir kalıptır, delme de V açılı bir şekilde tasarlanmıştır. Delme, metal levhaları bir V kalıbına bastırır ve sac metalin V bükümü bu şekilde elde edilir.

Rulo Bükme

Bu sac bükme tekniği, sacları kavisli formlara bükmeyi içerir. Bu teknik, üç silindir, bir hidrolik pres sistemi ve bir frenin kullanımını içeren rulo bükme sac metal kriterlerini kullanır. Üç silindir arasındaki mesafe, üreticinin sacları eğriler halinde bükmesine olanak tanır.

U-Bükme

U-bükme, V-bükme yöntemine tam olarak benzerdir. Bu yöntem, U-şekilli bir kalıpla birlikte U-şekilli bir zımba kullanır. V-bükme ile U-bükme arasındaki tek fark, ortaya çıkan sacın V şekli yerine U şeklinde olmasıdır.

Rotary Bükme

Döner bükme yöntemi, 90 dereceden daha büyük bir açıda bükmenin gerektiği her yerde kullanılır. V bükmeye de benzer olarak düşünülebilir, ancak bu işlemdeki çıktı daha düzgün ve estetik çünkü bu yöntemde kullanılan metal sac bükme makinesi sacın yüzeyini çizmez.

Çizgi Bükme

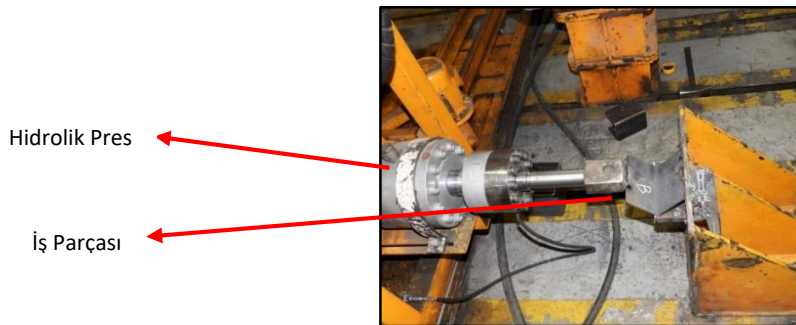
Bu kenar bükme sac metal tekniği, üreticinin kenarları hasar vermeden bükmesine yardımcı olur. Sac metal kenar bükme yöntemi, genellikle kalan metal parçadan daha kısa olan sac metal bölümlerinde kullanılır. Köşelerin keskinliğini ortadan kaldırmaya yardımcı olur ve sonucun estetik görünümünü artırır.

Silme Bükme

Bu bükme yöntemi, silme kalıbı kullanır. Metal levha, silme kalıbının içine dikkatlice yerleştirilir ve bir basınç yastığı levhaya basınç uygular. Daha sonra, delgeç levhada istenen bükümü yapmak için kullanılır.

4. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmayı imalat sektöründe sık kullanılan V, U, L gibi çelik konstrüksiyonlar için hidrolik test merkezinde basma ve çekme deformasyon testi ile konstrüksiyonlar test edilmiştir. Konstrüksiyonlar bükme ve kaynaklı proses yöntemi ile üretilmiş 100mm boyutunda S700MC sıcak haddelenmiş saclar ile oluşturulmuştur. 12 adet olan saclar, V konstrüksiyon için 2 adet bükümlü 2 adet kaynaklı proses ile üretilmiş numune, L konstrüksiyon için 2 adet bükümlü 2 adet kaynaklı proses ile üretilmiş numune, U konstrüksiyon için 2 adet bükümlü 2 adet kaynaklı proses ile üretilmiş numune olarak toplam 12 adet üretilmiştir. Şekil 4.1 de örnek olarak gösterilen V büküm prosesi ile üretilmiş olan imalat sacının test düzeneğine sabitlenmiş ve deformasyon için hidrolik silindirden gelecek yük değeri beklenmektedir.



Şekil 4.1. Hidrolik test merkezinin gösterimi.

Hidrolik test merkezinde bu saclar sırasıyla; basma ve çekme testleri ile tahribatlı olarak test edilmiştir. Test merkezi için hidrolik pompa, orifis, basınç sınırlayıcı valf, emniyet valfi, hidrolik hortumlar, rakorlar, test sonuç sensörleri gibi birçok komponent kullanılmıştır.

Hidrolik hortumlar için ¾ inc ISO 18752 standartında 300 bar basınca dayanıklı kauçuk hortumlar kullanılmıştır. Hidrolik olarak değişken deplasmanlı pompa ile kademeli olarak artırılan basınç değeri(bar) eş zamanlı olarak test düzeneğinden kuvvet-zaman ve deformasyon-zaman olarak grafikler alınarak numunenin aldığı tepkiler ölçülmüştür. Numunelerin hidrolik silindirden gelen eksenel harekete karşı gösterdiği formundan kaynaklanan davranış ile kaynak ve büküm karşılaştırma sonuçlarına gidilmiştir.

Tablo 1. S700MC malzeme özellikleri

VV	Rm	Re	Rmt	Ret	E	v
S700MC	900	700	900	700	200000	0.27

Tüm oluşturulmuş bükümlü numuneler abkant bükme makinasında ø6 zımba ile bükülmüştür. Ayrıca tüm kaynaklı numuneler ise MIG köşe kaynağı ile Tablo 2 de gösterilen, aristorod elektrodu kullanılarak ön ısıtma prosesi olmadan kaynak prosesi ile üretilmiştir. Sonuçlar arasında minimum farklar oluşması için tüm numuneler benzer şekilde ve parametreleri aynı tutularak üretilmiştir.

Tablo 2. Aristorod(12.63) malzeme özellikleri

VV	Rm	Re	Rmt	Ret	E	v
AristoRod	550	450	550	450	-	-

Tablo 1 de bulunan malzeme özellikleri ile Şekil 4.2 de verilen örnekte L büküm prosesi ile üretilmiş S700MC sacı için yapılan test düzeneğini görmektedir. Bu testte sabitlenmiş parçanın çekme ve basma sonucunda kN-mm ve kN-time grafiği çıkarılmıştır.



Şekil 4.2. L kaynaklı konstrüksiyon parçası.

Kaynak hızı doğrudan ısı girişi miktarına bağlıdır ve dolayısıyla kaynak proseslerinde parametreler kaynak malzemesi, kaynak elektrodu, ortam şartları, yüzey şartları, kaynak ağzı, ısıtıl bölge, kaynak torç hızı gibi birçok faktöre bakarak optimum şekilde uygulanmıştır. Kaynak hızı proseslerde mekanik bozulmayı ve stresi azaltmaya yardımcı olmaktadır. Diğer yandan kaynak hızının yavaşlığı da prosesi negatif etkilemektedir. Ark ve lazerin enerji oranının artık gerilim üzerindeki etkisine odaklanılmıştır. Kaynaklı modeller oluşturulurken kaynak hızı parametresini tüm modeller için aynı tutulmaya çalışılmıştır.

5. Bükümlü ve Kaynaklı Üretilmiş Sac Testleri

Sac metal kaynak işlemi, hassas imalat proselerine uyacak doğru yöntemi kullanarak hem maliyetten hem de zamandan tasarruf etmemizi sağlar. Tüm sac işlerinde olduğu gibi erken planlama ve karar verme gibi parametreleri doğru seçmek, projenin kaynak aşamasının başarılı olmasını sağlamaktadır. Şekil 5.1 de prosese uygun olarak uygulanmış bir kaynak dikişi gösterilmektedir ve V, U, L saclar da bu parametreler en doğru şekilde uygulanmıştır. Kaynak, iki veya daha fazla parçanın ısı, basınç veya her ikisi yoluyla birbirine kaynaştırıldığı bir işlemdir. Daha sonra parçalar soğudukça bir birleşme noktası oluştururlar. Kaynak prosesleri doğru şekilde uygulanmış, V, U, L profil

malzemelerin çekme ve basma testleri hidrolik pres ile yapılmış ve eş zamanlı olarak veriler alınmıştır. Bu verilere göre karşılaştırma yaparak büküm ve kaynak arası farklar, avantajlar ve dezavantajlar yorumlanmıştır.



Şekil 5.1. Kaynak prosesi gösterimi.

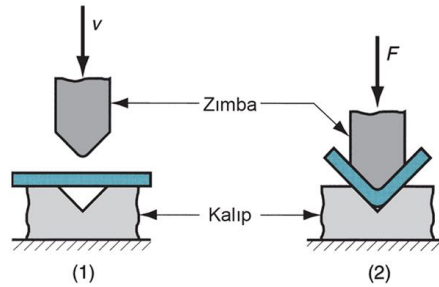
Birleştirilen parçalar 'ana' malzeme olarak bilinir. Bağlantının oluşmasına yardımcı olmak için eklenen malzemeye plaka, boru, dolgu teli veya elektrot gibi yardımcı bileşimlere 'dolgu' adı verilir. Bu dolgu maddeleri çoğunlukla bileşim açısından ana malzemeye benzer. Homojen bir kaynak oluştururlar.

Sac bükme, bir yarıçap oluşturmak için bir metal saca kuvvet uygulama işlemidir. Bunu başarmanın en yaygın yolu abkant prestir. Bu işlem araç gövde panelleri, buzdolapları, elektronik muhafazalar ve braketlerin imalatında kullanılabilir. Sac metal bükme, daha düşük üretim hacimli uygulamalar veya dökümün etkili olmadığı çok ince metal kullanan ürünler için en uygundur. Şekil 5.2 de abkant pres düzeneğine bağlanmış büküm prosesi gösterilmektedir.



Şekil 5.2. Abkant V büküm prosesinin gösterimi.

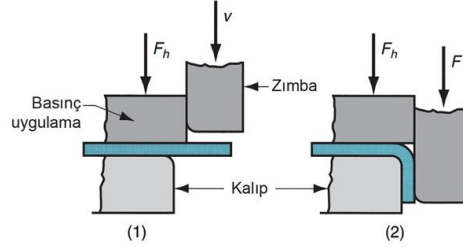
Bu çalışmada, sanayi uygulamalarında sıklıkla kullanılan U, L, V profillerde kaynaklı yöntem kullanılarak imal edilmiş saclar ve büküm yöntemi kullanılarak imal edilmiş saclar çekme ve basma testlerine tabi tutularak plastik ve elastik deformasyon değerleri, parçalara kuvvet uygulanarak ve test cihazından gelen grafik baz alınarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda saclarda meydana gelen akma gerilmesi değerleri dikkate alınmış olup üretim yöntemine göre sac dayanımı, üretim kolaylığı, üretim maliyeti, iş güvenliği, proses zorluğu, sarf malzeme sarfiyatı gibi birçok parametre açısından incelenecek ve yöntemler arasında detaylı bir karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 5.3. Abkant V büküm prosesinin şematik gösterimi.

Sac metal şekillendirmedeki proses parametreleri kalıp ile zimba bölgesindeki boşluk, sacın kalınlığı, malzemenin cinsi, sac malzeme mukavemeti ve Şekil 5.3 ve Şekil 5.4 de görünen, F kuvvetinin uygulandığı kesme

uzunluğudur. Abkant prosesinde kesme için parça boşluğu optimum seviyede olmalıdır. Aksi durumlarda istenen bükme değeri alınamaz veya yapılan bükmede istenilen parça ölçüleri net bir şekilde elde edilemez.

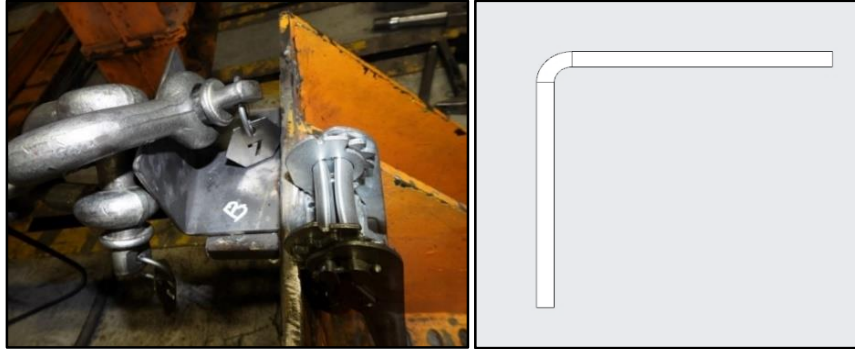


Şekil 5.4. Abkant L büküm prosesinin şematik gösterimi.

$$c = t \cdot A_C$$

Zımba ile bükme prosesi uygulanacak sacın cinsine ve kalınlığa bağlı boşluk formülü yukarıda verilmiştir. Burada t sac kalınlığı ve A_C müsaade edilebilen boşluk değeridir. düşük dayanımlı malzemeler için 0,045; orta dayanımlı malzemeler için 0,060 ve yüksek dayanımlı malzemeler için 0,075 değeri kullanılır [2].

Hidrolik sistemlerin çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanımı onlarca yıldır yaygındır. Özellikle hidrolik piston silindirleri, kaldırma, presleme ve şekillendirme gibi görevler için sağlam ve etkili bir kuvvet uygulama yöntemi sunarak çok sayıda mühendislik sürecinde önemli bir rol oynar. İmalat ve makine mühendisliği alanında malzemelerin deformasyonu, çeşitli endüstrilerde etkileri olan temel bir süreçtir. Bu çalışmada da hidrolik pres, test merkezinde son çıktı olarak alınacak değerlerin, valf, manometre, debi, basınç, piston hızı ve malzeme özellikleri gibi değerlerden anlık algoritma oluşturarak çıktı olarak istenen değerlere dönüştürmesini sağlamaktadır.



Şekil 5.5. L Büküm Parça Çekme Deneyi

İmalat ve makine mühendisliği alanında malzemelerin deformasyonu, tahribatlı malzeme deneyleri, çeşitli endüstrilerde etkileri olan temel bir süreçtir. Şekil 5.5 de L konstrüksiyon büküm proses ile üretilmiş parça deneyi gösterilmektedir.

Araştırma metodolojisi, deneysel araştırmalar ve hesaplamalı simülasyonların bir kombinasyonunu içermektedir. Test numunelerinin değişen koşullar altında deformasyon davranışını gözlemlemek ve ölçmek için laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Hesaplamalı ve anlık veri alabilen test düzeneği ile deneysel verileri grafik çıktısı olarak alınmıştır ve deformasyon sürecinin altında yatan mekanik sebeplere odaklanılmıştır.

Elimizde V, U, L profil saclardan aynı ölçüler ile üretilmiş hem kaynak proses ile birleştirilmiş hem de büküm proses ile aynı ölçülere getirilmiş toplamda 12 adet parça bulunmaktadır. Bunların bükümle üretilmiş V, U, L konstrüksiyonlarının üçünü basma ve üçünü çekme testlerine tabi tuttuk, ardından kaynak proses ile üretilmiş V, U, L konstrüksiyonların üçünü basma üçünü de çekme testlerine tabi tutarak, hidrolik tahrikli (Şekil 5.6) silindir sisteminden anlık olarak kN-sn ve Kn-mm değerleri alınmıştır.

Grafikleri incelerken aynı türden sacların kN-sn grafiği ve kN-mm grafiği karşılaştırılarak parçaların elastik ve plastik deformasyona uğradığı değerler tespit edilmiştir. Bu araştırmanın bulgularının imalat mühendisliği alanında, hidrolik sistemler kullanılarak kaynaklı ve bükümlü üretilmiş standart tip konstrüksiyonların deformasyonu alanında bulgu oluşturmak ve bulguların yorumlanmasına katkıda bulunması beklenmektedir. Deformasyon sonuçlarını etkileyen

faktörleri açıklayarak ve optimizasyon stratejileri önererek, imalat sistemleri için daha sağlam mekanik çıktılar üretmeyi amaçlamıştır.



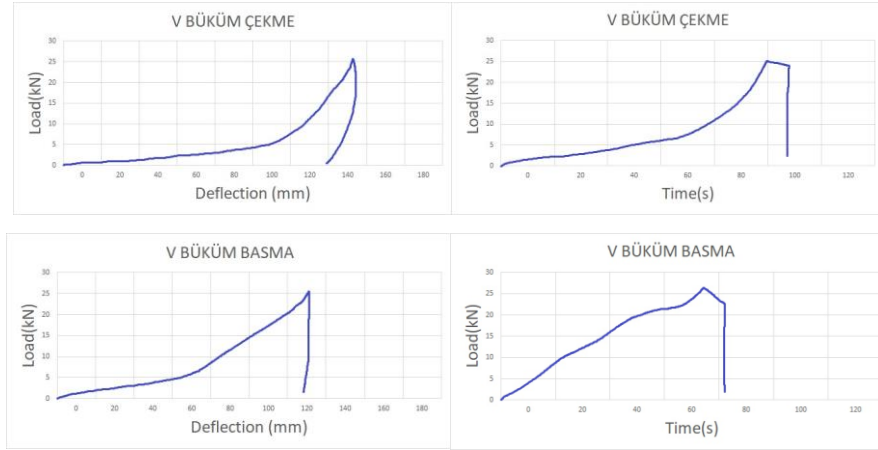
Şekil 5.6. Hidrolik Silindir

“kN-sn” terimi tipik olarak bir itme veya momentum ölçüsü olan kilonewton-saniye ($\text{kN}\cdot\text{s}$) birimini ifade eder. Mühendislikte, bir saniyelik bir süre boyunca bir kilonewtonluk (1 kN) kuvvet uygulandığında bir nesnenin yaşadığı momentum değişimini ölçmek için yaygın olarak kullanılır. $\text{kN}\cdot\text{sn}$ 'nin grafiksel bir temsili tipik olarak, analiz edilen spesifik senaryoya bağlı olarak darbenin ($\text{kN}\cdot\text{s}$) zamana (saniye) veya başka bir ilgili değişkene karşı grafiğinin çizilmesini içerir. Bu, kuvvet ve zaman arasındaki ilişkiyi veya kuvvetin bir süre boyunca kümülatif etkisini görselleştirmeye yardımcı olmaktadır.



Şekil 5.7. Büküm Prosesle Üretilmiş “V” Parçanın Basma ve Çekme Deneyi Sonucu

Şekil 5.7 de bulunan V konstrüksiyon parçanın deney için hazırlanmış hali bulunmaktadır. Bu deney düzeneği ile test edilecek parça öncelikle sabitlenmiştir. Ardından tahrik uygulayacak olan hidrolik silindir ile bağlantısı kelepçeler ile yapılmıştır. Hidrolik silindir tarafından tahrik edildiği durumda parçanın plastik ve elastik deformasyon değerleri alınması için basınç kontrol için sensörler ve manometre bulunmaktadır. Bu sensörler ile eş zamanlı olarak $\text{kN}\cdot\text{saniye}$ ve $\text{kN}\cdot\text{mm}$ değerleri alınmıştır. Numune V, U, L konstrüksiyon saclar üzerinde birleşik kuvvet(combined force) etkisi mevcuttur. Bu kuvvet çekme durumuna ve basma durumuna göre sürekli olarak nonlineer şekilde değişen eksenel, kesme ve bükme kuvvetleri olarak saclarla yansımaktadır.



Şekil 5.8. V Büküm Parçasının Hidrolik Test Düzeneği Grafik Değerleri

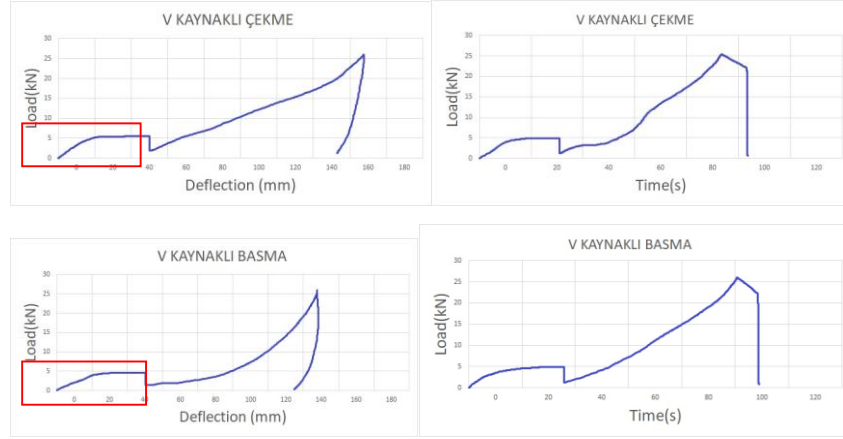
Şekil 5.8 de V büküm parçasının hidrolik test düzeneği grafik değerleri sonucunda alınan sonuçlar mevcuttur. Bu grafiklere bakıldığında V büküm proses ile üretilmiş konstrüksiyonun kN-mm ve kN-sn değerleri hidrolik silindir test düzeneğinden eş zamanlı olarak alınmıştır. Grafiklerin V büküm konstrüksiyon modellerin, hidrolik silindir test düzeneği ile çekme ve basma sonucunda grafikleri mevcuttur. Metallerin davranışına bakıldığında V büküm çekme 26 kN değerlerinde pik değerlere ulaşmıştır ve ardından metal plastik deformasyonun sonuna gelmiştir. Malzeme akma değerine kadar rijit bir şekilde şekil bozukluğuna uğramıştır ve ardından kopma gerçekleşmiştir. 88sn değerinde malzeme kopma noktasına gelmektedir. Malzeme ölçüsü nedeni ile ortalama 140mm malzemedan alınabilecek tepki mesafesi mevcuttur.

Basma analizine bakıldığında yine malzeme 26 kN değerlerine kadar lineer sayılabilecek bir şekilde deformasyona uğramaktadır, ardından V parçasının büküm için daha fazla basma sonucu ezilecek mesafesi kalmadığı için test cihazının gücü kesilmiştir. Basma testinde malzeme daha az bir mesafede test edilmektedir çünkü çekme testinde malzeme uzamakta iken basma testinde malzeme iki sıkıştırılan sistem arasında kalmaktadır. Malzeme ölçüsü nedeni ile 100mm malzemedan alınabilecek tepki mesafesi mevcuttur. Büküm prosesinde abkant presten gelen zımba kuvveti bölgesinde uzama tamamlandıktan sonra sacın bağlantı noktasında 25kN değerinde akma başlamıştır.



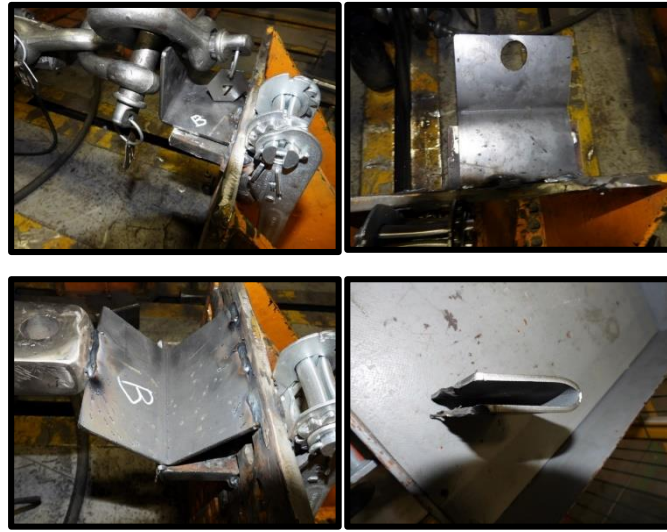
Şekil 5.9. Kaynak Prosesle Üretilmiş “V” Parçasının Basma ve Çekme Deneyi Sonucu

Şekil 5.9 da kaynak proses ile üretilmiş “V” konstrüksiyonun çekme ve basma deneyi ve deney sonucu malzemenin deformasyona uğramış hali bulunmaktadır. Elastik davranış, uygulanan yük kaldırıldığında malzemenin deformasyon sonrasında orijinal şekline dönme yeteneğini tanımlar. Bu davranış, gerilmenin elastik sınır dahilindeki gerinim ile doğru orantılı olduğunu belirten Hooke Yasası tarafından yönetilir. Young Modülü (E), bir malzemenin elastik bölgedeki sertliğinin bir ölçüsüdür. Hidrolik test düzeneği sonucunda alınan grafik değerleri, bu malzemenin mekanik olarak davranışını ve malzeme formunun malzemenin akma ve çekme değerlerine göre nasıl davrandığını göstermektedir.



Şekil 5.10. V Kaynaklı Parçanın Hidrolik Test Düzeneği Grafik Değerleri

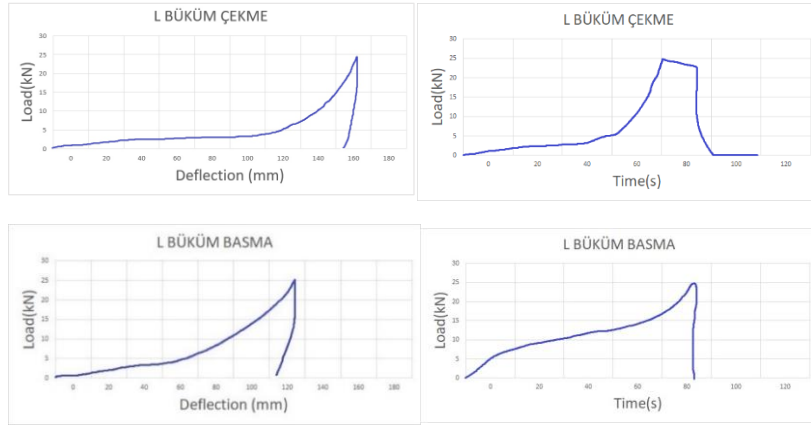
Şekil 5.10 da V kaynaklı parçanın hidrolik test düzeneği grafik değerleri mevcuttur. Malzemenin kaynaklı proses ile üretilmiş halinde, daha önceden plastik deformasyona uğramamış saclardan kaynak dikişi ile birleştirme sağlandığı için grafikte farklar mevcuttur. Şekil 5.8’de bulunan V bükümlü proses ile üretilmiş parçanın hidrolik test düzeneği grafik değerleri şekil 5.10 grafik değerlerine göre farklıdır. Kırmızı ile işaretlenmiş bölgeler aslında malzemenin plastik deformasyona uğradığı ilk yeri göstermektedir. Grafik sonrasında kuvvet(kN) düşüşü yaşayarak bükümle üretilmiş parçanın değerlerine benzer seyretmektedir.



5.11. Büküm Prosesle Üretilmiş “L” Parçanın Çekme ve Basma Deneyi Sonucu

Şekil 5.11’de bulunan L konstrüksiyon büküm proses ile üretilmiş parçanın deney için hazırlanmış hali bulunmaktadır. Deney düzeneği hazırlanırken, parçanın test cihazından alacağı tepkiyi tam olarak hissedebilmesi için kelepçe düzeneği ile sabitlenmiştir. Ardından lineer bir şekilde parça üzerine kuvvet uygulanmıştır. Parçanın verdiği tepkiyi ve parça şeklinin diğer konstrüksiyonlar ile karşılaştırılması yapılmıştır. Şekil 5.11’de büküm proses ile üretilmiş “L” konstrüksiyon çekme deneyi ve deney sonucu malzemenin deformasyona uğramış hali bulunmaktadır. Malzemenin davranışı gereği çekme deformasyonu sonucunda sünek bir şekilde kopma yaşanmadan sonuç alınmıştır.

Çekme mukavemeti (σ_{ts}), bir malzemenin çekme yüklemesi altında hasar görmeden önce dayanabileceği maksimum gerilimdir. Nihai mukavemet (σ_u), kırılmadan önce gerinim eğrisinde gözlemlenen maksimum gerilimdir. Şekil 5.11’de büküm proses ile üretilmiş “L” konstrüksiyon basma deneyi ve deney sonucu malzemenin deformasyona uğramış hali bulunmaktadır. Parça formu ve şekli gereği V konstrüksiyon ile benzetmekte fakat büküm açısı 90° şeklindedir. Kuvvet eşit şekilde dağılmakta ve V parçasına benzer sonuçlar alınmaktadır.



Şekil 5.12. L Büküm Parçasının Hidrolik Test Düzeneği Grafik Değerleri

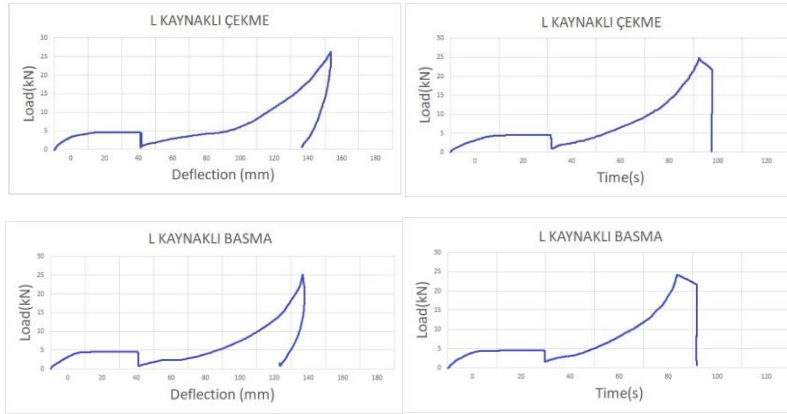
Şekil 5.12’de L büküm parçasının hidrolik test düzeneği grafik değerleri bulunmaktadır. Grafik değerlerine bakıldığında, L büküm çekme grafiğinde ortalama 70sn sonra 160mm ile parça maksimum uzama seviyesine gelmiştir. Malzeme özelliklerine bakıldığında diğer testler ile benzer bir senaryo ile parça 25kN seviyelerinde deformasyonun maksimum değerinde kalmıştır. Parça 5kN ve 120mm uzama sonrası deformasyonu yavaşlamaya başlamakta ve süneklik değerinin sonuna gelmektedir.

L büküm basma testinde ise parça esneme yapmadığı için 120mm seviyelerinde maksimum deformasyon değerine ulaşmıştır. Abkant pres makinasında büküm işleminde basma deformasyonuna uğrayan malzeme, test düzeneğinde tekrardan basma değerine devam ettiğinde değerler çekme testine göre farklılıklar göstermektedir. Parça ortalama 5kN ve 60mm basma sonrasında deformasyonu yavaşlamaktadır.



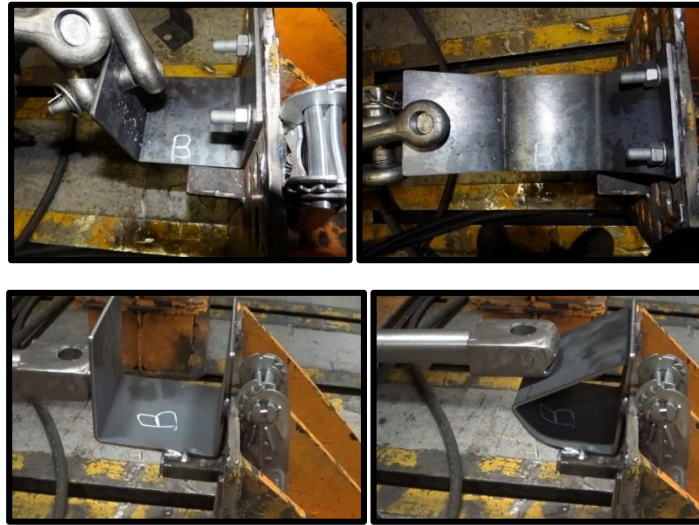
Şekil 5.13. Kaynaklı Prosesle Üretilmiş “L” Parçasının Çekme ve Basma Deneyi Sonucu

Şekil 5.13’te bulunan L konstrüksiyon kaynak proses ile üretilmiş parçasının deney için hazırlanmış hali bulunmaktadır. Hidrolik test düzeneğinden kademeli olarak artarak çekme ve basma senaryoları uygulanmıştır. Test parçaları 100mm iki sacın V köşe kaynağı ile a5 boyutlarında MIG kaynak metodu ile aristorod elektrot teli ile kaynak prosesi tamamlanmıştır. Şekil 5.13’te kaynak proses ile üretilmiş “L” konstrüksiyon çekme deneyi ve deney sonucu malzemenin deformasyona uğramış hali bulunmaktadır. Malzemenin davranışı gereği çekme deformasyonu sonucunda sünek bir davranışta bulunduğu için kopma yaşanmadan sonuç alınmıştır.



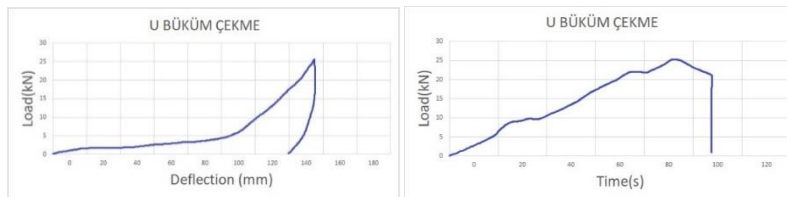
Şekil 5.14. L Kaynaklı Parçanın Hidrolik Test Düzeneği Grafik Değerleri

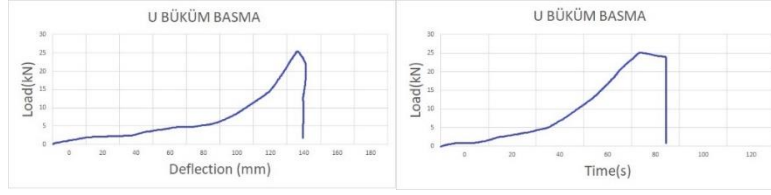
Şekil 5.14'te L kaynaklı parçanın test düzeneğinden alınmış grafik değerleri mevcuttur. Bu grafik değerlerine detaylı bakıldığında, V konstrüksiyon test değerine benzer sonuçlar çıkmıştır. Parçanın malzemesi ve kaynak prosesi aynı şekilde yapıldığı için grafik değerleri benzer çıkmıştır. Parça test düzeneğinde çekme test sonucuna bakıldığında, parça ilk etapta kaynak bölgesinde akma değerine kademeli olarak çıkmaktadır. Akma değerinden sonra parça plastik deformasyona uğradığı için kademeli olarak elastik davranış göstererek kırılma noktasına kadar çıkmaktadır. 5kN değerine kadar çıkan çekme testi, ardından 2 kN bandından elastik şekil değiştirmeye uğrayarak bükümlü üretilmiş numuneler gibi davranmaktadır. Basma test düzeneğinde de benzer senaryo mevcuttur. Basma testinde numune ölçüleri gereği çekmeye göre daha az bir mesafe kuvvet uygulanmıştır. Fakat yine çekme ve basma arasında parça deformasyon kuvvetleri açısından benzer değerler mevcuttur.



Şekil 5.15. Büküm Prosesle Üretilmiş “U” Parçanın Çekme ve Basma Deneyi Sonucu

Şekil 5.15'te bulunan U konstrüksiyon büküm proses ile üretilmiş parçanın hidrolik silindir test cihazında çekme deneyi için hazırlanmış hali bulunmaktadır. Test düzeneği hazırlanırken U parça ile hidrolik test silindiri kelepçe ile sabitlendikten sonra kademeli olarak kuvvet arttırılmıştır. Kuvvet ve parça deformasyonu ile ilgili grafikler test düzeneğinden otomatik olarak alınmıştır. Parçanın verdiği tepkiyi ve parça şeklinin diğer konstrüksiyonlar ile karşılaştırılması yapılmıştır.





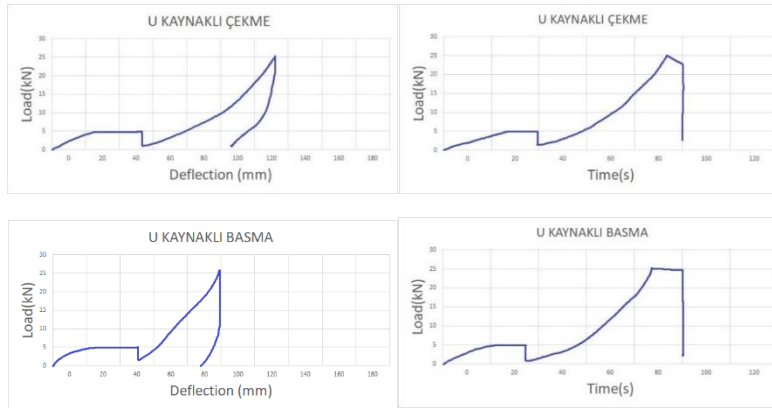
Şekil 5.16. L Kaynaklı Parçanın Hidrolik Test Düzeneği Grafik Değerleri

Şekil 5.16’da bulunan U bükümlü proses ile üretilmiş parçanın hidrolik test düzeneğindeki test değerlerine bakıldığında, U büküm çekme değerlerinde 5 kN değerine kadar uzamanın hızlı olduğu ve 5 kN değerinden sonra lineer olarak uzamanın kuvvete göre azaldığı görülmektedir.



Şekil 5.17. Kaynaklı Prosesle Üretilmiş “U” Parçanın Çekme ve Basma Deneyi Sonucu

U parçanın kaynaklı proses ile üretilmiş modeli şekil 5.17’de mevcuttur. Diğer test senaryoları ile benzer yapıda oluşturulmuş profiller ve proses için benzer test sonuçları alınmıştır.



Şekil 5.18. U Kaynaklı Parçanın Hidrolik Test Düzeneği Grafik Değerleri

Şekil 5.18’de U kaynaklı parçanın hidrolik test düzeneği grafik değerleri mevcuttur. Grafik değerlerine bakıldığında aynı diğer senaryolar gibi 5 kN değeri parçanın deformasyon için eşik değeri olduğu görülmektedir. 5 kN değerine bakıldığında ilk etapta diğer, V ve L profiller gibi plastik deformasyon değerini aştıktan sonra lineer olarak artan bir grafikte karşı karşıya kalmaktayız.

SONUÇ VE ÖNERİLER

V, U, L konstrüksiyon büküm ve kaynaklı proses ile üretilmiş numuneleri hidrolik piston test düzeneği ile çekme ve basma tahribatlı teste tabi tuttuğumuzda sonuçlar tutarlı ve birbiri ile malzeme yapısı gereği benzer kalmıştır.

Çekme testlerini detaylı incelediğimizde, numunelerin tamamının 5 kN değerini plastik deformasyon eşik değeri olarak sayabilmekteyiz. Bükümlü proses ile üretilmiş V,U,L konstrüksiyon malzemeler için, abkant pres büküm makinasında 3 mm lik zımba ile bükülen parçalar, abkant makinasında plastik deformasyon değeri olan 5 kN bandını aştığı için grafiklerde lineer bir şekilde çekme ve basma grafikleri görülmektedir. Bu durumda bükümlü parçalar kırılma ve basılma darbelerine kaynaklı üretilmiş numunelere göre daha hızlı tepki verip bozulmalara uğramaktadır.

Kaynaklı proses ile üretilmiş numunelerin grafik değerlerine bakıldığında, şekil değişikliği ilk etapta 5kN a kadar zamana ve kuvvete göre daha yavaş olmaktadır. Fakat 5 kN değerinde bir müddet elastik davranıp sonrasında plastik şekil değiştirmektedir. Bu da kaynaklı modellerin, kaynak parametreleri ve kaynak prosesi iyi yapıldığı takdirde daha mukavim olduğu, ilk etapta darbeleri elastik olarak karşılayabildiği görülmektedir. Kaynaklı numuneler için kaynak teli seçimi çok önemli olup çekme ve basma durumuna birleşik kuvvetler mevcuttur. Ardından kuvvet artırıldığında elastik şekil değişikliği plastik şekil değişikliğine dönüşerek lineer olarak, bükümlü üretilmiş numuneler gibi davranmaktadır.

Kaynaklı üretim metodları genel olarak düşünüldüğünde, maliyet, ISG, zaman, mekân gibi koşulları büküm prosesinden daha zor ve dezavantajlı olduğu ortadadır. Bükümlü üretim metodunda ise büküm yapılabilen parçalar çeşitlilik gereği kaynaktan daha azdır. Abkant pres makinesindeki zımba bölgesi ve parçaların yüzeylerinin bükümü engellediği senaryolar gereği kompleks parçalar bükülemeyebilmektedir.

Genel olarak bakarsak, kaynaklı proses ile üretilen parçalar daha mukavim, daha maliyetli ve kompleks parça üretimi için daha fazla olanak sağlamaktadır. Bükümlü üretim metodu ise hızlı, maliyet açısından avantajlı, seri imalata daha uygun, mukavemet gereği maruz kalacağı yüklere göre iyi hesaplamalar yapılarak sac malzeme seçimi istemektedir.

TEŞEKKÜR

Bu tezde benden desteklerini eksik etmeyen sayın Prof.Dr. Süleyman Neşeli'ye ve Tırsan Treyler şirketi ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Bu çalışma, Yüksek Lisans tezi olan; “Kaynaklı Ve Bükümlü Bağlantıların Mekanik Olarak İncelenmesi” çalışmasından türetilmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Anonim, 2006, Kaynak Tekniği Ders Notları , Bilecik Üniversitesi, 1-28.
- [2] Anonim, 2013, Sac Şekillendirme İşlemleri , Hitit Üniversitesi, 1-11.
- [3] Demiray, 2014, Kaynaklı İmalatta Proses Öncesi Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Analizler Ve Deneysel Doğrulama, Balıkesir, 1-4.
- [4] Herrmann R.L., 1967, Finite-Element Bending Analysis for Plates, American Society of Civil Engineers, America, 13-15.
- [5] Huang Y., 1995, Effect of Process Variables on V-Die Bending Process of Steel Sheet, Elsevier Science, Great Britain, 631-638.
- [6] Hubert D., 2020, Steel Sheets Laser Lap Joint Welding Process Analysis, Poland, 2-8.
- [7] Rong Y., 2017, Simulation and Stress Analysis of U-Shaped Seam Welding Process Based on Abaqus, Switzerland, 1-8.
- [8] Thomas W.M., 1997, Friction Stir Welding for The Transportation Industries, Elsevier Science, Great Britain, 269-271.
- [9] Zhang H., Xuanyu S., 2014, Simulation and Stress Analysis of U-Shaped Seam Welding Process Based on Abaqus, Switzerland, 612-614.
- [10] Shiga C., Murakawa H., Hiraoka K., 2017, Elongated bead weld method for improvement of fatigue properties in welded joints of ship hull structures using low transformation temperature welding materials, WeldWorld., 769–788.

Yaygın Kullanılan Sosyal Medya Platformu WhatsApp'ın KVKK Açısından İncelenmesi

^{1*}Ayşe TARI, ²Humar KAHRAMANLI ÖRNEK

^{1*} Bilişim Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuklu, Konya

² Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Selçuklu, Konya

^{1*}aysedemirci88@hotmail.com, ²hkahramanli@selcuk.edu.tr

Abstract – Communication tools have rapidly advanced with the development of technology. Along with the swift progress of communication, digital communication and social media have become integral parts of our lives. Among the widely used digital media platforms today, WhatsApp stands out as a leading example. Although primarily known as a messaging platform, WhatsApp is used for various purposes, with photo, video, and status sharing being among its most popular features. However, it remains unclear whether the shared information benefits the user or manipulates them. To ensure more efficient use of technology and the protection of individual rights, it is essential to enhance the level of awareness and knowledge. The aim of this study is to examine the reliability of platforms like WhatsApp, which have emerged with the rapid development of digital communication and social media, and to assess situations requiring the protection of users. Beyond its messaging functionality, WhatsApp is utilized for photo, video, and status sharing, yet uncertainties remain regarding how the shared information impacts users and the risks of manipulation associated with this data. The study analyzes WhatsApp's privacy policy within the framework of the general principles of personal data protection laws, investigating how the application collects, uses, and shares user data. Furthermore, it evaluates how the platform ensures user protection under personal data protection legislation.

Keywords – Personal data, social media, digital platform, KVKK

Özet – Teknolojiyle birlikte iletişim araçları çok hızlı bir şekilde gelişmiştir. İletişimin hızla gelişimi ile de dijital iletişim ve sosyal medya hayatımıza girmiştir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan dijital medya platformlarının başında da WhatsApp gelmektedir. Mesajlaşma platformu olarak bilinse de farklı amaçlar içinde kullanılmakta olan WhatsApp'ın en çok kullanılan özellikleri arasında fotoğraf, video ve durum paylaşımı yer almaktadır. Paylaşılan bu bilgilerin kullanıcıya geri dönüşünün yararlı olup olmadığı, kullanıcıyı manipüle mi ettiği bilinmemektedir. Teknolojinin daha verimli kullanımını sağlamak ve bireysel hakların korunmasını temin etmek amacıyla, bilgi düzeyinin artırılması gereklidir.

Bu çalışmanın amacı, dijital iletişim ve sosyal medyanın hızlı gelişimiyle hayatımıza giren WhatsApp gibi platformların güvenilirliğini ve kullanıcıların korunması gereken durumları incelemektir. WhatsApp, mesajlaşma dışında fotoğraf, video ve durum paylaşımı gibi çeşitli özelliklerle kullanılmakta, ancak paylaşılan bilgilerin kullanıcıya nasıl geri döndüğü ve bu bilgilerin manipülasyon riskleri hakkında belirsizlikler bulunmaktadır. Çalışma, kişisel verileri koruma kanununun genel ilkeleri çerçevesinde WhatsApp gizlilik sözleşmesini analiz ederek, uygulamanın kullanıcıların verilerini nasıl topladığı, kullandığı ve paylaştığını incelemektedir. Ayrıca, kişisel verilerin korunması kanunu kapsamında kullanıcıyı nasıl koruduğu değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Kişisel veri, sosyal medya, dijital platform, KVKK

GİRİŞ

İnternet, dijitalleşen günümüzde en yaygın kullanılan iletişim aracı olmuştur. Anlık mesajlaşma, fotoğraf ve video paylaşımı ile de sosyal medya ve dijital platformlar hızla büyümüştür. Son yıllarda akıl almaz bir şekilde kullanma oranlarında artış yaşanmıştır. TÜİK ve bu araştırmaları yapan sosyal medya ajanslarının raporları incelendiğinde son yıllarda hem mobil cihaz kullanımı hem de sosyal medya kullanımının arttığı görülmektedir [2]. İnternet ve dijital ortamlarda yapılan her işlemde dijital ayak izi bırakılır. Yapılan bir paylaşım, video altına yapılan bir yorum, beğeni kullanıcının dijital ayak izidir. Bütün bunları yaparken hak ve sorumluluklarının farkında olunmalıdır.

WHATSAPP VE GİZLİLİK POLİTİKASI

WhatsApp, 2009 yılında kurulmuş 2010 yılında ülkemizde kullanılmaya başlanmış anlık mesajlaşma platformudur [3]. 2014 yılında META şirketleri tarafından satın alınmıştır. Artış oranı her geçen yıl bir önceki yıla göre daha fazla olan WhatsApp, kendini sürekli geliştirerek kullanıcılara yeni özellikler sunmaktadır.

WhatsApp gizlilik sözleşmesi, uygulamanın kullanıcı verilerini nasıl topladığı, sakladığı ve üçüncü şahıslarla nasıl paylaştığına dair bilgi veren bir belgedir [1]. Uygulama yüklenirken onaylanması gereken bu belge, kullanıcıya hangi tür verilerin toplandığını, nasıl işlendiğini ve üçüncü şahıslarla nasıl paylaşıldığını açıkça belirtir. Sözleşme onaylandığında, WhatsApp'ın şartları kabul edilmiş olur ve verilerin işlenmesine izin verilmiş sayılır. Uygulama, kullanıcıdan en basit düzeyde cep telefonu numarasını alırken, ayrıca IP adresi ve konum bilgisi gibi daha fazla veri de toplar. WhatsApp, bu verileri hizmetini iyileştirmek, eksiklikleri gidermek, güvenlik sağlamak ve kullanıcı desteği sunmak gibi amaçlarla kullanır [8].

Mesajlaşma hizmetinde ise uçtan uca şifreleme teknolojisi kullanılmaktadır. Bu özellik, gönderilen içeriklerin yalnızca gönderen ve alıcı tarafından okunabilmesini veya dinlenebilmesini sağlar. Yani, WhatsApp dahil hiçbir üçüncü taraf, iletilen mesajları görüntüleyemez veya dinleyemez [4]. Bunun sebebi, uçtan uca şifrelemenin mesajları bir kilitte güvence altına alması ve bu kilidi açacak özel anahtarların yalnızca gönderen ve alıcıda bulunmasıdır. Uçtan uca şifreleme, otomatik olarak devreye girer ve kullanıcıların herhangi bir ayar yapmasına gerek kalmaz. Ancak, mesajlar alıcıya ulaşmadığında WhatsApp sunucularında bekler ve 30 gün sonra iletilmezse silinir. Bu da mesajların bazı durumlarda okunabilme ihtimalinin olduğu anlamına gelir.

WhatsApp topladığı verileri diğer meta şirketleri ile paylaşmaktadır. Diğer şirketler bu verileri reklam ve pazarlama amaçlı kullanabilir. Kullanıcılar WhatsApp'ta işletme hesapları ile iletişime geçtiğinde ise şirketler bu verileri işletme politikalarına göre işleyerek bu mesajları üçüncü kişilerle paylaşabilirler [5]. Kısacası kullanıcıların paylaştığı verilerin güvenliği, yalnızca platformun sunduğu güvenlik önlemleri ile sınırlıdır. Platformların kullanıcılar için sunduğu haklar ise yasa ve kanunlar ile düzenlenmektedir.

KİŞİSEL VERİLERİ KORUMA KANUNU (KVKK)

İnternet başta olmak üzere gelişen teknoloji ile birlikte dijital ortamlarda yapılan işlemler kişisel verilerin işlenmesini beraberinde getirmektedir. Bu yüzden kişisel verilerin korunması için 2016 yılında kişisel verileri koruma kanunu kabul edilmiştir. Kanunun amacı, kişisel verilerin işlenmesinde özel hayatın gizliliği başta olmak üzere kişilerin temel hak ve özgürlüklerini korumak ve kişisel verileri işleyen gerçek ve tüzel kişilerin yükümlülükleri ile uyacakları usul ve esasları düzenlemektir [6]. Bu kanun ile ad soyad, IP, plaka, TC No vb. bilgiler kişisel veriler olarak kabul edilir. Bu verileri işlemek isteyen kamu ve özel kuruluşlar ilgili kişiden onay almak zorundadır.

WHATSAPP GİZLİLİK SÖZLEŞMESİ VE KVKK

Kişisel veriler işlenirken kanunun dördüncü maddesinin ikinci fıkrasında belirtilen kişisel verilerin işlenmesinde uyulması gereken ilkelerden bahsedilmiştir. Bu ilkeler [6];

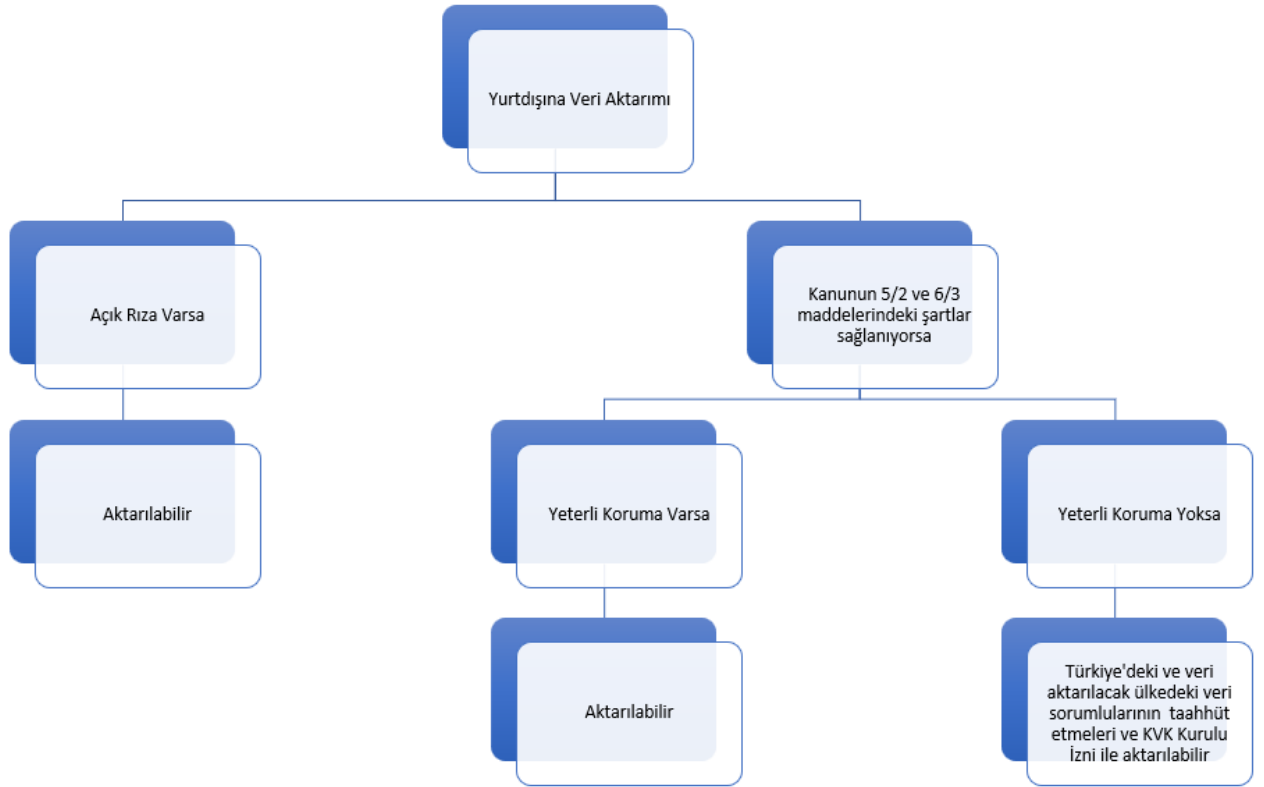
- a) Hukuka ve dürüstlük kurallarına uygun olma.
- b) Doğru ve gerektiğinde güncel olma.
- c) Belirli, açık ve meşru amaçlar için işlenme.
- ç) İşlendikleri amaçla bağlantılı, sınırlı ve ölçülü olma.
- d) İlgili mevzuatta öngörülen veya işlendikleri amaç için gerekli olan süre kadar muhafaza edilme.

Veri işleyen tüm kamu ve özel kuruluşlar bu ilkeleri göz önünde bulundurarak verileri işleyip paylaşabilir. İşlenen bu verilere karşı ilgili kişinin hakları da vardır. Bunlar verinin işlenmesine onay verme, düzeltme, silme ve işlemeyi engelleme hakkıdır [6]. Ancak bu uygulama ve platformları kullanırken kullanıcıların da dikkat etmesi gereken durumlar vardır. Örnek verecek olursak yapacağı paylaşımların hukuka aykırı olup olmadığını bilmeli, tehdit, şantaj ve hakaret içeren mesajlar yazmamalı, özel hayatın gizliliğini ihlal edecek içerikler paylaşmamalı, kişisel bir veri paylaşırken ilgili kişinin açık rızasını almalıdır [10,9].

WhatsApp, yaptığı sözleşme ile kullanıcılarının açık rızasını almaktadır. Kullanıcı, uygulamayı indirip telefonuna kurarken bu sözleşmeyi kabul etmiş olur. WhatsApp, sözleşmesinde kullanıcıdan topladığı verileri açık bir

şekilde listeler, ancak bu durum kullanıcıyı kanunlara karşı savunmasız bırakma riski taşır [7]. Pek çok uygulama gibi, WhatsApp da telefon numarası ve IP adresi gibi verileri otomatik olarak alır. Ayrıca, konum bilgisi de genellikle kullanıcı tarafından sağlanmış olur. WhatsApp, yalnızca gönderici ve alıcı arasında iletişimde bulunan mesajların uçtan uca şifreleme ile güvence altına alındığını ve bu mesajların ne WhatsApp'ın ne de üçüncü şahısların erişimine açık olduğunu belirtmektedir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken bir nokta, iletilmeyen mesajların WhatsApp sunucularında saklanıyor olmasıdır.

Kişisel verileri koruma kanununda yurtdışına aktarım konusunda kesin hükümler olduğundan WhatsApp işlediği verileri yurtdışına doğrudan aktaramaz. WhatsApp kanunun 9. Maddesindeki tüm şartları sağladığı zaman ancak veri paylaşımı yapabilir. Aşağıda kanunun 9. Maddesi daha net anlaşılması için Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Yurtdışına Veri Aktarımı [12]

Şekil 1'de görüldüğü üzere, kanunun 9. maddesi bu şekilde işlemektedir. WhatsApp, yurtdışına veri aktarımı konusunda açık rıza almadığı için doğrudan veri paylaşımı yapamamaktadır. Ancak, kanunun 5. maddesinin ikinci fıkrası ve 6. maddesinin üçüncü fıkrası şartları sağlanıyorsa ve verilerin paylaşıldığı ülkede yeterli koruma önlemleri bulunuyorsa, yurt dışına veri aktarımı yapılabilir.

Yaygın olarak kullanılan dijital medya platformlarından biri olan WhatsApp, kullanıcıların birinin diğerine özel hayatına ait bir fotoğrafı göndermesi ve diğer kullanıcının bu fotoğrafı telefonuna kaydetmesi durumunda, tek başına özel hayatın gizliliği ihlali suçu oluşmaz. Ancak, özel hayata ait bu fotoğrafın izinsiz bir şekilde üçüncü kişilerle paylaşılması suç teşkil etmektedir. Türk Ceza Kanunu'nun 134/2. maddesi uyarınca, bu suç için iki yıldan beş yıla kadar hapis cezası öngörülmektedir [13].

Sonuç olarak, WhatsApp uygulaması, kullanıcıların paylaştığı fotoğraf, video ve diğer içerikler aracılığıyla kullanıcılar hakkında daha fazla veri toplayarak ilgi alanları, hobiler gibi bilgilere ulaşabilir. Bu veriler, kullanıcılar tarafından aleni bir şekilde paylaşıldığı için açık rıza verilmiş olur [11]. Bu durum, kişisel verilerin korunması

kanununun bu veriler üzerindeki yaptırımlarını sınırlamaktadır. Bu nedenle, özel hayatı etkileyebilecek paylaşımlar yapılırken daha dikkatli olunması önemlidir.

KAYNAKÇA

- [1] WhatsApp, "WhatsApp Gizlilik Politikası," WhatsApp, 2024. [Erişim Tarihi: 12.11.2024]. Erişim: https://www.whatsapp.com/legal/privacy-policy?lang=tr_TR.
- [2] Türkiye İstatistik Kurumu, "Hanehalkı Bilişim Teknolojileri (BT) Kullanım Araştırması 2024," TÜİK, 2024. [Erişim Tarihi: 20.11.2024]. Erişim: [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-\(BT\)-Kullanim-Arastirmasi-2024-53492](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-(BT)-Kullanim-Arastirmasi-2024-53492).
- [3] WhatsApp, "WhatsApp Hakkında," Wikipedia, 2024. [Erişim Tarihi: 10.11.2024]. Erişim: <https://tr.wikipedia.org/wiki/WhatsApp>.
- [4] WhatsApp, "Sıkça Sorulan Sorular," WhatsApp, 2024. [Erişim Tarihi: 18.11.2024]. Erişim: https://faq.whatsapp.com/820124435853543/?locale=tr_TR.
- [5] WhatsApp, "Sıkça Sorulan Sorular," WhatsApp, 2024. [Erişim Tarihi: 16.11.2024]. Erişim: https://faq.whatsapp.com/1148840052398648/?locale=tr_TR.
- [6] Kişisel Verileri Koruma Kanunu, Resmî Gazete, 29677, 7.04.2016.
- [7] Duman, Berat. "WhatsApp Veri Paylaşım Politikasının Kişisel Verilerin Korunması Hukuku Kapsamında Değerlendirilmesi (AB Hukuku İle Mukayeseli)." Adalet Dergisi, no. 66 (2021): 543-567.
- [8] Şimşek, Sümeyye. "Yenilenen WhatsApp Gizlilik Politikası Ve Kişisel Verileri Koruma Kurumu İncelemesi." Bilişim Hukuku Dergisi, no. 2 (2021): 1795391.
- [9] Bilir, Faruk. "Kişisel Verilerin Korunması Kişinin Kendisinin Korunmasıdır." Röportör: Sezen Yüce, TRT Akademi Dergisi 06, no. 11 (2021): 172-181.
- [10] Kişisel Verileri Koruma Kurumu, "Açık Rıza Alırken Dikkat Edilecek Hususlar," KVKK, 2024. [Erişim Tarihi: 22.11.2024]. Erişim: <https://www.kvkk.gov.tr/Icerik/2037/Acik-Riza-Alirken-Dikkat-Edilecek-Hususlar>.
- [11] Braun, Cihan Avcı. "Kişisel Verilerin İşlenmesinde Rıza." YÜHFD XV, no. 1 (2018): 13-33.
- [12] İstanbul Maden ve Metal İhracatçıları Birliği, "Kurumsal Kişisel Verilerin Korunması Politikası," IMMIB, 2024. [Erişim Tarihi: 13.11.2024]. Erişim: <https://immib.org.tr/tr/kurumsal-kisisel-verilerin-korunmasi-kisisel-verileri-koruma-politikasi>.
- [13] Türk Ceza Kanunu, T.C. Resmî Gazete, 25611, 12.10.2004.

Artificial Intelligence Supported Mobile Telerehabilitation System

¹*C. KARALI, ²F. TÜRKER, ³B. YILMAZ

^{1,2,3}Konya Technical University, Konya/Türkiye

¹*f211229027@ktun.edu.tr, ²f211229055@ktun.edu.tr, ³byilmaz@ktun.edu.tr

Abstract - Developing technology is radically transforming healthcare, especially through innovative approaches such as telerehabilitation. Telerehabilitation offers a significant opportunity for individuals who have difficulty accessing traditional rehabilitation services by eliminating barriers such as distance, time, and cost, thus making rehabilitation more accessible. The aim of this project is to make the telerehabilitation process more effective and efficient by using artificial intelligence (AI) and image processing technologies. The system to be developed will monitor and analyze patients' exercises and treatments and will enable doctors to remotely ensure that the therapy is applied correctly and efficiently. Gamified treatment programs specifically designed to increase motivation, especially for pediatric patients, will be developed and an engaging and encouraging experience will be provided through positive feedback. All these features will be integrated into a mobile application and made accessible to a wider audience.

The project management plan is divided into five main stages: data collection, preprocessing, classification, model development and training, and integration of the model into the mobile application. In addition, machine learning models will be developed and trained using libraries such as TensorFlow and YOLO algorithms. This project aims to utilize artificial intelligence and image processing technologies to monitor and analyze rehabilitation processes, providing real-time insights for doctors. With remote monitoring, patients can receive treatment in a comfortable environment, while early diagnosis enables timely interventions for possible health problems. In addition, gamified treatment programs will increase patient motivation, and the mobile application will provide accessible remote rehabilitation options for people with disabilities, making the health and rehabilitation experience more effective and enjoyable.

Keywords - Artificial Intelligence (AI), Telerehabilitation, Health, Telehealth, Image Processing

INTRODUCTION

This research project aims to develop an AI-powered mobile telerehabilitation system to make rehabilitation processes for physiotherapy patients and individuals with disabilities more accessible, efficient, and sustainable. The proposed mobile application will enable patients to continue their therapy independently at home while allowing doctors to remotely monitor and analyze their progress using advanced image processing and posture analysis technologies.

By optimizing treatment processes and facilitating early diagnosis, the system will support better health outcomes. Features like gamification aim to engage especially young patients, enhancing their motivation and participation in therapy. Additionally, the application will improve accessibility for individuals with disabilities, reducing logistical barriers and accelerating rehabilitation.

The project also seeks to ease the workload of healthcare professionals and improve patient-doctor communication. With a user-friendly interface and innovative approach, the mobile app is expected to reach a wide audience, making rehabilitation services more prevalent. Success will be measured through user adoption rates, feedback from healthcare professionals, and patient satisfaction, supported by available technological resources and expertise.

LITERATURE REVIEW

Rehabilitation is a process that includes services such as assessing, monitoring, intervention, and coaching to address functional limitations that emerge with the aim of improving an individual's quality of life [1]. It involves educational and therapeutic processes to address physical limitations arising from temporary or chronic health problems. Its primary goal is to help individuals achieve the highest possible level of independence during work, education, and recreational activities and to enhance their daily living activity levels. However, the length and cost of the rehabilitation process can make achieving these goals challenging. Factors such as location, time, finances, and access to technology are just some of the constraints affecting access to healthcare services [2,3]. Historically, home healthcare services have been provided worldwide through volunteers, social welfare organizations, almshouses, public or private hospitals, and healthcare centers, particularly among trained families [4]. Considering that health is evaluated as a state of physical and mental well-being, these services become even more significant. In Maslow's hierarchy of needs, health is considered a

fundamental step [5], while the use of technology in the healthcare sector has become a crucial tool for monitoring patients, diagnosing diseases, and planning treatments. However, even before the COVID-19 pandemic, the increasing elderly population and chronic diseases worldwide began to place significant pressure on healthcare systems. This situation has further emphasized the importance of providing healthcare services at home, as well as developing alternative and complementary methods [6].

Telerehabilitation, a subset of telehealth, refers to the provision of healthcare services through information and communication technologies. This concept emerged in 1997 with the establishment of the Rehabilitation Engineering Research Center under the National Institute on Disability and Rehabilitation Research, affiliated with the U.S. Department of Education [7]. Telerehabilitation aims to deliver rehabilitation services to patients and clinicians by reducing barriers such as distance, time, and cost through the use of information and communication technologies. This method enables patients who cannot access traditional rehabilitation services due to geographical, economic, or physical constraints to benefit as well. In this way, individuals can meet their rehabilitation needs more effectively, and barriers to accessing these services can be overcome. Community-based resources, home healthcare services, and volunteer support can also contribute to the successful implementation of telerehabilitation. This approach allows rehabilitation to reach a broader audience and addresses individuals' health needs more effectively [8]. Telerehabilitation eliminates the problem of distance, providing an effective solution for individuals living in remote areas, those with limited access to specialists, those facing difficulties with transportation, or those unable to visit rehabilitation centers due to pandemics [64]. This method strengthens home healthcare services for patients who do not sufficiently benefit from traditional rehabilitation services. It ensures the sustainability of rehabilitation by overcoming the challenges of exercising at home, especially for patients whose treatment has ended [9].

The use of telerehabilitation also provides cost savings in healthcare expenditures. Reducing travel time in home care services allows therapists to serve more patients and helps lower costs [10]. As a result, barriers to accessing healthcare services are removed, and more people are provided with effective rehabilitation opportunities. In this context, the use of technology continues to play an important role in delivering healthcare services to society over extended periods [11]. Technologies such as **image processing and analysis** play a critical role in medical diagnosis, treatment planning, surgical interventions, patient monitoring, and many other healthcare applications. Image processing is defined as a method for analyzing pictorial information [12], while image analysis involves obtaining numerical data suitable for statistical analysis from these images. Image processing is considered one of the first applications of artificial intelligence [13], and artificial intelligence is closely related to image processing [14].

Artificial intelligence (AI) is an approach based on simulating the functions of the human brain through machine systems. AI has a long history, but it remained theory-based until the 2000s due to insufficient computer hardware [15]. Recently, the development of high-performance processors and graphics processors has led to numerous AI applications [16]. Machine learning and deep learning algorithms, which are applications of AI, have motivated many studies in literature [17].

This project focuses on telerehabilitation. The study aims to address challenges in the rehabilitation process by leveraging advanced AI and image processing technologies to provide a modern approach. To overcome challenges such as the length and cost of traditional rehabilitation processes, the project integrates modern technologies to deliver more effective home healthcare services. The use of technology in healthcare aims to make treatment and monitoring processes more flexible for patients while ensuring greater accessibility to home-based rehabilitation. Unlike other studies, we plan to utilize AI and image processing algorithms to obtain detailed data on patients' posture and movement analysis.

This project involves developing a **rehabilitation monitoring and analysis system** that uses AI and image processing technologies. This system is designed to monitor and analyze patients' exercises and treatments. The analysis results are shared with doctors and patients. Doctors can use this data to verify whether remote treatment is being applied correctly and efficiently. Additionally, posture and movement analyses can help identify potential health problems early. For children, gamified therapy programs designed to enhance motivation provide a positive experience through encouraging feedback. The system also offers remote rehabilitation opportunities for individuals with disabilities. By integrating all these features into a mobile application, more people can access this service. This mobile application aims to make the healthcare and rehabilitation experience more effective and enjoyable.

Research questions and hypotheses:

- How accurately can physical therapy and rehabilitation patients perform their remote treatments?
- How can we make it easier and more accessible for doctors to monitor patients?
- Can we use image processing and AI technologies to detect diseases affecting individuals' physical conditions

early?

- How can we make physical therapy for children and individuals with disabilities more efficient?

The mobile application-based rehabilitation monitoring and analysis system, integrated with image processing and AI technologies, aims to more effectively track patients' treatment processes. This system specifically seeks to improve remote treatment methods, enabling doctors to closely monitor patients' conditions and enhancing patient motivation with entertaining gamified therapy programs. The successful implementation of this system will help patients undergo their rehabilitation processes more quickly and efficiently, ensure early diagnosis of physical disorders, and increase participation in therapy for children through engaging gamified therapy programs.

Today's rehabilitation processes can reduce patient motivation and commitment to treatment due to their repetitive and tedious nature [18]. Additionally, factors such as time and cost can make attending sessions challenging, necessitating home-based rehabilitation for many [19]. This project's goal is to make home-based treatments more effective for both patients and doctors. Like other sectors, various studies have been conducted by researchers to improve service processes in healthcare alongside technological advancements. These studies aim to bridge the gap between information seekers and providers in healthcare services. Research focuses include automatic disease extraction (ADE), medical terminology determination, biomedical image processing, authentication, and data security [14,20].

This research, in line with other studies, aims to facilitate information exchange between patients and doctors, focusing on topics such as early disease detection and health image processing analysis. The fundamental technologies used in this study—image processing and AI—play a crucial role in the diagnosis and analysis of diseases in healthcare services. These technologies provide significant convenience for doctors in disease diagnosis and analysis, speeding up the decision-making process [21]. Especially in physiotherapy and rehabilitation treatments, image processing methods, such as **Haar-like features, Random Forest, K-Nearest Neighbor, and Kalman Filter**, are effectively used [23,24]. The healthcare sector has seen three key developments in image processing: the emergence of extensive databases, the increased use of computational systems for complex image analysis and machine learning, and the expansion of analysis opportunities through machine learning techniques [25].

Despite many studies, there remains a need for new developments in the field of image processing in healthcare services [26]. However, with these advancements, solutions to issues such as quantitative measurement, interpretation, classification, enhancement, and correction of image features can be found [27]. According to Weese and Lorenz [28], there are various challenges in image processing in healthcare services, including specialized imaging technology, the development of machine learning techniques, the emergence of new algorithms, and the analysis of heterogeneous image data. It is also important not to overlook issues related to data quality and standardization.

For image processing in healthcare, sub-disciplines of AI, such as machine learning, are increasingly being used as health sector image formats become more digitalized [30]. AI technology has rapidly developed in recent years and has provided benefits in many critical sectors, including healthcare [31,32,33]. Using methods such as machine learning and deep learning, healthcare professionals adopt new approaches in processes like diagnosis, treatment, rehabilitation, and health maintenance. These methods facilitate cost and healthcare professional efficiency for healthcare institutions. In recent years, more than 30,000 studies have been conducted in AI and healthcare, with intense efforts ongoing in university-hospital collaborations, public-private partnerships, and R&D laboratories [5]. AI helps enhance patient diagnoses, improve prevention and treatment, increase cost efficiency, and contribute to the goal of providing equal access and treatment for all [34,35].

AI has various applications in healthcare, including classification, prediction, clustering, and decision-making [36]. It provides extensive information that allows healthcare personnel and patients to make accurate and informed decisions about treatment plans [37]. This technology can precisely analyze various physiological issues patients may experience and provide instant information for cases requiring rapid intervention [38]. Researchers envision three scenarios for AI's future in healthcare services [39]: eliminating the need for doctors, reducing doctors' workloads through AI, and lowering healthcare costs, with AI making clinically better decisions than doctors [40]. While AI has been used for over half a century in many areas [41,42,43], its success in healthcare services has been limited [44]. This limitation is attributed to AI's need for high-quality, precise, and reliable e-data to guide algorithm development and the lack of access to electronic data (e-data) [45].

To make AI more effective and efficient in healthcare services, greater access to reliable e-data is necessary. Like other sectors, the unique demand in healthcare, along with advances in processing power and storage technology, highlights the potential of AI beyond human and traditional methods due to the rapid growth of data volume [46]. Compared to traditional statistical methods, machine learning stands out in terms of flexibility and scalability [47]. These

collaborations, which began in the past, continue to accelerate today [48]. Experts predict that with AI adoption, technological progress will hold significant economic potential, reaching \$15.7 trillion globally by 2030 and \$150 billion for the healthcare sector by 2026 [46,49].

METHODOLOGY

The project consists of five main stages. The first stage is data collection. At this stage, images and videos of exercises from physical therapy and rehabilitation patients are collected. Necessary datasets for the early diagnosis of certain diseases are created and augmented using various techniques. The second stage is preprocessing. In this stage, the collected data is processed in a digital environment using image processing methods, where OpenCV technology is frequently employed. The next stage is classification. Here, the processed data is classified for machine learning purposes, utilizing the Teachable Machine platform. Another stage involves model creation and training. At this stage, an AI and machine learning-based trainable model is created using the processed images, and the model is subsequently trained with input data. The fifth and final stage is integrating the final model into a mobile application. In this stage, the model obtained after four stages is integrated into a mobile application to allow users to access it conveniently from anywhere.

1. Image Processing and Analysis

Image processing is a research area focused on developing algorithms that operate on digitized images. It covers a wide range of fields, from signal enhancement to image understanding. The image processing method consists of five main steps: acquisition, preprocessing, segmentation, definition, and interpretation. Each step involves interaction with a database [11]. In this project, image processing methods play a critical role in achieving the goal of monitoring and analyzing rehabilitation processes using AI and image processing technologies.

• OpenCV

OpenCV is a versatile open-source image processing library developed by Intel in 1999 for real-time applications. It supports several programming languages, including C, C++, Python, and Java, and operates seamlessly across various platforms, including mobile and desktop. OpenCV is designed to accelerate and optimize image processing tasks, making it ideal for real-time applications. It offers several functions and filters for operations like noise reduction, contrast enhancement, and brightness adjustment.

Some of the usage areas of OpenCV include:

- Motion tracking
- Detection of body parts like face, eyes, mouth, and nose
- Object recognition
- Motion detection in videos
- Applications in mobile robots and augmented reality

The OpenCV library consists of four main components: CV, MLL, HighGUI, and CXCore [51]:

- **CV:** Contains image processing and high-level image processing algorithms.
- **MLL:** Includes machine learning commands with various statistical classifiers and clustering tools.
- **HighGUI:** Manages I/O operations and functions for saving and loading videos and images.
- **CXCore:** Includes fundamental data structures and features for tasks like drawing images.

For the necessary operations in this study, Python was chosen as the programming language due to its open-source nature, platform independence, and strong capabilities in image processing. Python's extensive library support and its suitability for data science tasks are additional reasons for its selection. The NumPy package will be utilized, and the PyCharm Community Edition IDE, a commonly used Python development environment developed by JetBrains, will be employed.

2. Artificial Intelligence and Machine Learning

Artificial intelligence (AI) refers to the capability of a computer or a computer-controlled robot to perform tasks usually associated with intelligent beings. This concept is often used to develop systems equipped with human-like cognitive abilities, such as reasoning, discovering meaning, generalizing, or learning from past experiences. In the early 1950s, Alan Turing's question, "Can machines think?" introduced the concept of machine learning, while the term "Artificial Intelligence" was first used by John McCarthy during the "Dartmouth Conference," the first AI conference held in 1956 [52].

AI technologies encompass various devices capable of perceiving their environment and exhibiting behaviors that maximize their chances of success toward a specific goal. These technologies include machine learning, deep learning, rule-based systems, and natural language processing.

Machine Learning

Machine learning, a sub-discipline of AI, involves the application of statistical models to data using computers. It focuses on training machines to analyze data like humans, aiding the development of AI systems. Machine learning enables AI to process data for decision-making and predictions. Instead of solely programming algorithms, machine learning employs training sets of example data and results to build models that allow machines to make predictions [55].

Types of machine learning models:

- Supervised learning
- Unsupervised learning
- Semi-supervised learning
- Reinforcement learning

An advanced stage of machine learning, deep learning, mimics the neural network structure of the brain. It enables machines to analyze relationships within layered data and create their algorithms for new situations. Deep learning makes various tasks possible, such as facial and voice recognition or medical image analysis [56].

Libraries Used in Machine Learning

1. **Scikit-learn:** A widely used Python package for machine learning, consisting of simple and effective tools for data mining and analysis. Built on popular Python libraries like NumPy, SciPy, and matplotlib, Scikit-learn is suitable for beginners and simpler data analysis tasks.
2. **TensorFlow:** An open-source software library developed by Google, focused on training and inference of deep neural networks. It supports a wide range of programming languages and tasks, including linear regression and convolutional neural networks [58, 59].
3. **PyTorch:** A Python library for creating deep learning models using GPU acceleration. Developed by Facebook's AI lab, PyTorch is known for its flexibility and speed and is often considered an alternative to TensorFlow. Examples of its use include word-level language modeling, time series prediction, and training image classifiers [57].

Yolo Algorithm

Yolo (You Only Look Once) is an object detection algorithm developed in recent years, widely used in real-time image processing. Yolo performs object detection by applying a single Convolutional Neural Network (CNN) to the image, dividing the image into grids, and calculating bounding boxes and associated confidence scores for each grid. These bounding boxes are analyzed using the predicted confidence scores [60]. Yolo is significantly faster than other object detection algorithms, processing images at approximately 40-90 FPS (frames per second), making it highly efficient for real-time applications.

Teachable Machine Platform

Teachable Machine is a platform developed by Google as part of an artificial intelligence and learning project. It is commonly used for object classification and recognition tasks. The platform enables users to create simple machine learning models using their own image, audio, or text data. Teachable Machine utilizes TensorFlow, a machine learning library, in the background for training and generating models. Users can easily create datasets with images captured from their webcam and produce models without any coding. In this project, Teachable Machine will be specifically employed during the classification stage [61].

3. Mobile Application Development

Flutter is a framework that can be used to develop mobile, desktop, and web applications. As a cross-platform framework, it allows developers to create applications for both iOS and Android. Developed by Google, Flutter is an open-source UI software development kit that is particularly well-suited for building mobile applications. In Flutter, the user interface (UI) and business logic are written using the Dart programming language.

Flutter provides Material Design and Cupertino widget libraries to create UI elements using Dart. Dart, also developed by Google, is a programming language designed for browser-based and mobile application development. It shares structural similarities with languages such as C++, Java, and JavaScript.

In Flutter, the application's business logic is implemented using classes and functions written in Dart. To manage the UI's state, Flutter provides StatefulWidget and StatelessWidget widgets [62, 63].

CONCLUSION

This study demonstrates the successful integration of artificial intelligence (AI) and image processing technologies in mobile telerehabilitation, presenting a modern approach to address existing challenges in traditional rehabilitation practices. By leveraging the capabilities of AI, the proposed system enables accurate monitoring and analysis of physical therapy exercises, ensuring enhanced accessibility and effectiveness in treatment.

Key findings include the optimization of hyperparameters such as batch size and epoch values, which critically influence model performance and generalization capabilities. Specifically, the study highlights the impact of these parameters in the classification of yoga poses using the TechEmbble Machine platform. Five distinct yoga poses—Warrior 2, Tree, Plank, Goddess, and Downdog—were classified with varying performance levels depending on batch size and epoch values. A batch size of 32 and 100 epochs provided the best balance between stability and accuracy, while the Goddess pose demonstrated challenges due to class imbalance.

The introduction of gamified treatment modules further underscores the system's adaptability, particularly for pediatric and differently-abled users, by boosting engagement and adherence to therapy routines. Additionally, data augmentation techniques were suggested to address imbalances in class representation, improving generalization for underrepresented poses like the Goddess.

The results validate the hypothesis that AI-powered tools, when effectively implemented, can bridge gaps in healthcare access, especially in remote or resource-limited settings. Moreover, the study reinforces the potential of AI in early diagnosis, enabling timely intervention and improving overall health outcomes.

The integration of this AI-based system into a mobile application not only democratizes access to rehabilitation services but also paves the way for future innovations in digital health. While the findings are promising, the model's performance in real-world scenarios and diverse user conditions warrants further investigation to ensure robustness and scalability.

DISCUSSION

The implications of this study extend beyond the immediate scope of telerehabilitation, highlighting the transformative potential of AI in healthcare. The ability to monitor and analyze patient movements through AI-driven image processing sets a precedent for other medical applications, such as surgical planning, diagnostic imaging, and personalized treatment strategies.

The study provides valuable insights into the role of hyperparameters like batch size and epoch values in determining model performance. Smaller batch sizes introduced variability, which occasionally hindered accuracy, while larger batch sizes offered stability but struggled with underrepresented classes. A batch size of 32 emerged as the most balanced, yielding optimal accuracy for the Tree pose (1.00) while maintaining reasonable performance for the Goddess pose (0.61). Similarly, epoch values showed diminishing returns beyond 100 epochs, with risks of overfitting observed at 150 epochs. Early stopping techniques and adaptive parameter tuning were identified as potential strategies to further refine model training.

The integration of gamification into the rehabilitation process marks another innovative aspect of this project. By addressing motivational challenges inherent in repetitive therapy routines, the system ensures better patient compliance, particularly among younger and differently-abled demographics. Positive feedback loops within the gamified modules enhance engagement and foster psychological well-being—a critical yet often overlooked aspect of physical rehabilitation.

However, the study is not without limitations. The controlled dataset used for yoga pose classification, while effective for initial training, may not represent the diversity of real-world conditions. Challenges such as varying lighting, occlusion, and patient compliance during exercise execution highlight the need for further validation in diverse environments. Additionally, the underperformance of the Goddess pose underscores the necessity for data augmentation and broader dataset collection to improve class representation.

Future research should focus on incorporating adaptive learning mechanisms that dynamically adjust to varying user conditions and environments. Advanced augmentation techniques and the inclusion of more diverse datasets will be crucial for enhancing model generalization. Testing the system in real-world scenarios will also validate its applicability beyond the laboratory setting.

The socio-economic benefits of such a system are profound. By reducing dependency on in-person therapy sessions, the system alleviates logistical burdens and associated costs, making rehabilitation more accessible to

underserved populations. Furthermore, the early diagnostic capabilities of the system can significantly reduce long-term healthcare costs associated with delayed treatments.

In conclusion, this study reaffirms the critical role of AI in revolutionizing healthcare delivery. The optimization of hyperparameters like batch size and epochs, combined with innovative elements such as gamification and AI-powered analysis, lays the groundwork for subsequent advancements in telerehabilitation and other AI-driven medical technologies, ensuring a more inclusive and efficient healthcare ecosystem.

REFERENCES

- [1] Tümer, M., & Öztürk, A. (2022). Rehabilitasyon. *Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi*, 32(1), 1-13.
- [2] Ganapathy, K. (2021). Telerehabilitation: An Overview. *Telehealth and Medicine Today*, 6(4). doi:10.30953/tmt.v6.285
- [3] Tenforde, A.S., Hefner, J.E., Kodish-Wachs, J.E., Iaccarino, M.A., & Paganoni, S. (2017). Telehealth in Physical Medicine and Rehabilitation: A Narrative Review. *PM R*, 9(5S), S51-S8.
- [4] World Health Organization. (2008). Home Care in Europe: The Solid Facts. Milan, Italy.
- [5] Akalın, B. & Veranyurt, Ü. (2020). SAĞLIKTA DİJİTALLEŞME VE YAPAY ZEKÂ . *SDÜ Sağlık Yönetimi Dergisi* , 2 (2) , 128-137. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sdusyd/issue/60581/842035>
- [6] Hailey, D., Roine, R., Ohinmaa, A., & Dennett, L. (2011). Evidence of benefit from telerehabilitation in routine care: a systematic review. *Journal of Telemedicine and Telecare*, (6), 281-287.
- [7] Winters, J. M. (2002). Telerehabilitation research: emerging opportunities. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 4(1), 287-320.
- [8] Subaşı, F., Tekin, A., Kemal, Ç., Serdaroğlu, Ş., Baydere, S., Emir, A., & Tarakcı, D. (2022). Sağlıkta Dijitalleşme ve Rehabilitasyon. Ankara, Türkiye: Türkiye Klinikleri.
- [9] Kahraman, T. (2020). Coronavirüs Hastalığı (COVID-19) Pandemi ve Telerehabilitasyon. *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 5(2), 87-92. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ikcusbfd/issue/55773/737791>
- [10] Ullberg, T., Zia, E., Petersson, J., & Norrving, B. (2016). Perceived unmet rehabilitation needs 1 year after stroke: An observational study from the Swedish stroke register. *Stroke*, 47(2), 539-541.
- [11] Başaran, Z. & Elbasan, B. (2023). FİZİYOTERAPİ VE REHABİLİTASYONDA GÜNCEL YAZILIMTEKNOLOJİSİ: GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİ . *Gazi Sağlık Bilimleri Dergisi* , 8 (2) , 79-88 . DOI:10.52881/gsbdergi.1265642
- [12] Aytan, A. E., Öztürk, Y., & Ögeve, E. K. (1993). Görüntü İşleme. *İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Dergisi*, 273.
- [13] Torkul, O., Gülseçen, S., Uyaroglu, Y., Çağıl, G., & Uçar, K. M. (2017). Mühendislikte Yapay Zekâ ve Uygulamaları. *Sakarya Üniversitesi Kütüphanesi Yayinevi: Sakarya*.
- [14] İnce, Ö., Şenel, İ. K., & Yılmaz, F. (2020). Image Processing and Analysis in Health: Advantages, Challenges, Threats and Examples. *Arc Health Sci Res*, 7(1), 66-74.
- [15] Yıldız Z. , Başkurt F. , Süzen A. A. İnsan Yürüyüşünün Yapay Zekâyla Sınıflandırılması: Sistemik Bir Gözden Geçirme. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*. 2021; 12(1): 110-116.
- [16] Mitchell, R. S., Michalski, J. G., & Carbonell, T. M. (2013). *An Artificial Intelligence Approach*. Springer.
- [17] Rajkomar A, Dean J, Kohane I. Machine learning in medicine. *New England Journal of Medicine*. 2019;380(14), 1347-1358.
- [18] Martins, T. (Yayın yılı). Application for Physiotherapy and Tracking of Patients with Neurological Diseases – Preliminary Studies.
- [19] Rusli, N.Q.A.M., Zulkifley, M.A., Hussain, A., & Mustafa, M.M. (Yayın yılı). Fizyoterapide görüntü işleme teknikleri: Kısa bir inceleme. In 2015 IEEE 11. Uluslararası Sinyal İşleme ve Uygulamaları Konferansı (CSPA) (s. 95-99). Doi: 10.1109/CSPA.2015.7225625.
- [20] Weese, J., & Lorenz, C. (2016). Four challenges in medical image analysis from an industrial perspective. *Medical Image Analysis*, 33, 44-49.
- [21] Razzak, M. I., Naz, S., & Zaib, A. (2017). Deep Learning for Medical Image Processing: Overview, Challenges and the Future. In *Lecture Notes in Computational Vision and Biomechanics* (pp. 323–350). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65981-7_12
- [22] Samsudin, W.S.W., & Sundaraj, K. (2012). Image processing on facial paralysis for facial rehabilitation system: A review. In 2012 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (s. 259-263). doi:10.1109/ICCSCE.2012.6487121.
- [23] Joukov, V., Karg, M., & Kuli, D. (2014). Online Tracking of the Lower Body Joint Angles using IMUs for Gait Rehabilitation. In *Proceedings Title of the Conference* (s. 2310-2313).
- [24] Welch, G., & Bishop, G. (2006). An Introduction to the Kalman Filter. In *Proceedings Title of the Conference* (s. 1-16).
- [25] Rueckert, D., Glocker, B., & Kainz, B. (2016). Learning Clinically Useful Information from Images: Past, Present and Future. 13, 13-8.
- [26] Ahad, M. A. R., Kobashi, S., & Tavares, J. M. R. (2018). Advancements of Image Processing and Vision in Healthcare. *J Healthc Eng*, 2018, 8458024.

- [27] Thirumaran, D.J., & Shylaja, S. (2015). Medical Image Processing-An Introduction. *International Journal of Science and Research*, 4.
- [28] Weese, J., & Lorenz, C. (2016). Four challenges in medical image analysis from an industrial perspective. *Medical Image Analysis*, 33, 44-49.
- [29] Eltoukhy, M., Asfour, S., Thompson, C., & Latta, L. (2012). İnsan hareketinin dijital video analizi performansının değerlendirilmesi: Dartfish izleme sistemi. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 3(3), 1-6.
- [30] Atlan, F., & Pence, I. (2021). Yapay zekâ ve tıbbi görüntüleme teknolojilerine genel bakış. *Acta Infologica*, 5(1), 207-230.
- [31] Minz, A., & Mahobiya, C. (2017). MR image classification using ad boost for brain tumor type. *The IEEE 7th International Advance Computing Conference*, 701-705.
- [32] Ribbens, A., Hermans, J., Maes, F., Vandermeulen, D., & Suetens, P. (2014). Unsupervised segmentation, clustering, and group-wise registration of heterogeneous populations of brain MR images. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 33(2), 201-224.
- [33] Strachna, O., & Asan, O. (2020). Reengineering clinical decision support systems for artificial intelligence. *IEEE International Conference on Healthcare Informatics*, 1-3.
- [34] Pee, L. G., Pan, S. L., & Cui, L. (2018). Artificial intelligence in healthcare robots: A social informatics study of knowledge embodiment. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 70(4), 351-369. <https://doi.org/10.1002/asi.24145>
- [35] Sunarti, S., Fadzlul Rahman, F., Naufal, M., Risky, M., Febriyanto, K., & Masnina, R. (2021). Artificial intelligence in healthcare: opportunities and risk for future. *Gaceta Sanitaria*, 35, S67-S70. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.12.019>
- [36] Jiang F, Jiang Y, Zhi H, Dong Y, Li H, Ma S ve ark. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and vascular neurology*. 2017; 2(4), 230-243.
- [37] Deng, Y. (2019). A new framework to reduce doctor's workload for medical image annotation. *IEEE Access*, 7, 107097-107104.
- [38] Nadimpalli, M. (2017). Artificial intelligence risks and benefits. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 6(6).
- [39] Neves, M.R., & Marsh, D.W.R. (2019). Modelling the impact of AI for clinical decision support. In D. Riaño, S. Wilk, & A. ten Teije (Eds.), *Artificial Intelligence in Medicine, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 11526, Springer International Publishing, Cham, 292-297.
- [40] Sahni, N.R., Stein, G., Zimmel, R., & Cutler, D.M. (2023). The potential impact of artificial intelligence on healthcare spending. In *The Economics of Artificial Intelligence: Health Care Challenges*, University of Chicago Press.
- [41] Wahl, B., Cossy-Gantner, A., Germann, S., & Schwalbe, N.R. (2018). Artificial intelligence (AI) and global health: how can AI contribute to health in resource-poor settings? *BMJ Glob. Health*, 3(4), Article e000798.
- [42] Hajkowicz, S., Sanderson, C., Karimi, S., Bratanova, A., & Naughtin, C. (2023). Artificial Intelligence Adoption in the Physical Sciences, Natural Sciences, Life Sciences, Social Sciences and the Arts and Humanities: A Bibliometric Analysis of Research Publications from 1960-2021. *Technol. Soc.*, Article102260.
- [43] Hoffmann, C.H. (2022). Is AI intelligent? An assessment of artificial intelligence, 70 years after Turing. *Technol. Soc.*, 68, Article 101893.,
- [44] Bohr, A., & Memarzadeh, K. (2020). Chapter 2 - the rise of artificial intelligence in healthcare applications. In A. Bohr & K. Memarzadeh (Eds.), *Artificial Intelligence in Healthcare*, Academic Press, pp.25-60.
- [45] Yang, X., Wang, Y., Byrne, R., Schneider, G., & Yang, S. (2019). Concepts of artificial intelligence for computer-assisted drug discovery. *Chemical Reviews*, 119(18), 10520-10594.
- [46] Szczepan, M. (2019). Economic impacts of artificial intelligence (AI). *European Parliament Research Service*.
- [47] Ngiam, K. Y., & Khor, W. (2019). Big data and machine learning algorithms for health-care delivery. *The Lancet Oncology*, 20(5), e262-e273.
- [48] Atasever, S., Azgınoğlu, N., & Terzi, R. (2021). Sağlıkta Yapay Zekâ Kullanımı.
- [49] Bora, P. (2019). 27 Companies Changing Health Outcomes Through AI <https://www.digitalauthority.me/resources/artificial-intelligence-in-healthcare>.
- [50] Eldem, A., Eldem, H., & Palalı, A. (2017). Görüntü İşleme Teknikleriyle Yüz Algılama Sistemi Geliştirme Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6(2), 44-48.
- [51] Eldem, A., Eldem, H., & Palalı, A. (2017). Görüntü İşleme Teknikleriyle Yüz Algılama Sistemi Geliştirme. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6(2), 44-48. doi:10.17798/bitlisfen.333984
- [52] Çevrim İçi Ansiklopedi (Britannica): Yapay Zekâ <https://ddo.link/artificial-intelligence> .
- [53] Nilsson, N.J. (Yayın yılı). Yapay Zekâ Geçmişi ve Geleceği. Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi.
- [54] Hoşgör, H., & Güngördü, H. (2022). Sağlıkta Yapay Zekanın Kullanım Alanları Üzerine Nitel Bir Araştırma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 395-407.
- [55] Bishop, C. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer-Verlag.
- [56] Schmidhuber, J. (2015). Deep learning in neural networks: An overview. *Neural Networks*, 61, 85-117.
- [57] Alıcılar, H. E., & Çöl, M. (2021). Halk Sağlığında Yapay Zekanın Kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 47(1), 151-158. doi:10.32708/uutfd.891274
- [58] Abadi, M. (2016). "TensorFlow: A System for Large-Scale Machine Learning" (PDF).
- [59] Google. (2015). TensorFlow: Open source machine learning. Retrieved from <https://www.tensorflow.org/> (Archived on December 15, 2016; Accessed on Nov 8, 2023).

- [60] Shinde, S., Kothari, A., & Gupta, V. (2018). YOLO based Human Action Recognition and Localization. *Procedia Computer Science*, 133, 831-838.
- [61] Teachable Machine resmi web sitesi. (2023, Kasım 8). <https://teachablemachine.withgoogle.com/faq>
- [62] Dart Resmi Web Sitesi. (2023, Kasım 8). <https://dart.dev/>
- [63] Google. (2023, Kasım 8). Flutter. <https://flutter.dev/>
- [64]: Dean, S. G., Smith, J. A., Payne, S., & Weinman, J. (2005). Managing time:

A Brain-Computer Interface Framework for EEG-Based Cognitive State Classification

^{1*}M. M. BİŞGİN, ²İ. DEMİR, ³B. YILMAZ

^{1,2,3}Konya Technical University, Konya/Turkey

^{1*}mecitmert003@gmail.com, ²demirirem.0202@gmail.com, ³byilmaz@ktun.edu.tr

Abstract - Electroencephalography (EEG) has become a critical tool for studying brain activity, offering insights into cognitive processes and neural states. This study explores the classification of cognitive states during diverse tasks, including reading, problem-solving, and social media browsing. EEG data was collected from 32 participants (15 females, 17 males) under four conditions: baseline (eyes closed), reading, problem-solving, and social media browsing. Features such as Hjorth parameters, band power ratios, and entropy measures were extracted to analyze time-domain, frequency-domain, and statistical characteristics of neural signals.

Machine learning models, including Random Forest, Support Vector Machines, and Neural Networks, were employed to classify these states. Neural Networks achieved the highest accuracy (90% for problem-solving tasks), contributing to an average classification accuracy of 85% across all tasks. Statistical analyses revealed distinct neural patterns, with increased beta-band activity and Hjorth complexity during problem-solving and higher entropy in social media browsing tasks.

The findings emphasize the potential of EEG as a scalable, non-invasive tool for cognitive state monitoring and applications in education, healthcare, and adaptive human-computer interaction. Despite challenges like small sample size and artificial task designs, the study provides a foundation for future work in real-world EEG-based cognitive monitoring systems.

Keywords - Brain computer interface, EEG analysis, Machine learning applications, EEG, Cognitive State Analysis, Machine Learning, Hjorth Parameters, Band Power Ratios, Entropy Measures

INTRODUCTION

Brain science has become an important field of study to clarify the unknowns in life and to causally explain our habits with developing biomedical technologies [1]. Analysis of brain electrical activity is one of the main areas of interest in brain science [2]. Developed by Hans Verger in 1924 [3], the Electroencephalogram (EEG) is a technology that allows the electrical activity in the brain to be recorded over time and plays a critical role in understanding neurological processes. EEG is widely used in areas such as diagnosis of neurological diseases such as epilepsy, brain inflammation, Alzheimer's, brain tumors and sleep disorders, human-computer interaction, psychological tendencies and analysis of cognitive processes [4]. In particular, determining the concentration and attention levels of individuals is an interesting research topic in the fields of education, psychology, advertising, health and neuroscience [5].

In this study, brain activities of individuals during different tasks were analyzed using EEG signals and the relationship between these activities and concentration levels was examined. Data were collected from individuals in four different situations. These situations were; eyes closed, which is the neutral cognitive state of the brain [6], the participant's silent reading of a text in his/her native language, solving a math question and browsing on social media. Four two-minute recordings were taken from each participant. The raw EEG data collected were first analyzed in the frequency domain and meaningful features were extracted [7].

While the recording taken with eyes closed aimed to observe the neutral cognitive state of the person, it was aimed to make determinations specific to the person by focusing on signal differences with other situations. Attention was drawn to the differences in cognitive status in reading a text and solving a math question.

Recording while browsing on social media was done in order to investigate the participant's unconscious state with neuroimaging [8], contrary to the tradition of leaving the data to be obtained to the participant's conscious level, which is a deficiency and limitation of conventional research methods on the effect of social media on the human brain. In the current literature, EEG-based concentration analysis studies are usually based on limited feature sets or are limited to classical machine learning methods [9]. However, the use of deep learning algorithms allows to better understand the complex structure of EEG signals and to achieve higher classification performance [10]. In this context, our study both proposes a deep learning-based approach and provides a new perspective on determining concentration levels. This paper aims to present the data collection methods used, signal processing and analysis techniques, the performance of

the classification models and the obtained findings in detail. In addition, important conclusions were made about the interpretation of the results and application areas.

MATERIAL AND METHOD

This study included 15 women and 17 men between the ages of 20-25. Each participant was recorded while performing four separate tasks of two minutes each. These were: eyes closed, reading text, solving math problems, and browsing social media. Brain signals were recorded using a mobile EEG device during all four conditions to monitor real-time neural activity related to attention and cognition.

Participants

A total of 32 healthy individuals (15 males, 17 females) participated in the study. All participants provided informed consent and had no known neurological disorders.

Recording Device

In this study, the Neurosky Mindwave device was selected as the primary tool for EEG data collection. The Neurosky Mindwave is a single-channel EEG device that can monitor attentional focus and sleep patterns by detecting neural oscillations and eye movements. This device features a grounding electrode placed above the ear and a sensor placed in the center of the forehead, providing a non-invasive setup that is ideal for young participants. The device records EEG data at a 512 Hz output frequency and includes a proprietary algorithm that measures attention levels on a scale of 0 to 100. One of the main reasons we chose the Neurosky Mindwave was its lightweight design and single-electrode configuration, minimizing potential discomfort for participants. The EEG device and cochlear implant operate independently; while the cochlear implant emits minimal electromagnetic interference, the spatial separation of the Neurosky Mindwave's electrode effectively prevents significant interference. Additionally, the shared grounding loop between the EEG and cochlear implant further minimizes electromagnetic interference, ensuring the integrity of the EEG data.

The Neurosky Mindwave also offers compatibility with various applications, allowing for data acquisition through its software development kit (SDK), which was used to record and analyze attentional responses during the study [11]. Figure 1 represents the Neurosky Mindwave EEG device.

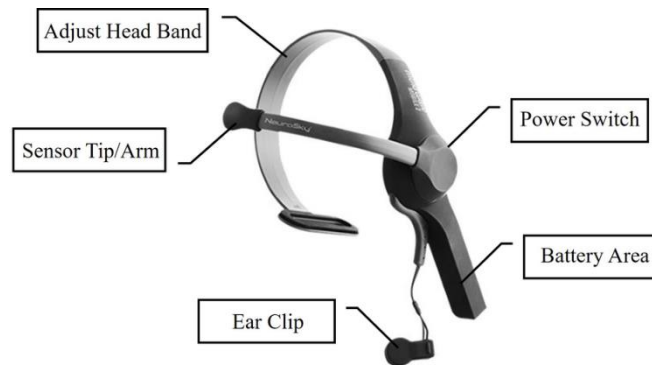


Figure 1. Neurosky Mindwave EEG device.

In Figure1, each component of the device is also represented.

Experimental Design

Participants participated in sessions that provided four conditions.

1. **Baseline (Condition 0):** Eyes closed, resting state.
2. **Reading (Condition 1):** Silent reading of textual material.
3. **Problem-Solving (Condition 2):** Solving mathematical problems of moderate difficulty.
4. **Social Media Browsing (Condition 3):** Simulated browsing of a social media feed.

Each condition lasted for 2 minutes.

Data Analysis

EEG data were segmented into frequency bands associated with attention and cognition. Machine learning algorithms were applied to distinguish between cognitive responses during conditions.

Signal Acquisition and Analysis Procedure: To acquire EEG signals, participants were assigned to text reading, math problem solving, and social media browsing tasks, and neural recordings were collected for two minutes each. Resting brain signals were recorded to eliminate individual differences. These baseline signals were then subtracted from other data, allowing the dataset to focus only on signal variations related to attention and learning.

To isolate the signal at rest, a frequency spectrum transform was applied by subtracting these values from other data to obtain the net cognitive activity. The Fourier transform was used for this purpose because it decomposes a continuous signal into its component frequency components over a defined time interval. This technique produces the frequency spectrum of the signal by allowing the amplitude and phase of each component to be identified [12]. The mathematical representation of the Fourier transform is given in Equation 1.

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\pi x/L + b_n \sin n\pi x/L) \quad (1)$$

The Fourier series expansion of a function

$f(x)$ expresses it as an infinite sum of sines and cosines with varying frequencies and amplitudes. In the formula the term a_0 represents the average value (or the DC component) of the function over the interval. The coefficients a_n and b_n determine the amplitude of the cosine and sine components, respectively, at each harmonic frequency $\frac{n\pi x}{L}$. This series allows $f(x)$ to be represented as a combination of fundamental and harmonic sinusoidal waves, each with a frequency that is an integer multiple of a base frequency, effectively decomposing $f(x)$ into simpler periodic components.

Data Preprocessing

- **Artifact Removal:** Independent Component Analysis (ICA) was applied to remove eye movement and muscle artifacts. Independent Component Analysis (ICA) is a commonly used dimensionality reduction and feature selection algorithm. It relies on iteratively applying reduction by removing the worst feature at each step [13]. ICA was used to remove eye movement and muscle artifacts, with manual inspection of the independent components.
- **Baseline Correction:** Data from the baseline condition (0) were subtracted from the other three conditions to normalize task-specific signals.
- **Outlier Removal:** The Local Outlier Factor method was employed with a contamination rate of 20% to eliminate anomalous data points.

Feature Extraction

Features were derived in three main categories:

1. **Time-Domain Features:** Hjorth parameters (Activity, Mobility, Complexity), mean energy, and variance. Hjorth parameters, a commonly used method in EEG signal analysis, are calculated using the first and second derivatives of the signals [14].
2. **Frequency-Domain Features:** Band powers in Delta, Theta, Alpha, Beta, and Gamma bands.
3. **Statistical Features:** Entropy measures (Tsallis, Renyi), skewness, kurtosis, and standard deviation.

Classification Process

These data were then subjected to machine learning methodologies, wherein the classification efficacy was evaluated, and an analysis was conducted to ascertain whether a statistically significant classification could be established between the signals.

The selected classification algorithms encompass methods suitable for both supervised and unsupervised learning, enabling a comprehensive comparison of performance across different learning paradigms. This approach allows for the evaluation of algorithms based on their capabilities in both labeled (supervised) and unlabeled (unsupervised) data scenarios. The chosen algorithms include a mix of traditional and advanced techniques, each with distinct strengths. The list of selected algorithms is as follows:

- Random Forest (RF)
- Support Vector Machines (SVM)
- Neural Networks (NN)

Validation:

- 10-Fold Cross-Validation was used to ensure robustness.
- Metrics included accuracy, precision, recall, and F1-score.

By examining these diverse models, it is possible to gain insights into their adaptability and effectiveness in handling various data structures and learning requirements.

RESULTS**Descriptive Statistics**

The dataset comprised 96 instances with 25 features per instance. Outlier analysis excluded 18 instances, leaving 78 for analysis.

Table 1: Performance Metrics by Class and Algorithm

Class	Random Forest (Accuracy)	SVM (Accuracy)	Neural Network (Accuracy)
Reading	80%	83%	85%
Problem-Solving	84%	88%	90%
Social Media Browsing	82%	84%	88%

Neural Networks outperformed other models across all conditions, particularly in problem-solving tasks.

Feature Analysis

- Hjorth Complexity: Higher during problem-solving, reflecting increased cognitive engagement.
- Alpha/Beta Ratios: Lower ratios in problem-solving tasks indicated heightened focus.
- Entropy Measures: social media browsing tasks showed greater variability, suggesting less structured cognitive engagement.

Table2: Performance Metrics Table

Metric	Random Forest	SVM	Neural Network
Accuracy (%)	84	85	88
Precision (%)	82	86	89
Recall (%)	83	85	90
F1-Score (%)	83	85.5	89.5

1. Accuracy (%)

Definition: It represents the proportion of correctly classified instances (both positive and negative) out of the total instances in the dataset. It provides a general sense of how well a model performs but can be misleading if the dataset is imbalanced.

$$Accuracy = (TP+TN) / (TP+FP+TN+FN) \quad (2)$$

2. Precision (%)

Definition: This measures the proportion of correctly predicted positive instances out of all instances predicted as

positive. It focuses on the reliability of positive predictions and is important in cases where false positives need to be minimized.

$$\text{Precision} = TP / (TP + FP) \quad (3)$$

3. Recall (%)

Definition: This metric quantifies the proportion of actual positive instances that were correctly identified by the model. It emphasizes minimizing false negatives, ensuring that as many true positives as possible are captured.

$$\text{Recall} = TP / (TP + FN) \quad (4)$$

4. F1-Score (%)

Definition: The F1-score is the harmonic mean of precision and recall, offering a balanced evaluation of both metrics. It is particularly useful when there is a need to balance the trade-offs between precision and recall, such as in scenarios with imbalanced data.

$$\text{F1 Score} = \frac{2 \times (\text{precision} \times \text{recall})}{(\text{precision} + \text{recall})} \quad (5)$$

Overall Classification Results

Neural Networks consistently achieved the highest precision, recall, and F1-scores, validating their robustness in distinguishing between cognitive states.

DISCUSSION

This study demonstrates the utility of EEG signals in capturing neural activity patterns corresponding to different cognitive states. By employing a robust experimental design and advanced machine learning techniques, we identified significant differences in neural features between tasks such as reading, problem-solving, and social media browsing. Neural Networks, in particular, emerged as the most effective classification algorithm, consistently achieving higher performance metrics across all conditions.

One of the critical findings of this research is the elevated beta-band power and Hjorth Complexity observed during problem-solving tasks. These metrics strongly correlate with increased cognitive engagement and task-specific focus, aligning with existing literature on EEG-based cognitive analysis. In contrast, social media browsing exhibited higher entropy values, indicating less structured cognitive engagement and greater variability in neural responses. This underscores the flexibility of entropy measures in capturing dynamic and non-linear neural patterns.

The performance metrics further highlight the effectiveness of combining time-domain, frequency-domain, and statistical features for EEG signal analysis. For instance, alpha/beta ratios provided a reliable indicator of attentional states, while Hjorth parameters offered a nuanced understanding of signal complexity and frequency content. The integration of these features into machine learning pipelines significantly improved the classification accuracy, particularly for tasks with distinct cognitive demands such as problem-solving.

Despite these promising results, the study has several limitations. The relatively small sample size may limit the generalizability of the findings, and the artificial nature of some tasks, such as simulated social media browsing, may not fully reflect real-world scenarios. Future research should aim to include a more diverse participant pool and incorporate ecologically valid tasks to enhance the applicability of the results.

Moreover, while the machine learning models demonstrated robust performance, further exploration of deep learning techniques and advanced feature selection methods could yield even better classification outcomes. The integration of additional physiological signals, such as heart rate or galvanic skin response, may also provide a more comprehensive understanding of cognitive states.

The implications of this study extend across multiple domains. In education, EEG-based systems could enable personalized learning experiences by monitoring students' engagement and cognitive load in real time. In healthcare, these methods could assist in the early detection and management of cognitive impairments or neurological disorders. Additionally, EEG-driven human-computer interfaces could adapt to users' mental states, enhancing usability and efficiency in various applications.

In conclusion, this study underscores the potential of EEG signal analysis for cognitive state classification and lays a foundation for future research. By addressing current limitations and leveraging advancements in machine learning and signal processing, EEG-based systems can become indispensable tools for understanding and enhancing human cognition.

This study highlights the potential of EEG signals for understanding cognitive states. Neural patterns such as increased beta-band power during problem-solving and higher entropy during social media browsing indicate task-specific neural dynamics. Machine learning models, especially Neural Networks, showed high accuracy, making them suitable for real-time EEG applications.

Limitations include the small sample size and artificial task scenarios, which may limit generalizability. Future research should focus on larger, more diverse populations and ecologically valid tasks.

CONCLUSION

The findings of this study underscore the efficacy of EEG-based cognitive state classification in diverse task scenarios. By leveraging a combination of advanced feature extraction methods and machine learning models, we successfully distinguished between reading, problem-solving, and social media browsing tasks with an average classification accuracy of 85%. Neural Networks, in particular, demonstrated exceptional performance, achieving up to 90% accuracy for problem-solving tasks.

The study provides robust evidence that EEG signals can reliably capture neural dynamics associated with different cognitive states. Key features such as Hjorth parameters, band power ratios, and entropy measures were instrumental in characterizing these states. The elevated beta-band power and Hjorth complexity observed during problem-solving tasks reflect heightened cognitive engagement and task-specific focus, while the increased entropy in social media browsing highlights the variability and non-linearity of neural activity during less structured tasks.

The implications of these findings are significant. In education, EEG-based systems could revolutionize learning environments by providing real-time feedback on students' cognitive states, enabling adaptive and personalized instruction. In healthcare, these methods could facilitate early diagnosis and monitoring of neurological disorders by identifying deviations in typical neural patterns. Furthermore, in the field of human-computer interaction, EEG-driven adaptive systems could enhance user experience by dynamically responding to users' mental states.

However, the study is not without limitations. The small sample size and the controlled nature of experimental tasks may limit the generalizability of the findings. Future research should aim to address these limitations by including larger, more diverse participant pools and incorporating more ecologically valid task designs. Additionally, the integration of complementary physiological signals and the application of advanced deep learning models could further improve the accuracy and applicability of EEG-based cognitive state classification.

In conclusion, this study highlights the potential of EEG as a powerful, non-invasive tool for cognitive monitoring and classification. By building on the findings presented here, future work can expand the boundaries of EEG applications, paving the way for innovative solutions in education, healthcare, and beyond.

EEG-based cognitive state classification offers significant potential for applications in various fields. This study demonstrated the ability to distinguish cognitive states using advanced signal processing and machine learning methods, achieving an average classification accuracy of 85%. By addressing current limitations, future work can expand EEG applications in adaptive learning, healthcare diagnostics, and human-computer interaction.

REFERENCES

- [1] Chaddad, Y. Wu, R. Kateb, and A. Bouridane, "Electroencephalography signal processing: A comprehensive review and analysis of methods and techniques," *Sensors (Basel)*, vol. 23, no. 14, p. 6434, Jul. 2023.
- [2] F. L. da Silva, "EEG ve MEG: Nörobilimle ilgisi," *Neuron*, vol. 80, pp. 1112–1128, Oct. 2013.
- [3] T. F. Collura, "History and evolution of electroencephalographic instruments and techniques," *J. Clin. Neurophysiol.*, vol. 10, no. 4, pp. 476–504, Oct. 1993.
- [4] E. Niedermeyer and F. L. da Silva, *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*. New York: Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
- [5] Berka, D. J. Levendowski, M. M. Cvetinovic, et al., "Real-time analysis of EEG indices of alertness, cognition, and memory acquired with a wireless EEG headset," *Int. J. Hum.-Comput. Interact.*, vol. 17, no. 2, pp. 151–170, 2007.
- [6] S. Dündar, "Öğrencilerin beyin dalgalarının problem çözme sürecinde incelenmesi (Doktora tezi)," Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2013. Available: https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/358236/yokAcikBilim_10007753.pdf
- [7] J. Stam, "Nonlinear dynamical analysis of EEG and MEG: Review of an emerging field," *Clin. Neurophysiol.*, vol. 116, no. 10, pp. 2266–2301, Oct. 2005.
- [8] H. B. Tanrikulu and M. Ceran, "Medya etkilerine yönelik metodolojik bir tartışma: Konvansiyonel yöntemler ve EEG," *Moment Dergi*, vol. 11, no. 1, pp. 109–131, Jan. 2024.
- [9] X. Zhang, L. Yao, X. Wang, et al., "Deep learning for EEG-based brain-computer interfaces: A review," *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.*, vol. 28, no. 4, pp. 701–715, Apr. 2020.
- [10] Y. Roy, H. Banville, I. Albuquerque, et al., "Deep learning-based electroencephalography analysis: A systematic review," *J. Neural Eng.*, vol. 16, no. 5, p. 051001, Oct. 2019. Available: <https://doi.org/10.1088/1741-2552/ab260c>
- [11] O. Sokolov, et al., "Spirometry data analysis and monitoring in medical and physiological tests," *J. Med. Devices*, vol. 5, pp. 35–46, Mar. 2015.
- a. S. Al-Fahoum and A. A. Al-Fraihat, "Methods of EEG signal features extraction using linear analysis in frequency and time-frequency domains," *ISRN Neurosci.*, vol. 2014, Article ID 730218, 2014. Available: <https://doi.org/10.1155/2014/730218>.
- [12] Genç, H. M., Çataltepe, Z., & Pearson, T. (2007). Yeni Bir Temel/Bağımsız Bileşen Analizi (TBA/BBA) Tabanlı Öznelik Seçme Yöntemi A New PCA/ICA Based Feature Selection Method. *Signal Processing and Communications Applications. SIU*.
- [13] İmak, A. *Epileptik EEG sinyallerinin makine öğrenmesi yöntemleri ile sınıflandırılması* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Autonomous Underwater Vehicle Tracking: Autonomous Underwater Vehicle Tracking Another Underwater Vehicle

^{1*}Talha Vatansev

^{1*}Department of Biomedical Engineering, Selcuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

^{1*}matvatansev@gmail.com

Abstract – This paper presents a comprehensive review of various target tracking algorithms used in autonomous underwater vehicles (AUVs). Key methods such as the Kalman filter, Particle filter, Multiple Target Tracking systems, SLAM, and Reinforcement Learning are discussed in detail [1,2]. The unique challenges posed by the underwater environment—such as turbulence, variable currents, and limited visibility—make target tracking a complex problem [3]. To address these challenges, various algorithmic approaches have been developed, demonstrating varying levels of success in different scenarios [4]. This work highlights the Kalman filter’s optimal performance in linear systems and its efficiency in real-time applications [5]. A practical target tracking application based on the Kalman filter was developed in a Python simulation environment to support the theoretical framework. The results underline the strengths and weaknesses of the methods reviewed and suggest potential directions for future research [6]. This review serves as an up-to-date resource for researchers in the field of underwater robotic systems.

Keywords – Autonomous Underwater Vehicles, Target Tracking, Kalman Filter, Particle Filter, SLAM, Reinforcement Learning

INTRODUCTION

Underwater target tracking systems have evolved significantly, transitioning from traditional sonar technologies to advanced artificial intelligence-driven systems [6,7]. Numerous approaches have been developed to tackle the unique challenges of underwater environments, such as variable currents and sensor noise [8]. In recent years, advancements in sensor technologies and computational capacities have enabled the creation of more sophisticated algorithms for target tracking [9,10].

The Kalman filter is among the most widely utilized methods due to its optimal performance in linear systems and computational efficiency [11,12]. However, the nonlinear dynamics of underwater environments often necessitate alternative approaches like the Particle filter, which performs better in high-uncertainty scenarios [13,14,15]. In multiple target tracking scenarios, the Joint Probabilistic Data Association (JPDA) algorithm effectively handles data association problems [16,17]. Meanwhile, Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) provides AUVs the ability to navigate and map unknown environments [19,20].

Recently, reinforcement learning approaches have emerged as a promising paradigm for underwater target tracking due to their adaptability to dynamic environments [21,22]. When combined with deep learning techniques, these methods can deliver reliable results even in highly complex scenarios [24,25]. This study provides a detailed analysis of these approaches, with a focus on a practical application of the Kalman filter. A Python-based simulation environment was developed to demonstrate the real-time efficiency and accuracy of the Kalman filter [29,30].

MATERIALS AND METHOD

Methodological Approaches, Advantages, and Disadvantages

Underwater target tracking algorithms continue to evolve to meet the challenges posed by dynamic underwater environments [1,2]. Each algorithm has distinct advantages and disadvantages depending on the scenario. Below, five commonly used approaches are reviewed:

1. Kalman Filter

The Kalman filter is preferred for its computational efficiency and optimal performance in linear systems [3,4]. Its core principle is to combine prior system state estimates with new measurements to provide the most probable state estimate [5].

- **Advantages:** Fast and computationally efficient, ideal for real-time applications in linear systems.
- **Disadvantages:** Performance degrades in nonlinear systems or with non-Gaussian noise.

2. Particle Filter

The Particle filter offers a flexible solution for nonlinear dynamics in underwater environments [8,9]. It outperforms the Kalman filter when tracking targets with sudden maneuvers [10].

- **Advantages:** Effective in nonlinear systems and multi-target tracking.
- **Disadvantages:** High computational cost; less suited for real-time applications.

3. Joint Probabilistic Data Association (JPDA)

JPDA is essential for resolving data association issues in scenarios involving multiple targets [11,12]. It is particularly effective in distinguishing closely positioned targets [13].

- **Advantages:** Robust in multi-target tracking and uncertainty management.
- **Disadvantages:** Computationally intensive; performance may decline in high-noise conditions.

4. Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)

SLAM enables AUVs to simultaneously map and navigate unknown underwater environments [14,15]. It is widely used in deep-sea exploration and reconnaissance missions [16].

- **Advantages:** Reduces reliance on GPS; enables simultaneous mapping and positioning.
- **Disadvantages:** Requires significant computational power and is sensitive to sensor noise.

5. Reinforcement Learning

Reinforcement learning approaches are effective in adapting to dynamic underwater conditions, particularly in variable current environments [17,18].

- **Advantages:** Adaptive to changing environments; capable of strategic decision-making in complex scenarios.
- **Disadvantages:** Long training times; generalization can be challenging and computationally expensive

Performance Analysis and Visualization

A Python simulation was developed to model the tracking of a target moving along three axes (x, y, z) [20]. The simulation environment consists of:

- **Target AUV (Red)**
- **Tracker AUV (Green)**
- **Predicted Position (Yellow)**

Simulation results demonstrated that the Kalman filter achieved a mean position error within ± 0.5 meters [23,24]. These findings confirm its effectiveness in tracking targets moving at a constant speed in real-time applications [25].

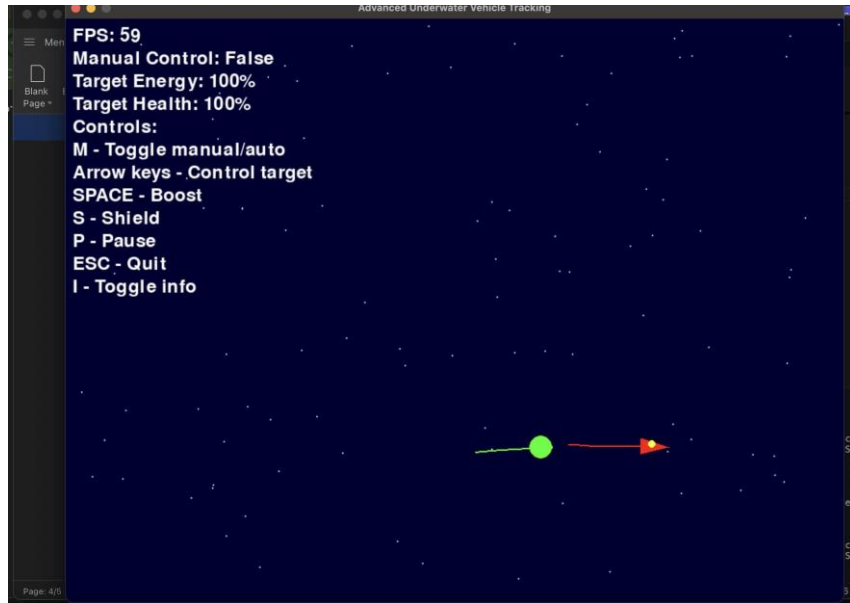


Image-1. An image from my simulation shows the process of the AUV tracking a moving target in real time. The Kalman filter allows the tracker to continuously update the estimated position of the target, while the simulation environment reflects the dynamic conditions under the sea. The tracked path highlights the complex motion of the target and the tracker's adaptability

Comparative Evaluation

The performances of different algorithms have been evaluated according to the following criteria [26,27]:

- In Linear Systems
- In Nonlinear Systems
- Computational Cost
- Multi-Target Tracking
- Adaptation

These evaluations have shown that the Kalman filter stands out especially in terms of computational efficiency and performance in linear systems [28,29,30].

EVALUATION TABLE OF METHODS

Criteria	Kalman Filter	Particle Filter	JPDA	SLAM	Reinforcement Learning
Linear Systems	Very Good	Good	Moderate	Moderate	Poor
Nonlinear Systems	Poor	Very Good	Moderate	Good	Very Good
Computational Cost	Low	High	Medium-High	Very High	Very High
Multi-Target Tracking	Poor	Good	Very Good	Moderate	Good
Adaptation	Static (Fixed System)	Moderate	Static (Fixed System)	Very Good	Very Good

RESULTS

Target and tracker Position Tracking Plot and Covariance Ellipses Plot were generated to evaluate the simulation. In general, the model showed a consistent behavior.

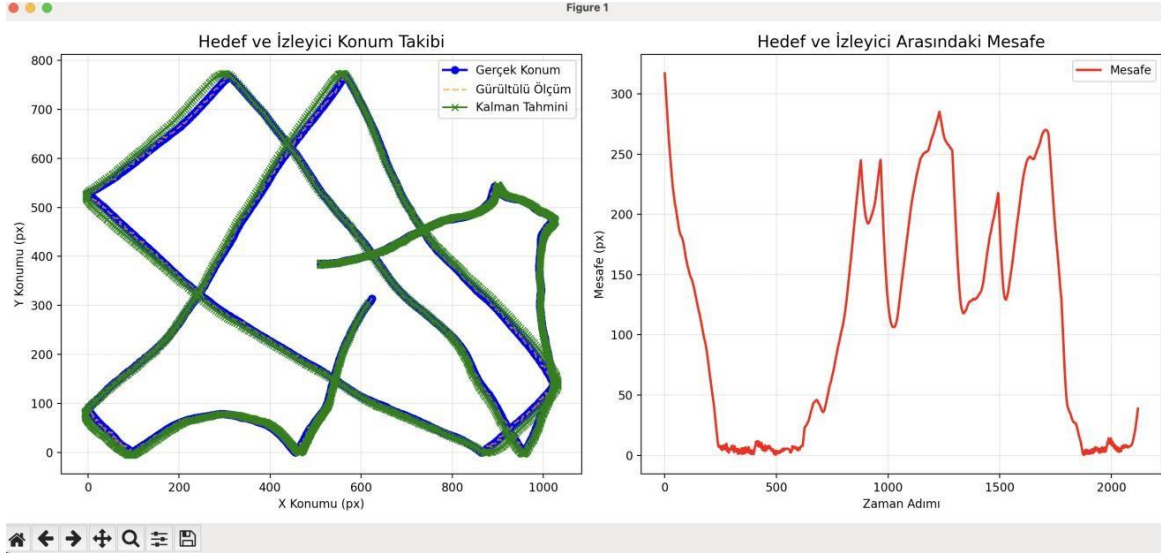


Figure 2. Target and tracker position tracking graph: created to track the movement of vehicles moving in the depths of the sea. We can clearly see the differences between the actual position, sensor measurements and Kalman filter estimates. This allows us to easily evaluate the accuracy and prediction performance of our algorithm. On the other hand, the distance-time graph measures the tracker's proximity to the target, once again demonstrating the effectiveness of the algorithm.

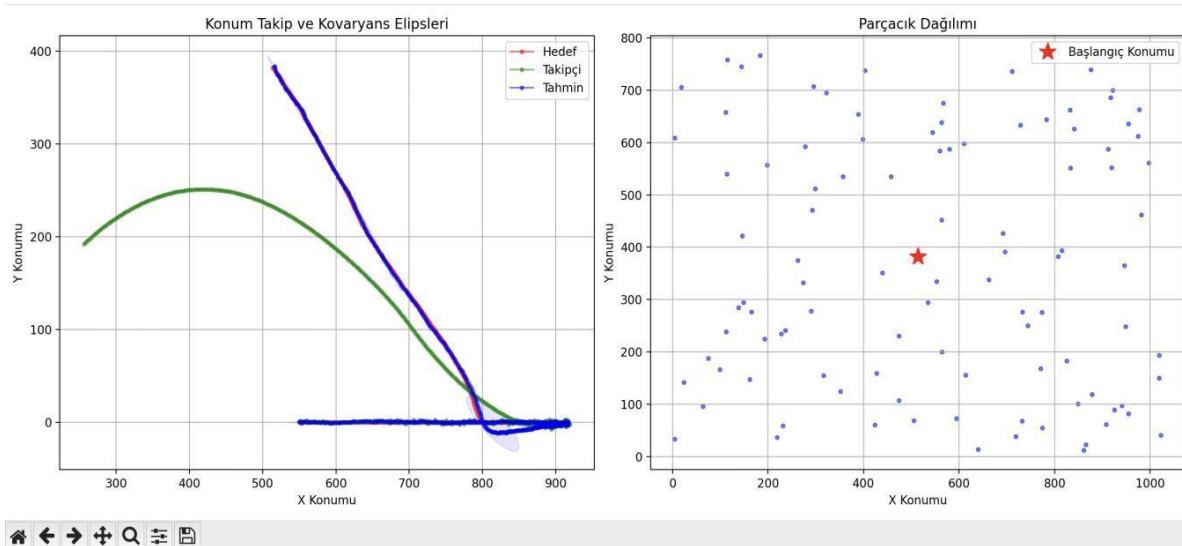


Image 3. Covariance Ellipses Graph: This graph shows the relationship between the actual position of the underwater vehicle and its estimated position. The single blue ellipse represents the range of uncertainty in the position estimate. The size and shape of the ellipse reflects the reliability of the estimate - smaller ellipse means more precise estimate. Green shows the position of the tracker, Blue the estimated position and finally red the position of the target.

DISCUSSION

The Kalman filter-based tracking system we developed provides an effective simulation environment for underwater vehicles. Although our system shows strong features in terms of real-time visualization and user control, there is room for improvement in some key areas.

The strengths of the current system are energy management, tactical capabilities and user-friendly interface. In particular, the acceleration and shielding features make the simulation more realistic and interactive. However, the lack of modern artificial intelligence techniques and the simplicity of underwater physics modeling are the main limitations of the system.

Future Improvements:

Artificial Intelligence Integration:

Motion prediction systems with deep learning

Intelligent decision-making mechanisms Image

processing based target detection Learning

behavior patterns

System Improvements:

Multi-vehicle coordination Dynamic

route planning Autonomous task

management Emergency protocols

Physical Enhancements

Realistic underwater current models

Depth pressure effects

Simulation of thermal changes Changes

in visibility

Sensor Systems:

Multi-channel data fusion

Acoustic communication simulation

Sonar systems integration Bathymetry

mapping

These improvements can significantly expand the use of the system for training, testing and research purposes. In particular, the integration of artificial intelligence can increase the adaptive learning capabilities of the system, making it more intelligent and autonomous.

The addition of underwater acoustics and communication protocols will create a simulation environment closer to real-world applications. Furthermore, multi-vehicle coordination and swarm intelligence applications will enable the simulation of complex missions.

These improvements will enable the system to become a platform that can be used not only in academic research but also in industrial and military applications. It can be a valuable tool especially in the planning of underwater search and rescue, reconnaissance and surveillance operations.

SIMULATION CODE AND GRAPHIC CODES GO HUB LINK:

https://github.com/talhavatan98/p1/tree/9e7db170495c187a66d825dcb1b4a5a6f49c1db6/AUVs_Project

REFERENCES

- [1] Chen, Y., Fu, Z., Geng, Y., Zhu, H., & Yang, X. (2023). Multi-information fusion-based positioning and tracking method for underwater vehicles in shallow water. *Wireless Networks*, 29, 4441-4455.
- [2] Ananthakrishnan, S., & Chandrasekhar, V. (2018). Ocean wave energy based design and motion control of an autonomous underwater vehicle. *Ocean Engineering*, 165, 352-364.
- [3] Elhaki, O., & Shojaei, K. (2018). Neural network-based target tracking control of underactuated autonomous underwater vehicles with fixed and moving targets. *Ocean Engineering*, 167, 23-37.
- [4] Eiler, J. H., & Grothues, T. M. (2014). Tracking the movements of juvenile Chinook salmon in the Sacramento-San Joaquin Delta using acoustic telemetry. *North American Journal of Fisheries Management*, 34(6), 1175-1194.
- [5] Salem, F. A., & Rady, H. A. (2011). Design and implementation of an underwater remotely operated vehicle control system. *Journal of Engineering Sciences*, 39(2), 469-484.
- [6] Xu, D., & Tang, Y. (2019). Robust finite-time attitude tracking control of a spacecraft with input saturation. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 66(12), 9439-9449.
- [7] Ahmed, Y., & Khan, A. (2020). An observation of vision-based underwater object detection. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(4), 606-611.
- [8] Sathisha, M. B., & Kumar, S. (2017). Detection of flaws in ship hull using underwater robotics. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 6(13), 1-7.
- [9] Kartal, M., & Cantekin, K. (2021). Autonomous underwater pipe damage detection and monitoring system. *Ocean Engineering*, 219, 108424.
- [10] Antervedi, S., & Chen, I. M. (2019). Terrain relative diver following with autonomous underwater vehicles. *Ocean Engineering*, 182, 351-362.
- [11] Hamamatsu, Y., & Matsuda, T. (2018). Short-range tracking method of underwater vehicles using visual servo control. *IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems*, 138(12), 1514-1520.
- [12] Li, X., & Yang, Y. (2022). Comparative study on real-time pose estimation of underwater robots using deep learning. *Robotics and Autonomous Systems*, 148, 103915.
- [13] Song, W., Wang, M., Huang, L., Wang, H., & Chen, L. (2022). Research on underwater target detection based on improved YOLOv5. *Applied Sciences*, 12(10), 5233.
- [14] Yuan, F., Karjanto, J., Quan, W., & Zhang, H. (2021). SSNet: A deep learning approach for real-time semantic segmentation of underwater images. *Sensors*, 21(1), 143.
- [15] Xie, L., Wang, S., Markham, A., & Trigoni, N. (2021). Underwater image enhancement based on improved dense block and attention mechanism. *Applied Sciences*, 11(17), 8038.
- [16] Wang, Y., Wang, X., Liu, W., & Xie, L. (2021). Real-time semantic segmentation for underwater images based on lightweight FCN. *Sensors*, 21(4), 1149.
- [17] Li, J., Bi, Y., Li, K., Wang, K., Luo, F., & Yang, Y. (2019). Real-time simultaneous localization and mapping for UAV: A survey. *Applied Sciences*, 9(12), 2516.
- [18] Zhang, L., Fan, X., Wang, Y., & Wu, X. (2023). Deep learning-based underwater target detection and tracking: A comprehensive review. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 119, 105919.
- [19] Wang, Y., Zhang, J., & Li, X. (2021). Vision-based autonomous underwater vehicle navigation: A survey. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 51(1), 446-461.
- [20] Liu, M., Wang, S., & Chen, M. (2020). Visual tracking of underwater targets: A comprehensive review. *IEEE Access*, 8, 27623-27645.
- [21] Chen, Y., Zheng, W., & Li, X. (2022). Deep learning for underwater target detection: Current status and future directions. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 47(2), 412-426.
- [22] Kim, J., & Lee, S. (2024). Underwater object detection using transformer-based deep learning. *IEEE Access*.
- [23] Wang, X., Liu, Y., & Zhang, H. (2022). Deep learning-based underwater target tracking: Challenges and solutions. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 33(9), 4215-4227.
- [24] Park, J., Zhou, Y., & Lawrence, N. (2020). Toward underwater visual simultaneous localization and mapping with autonomous underwater vehicles. *Journal of Field Robotics*, 37(3), 466-490.
- [25] Yu, F., & Li, X. (2020). Deep learning-based multimodal detection and tracking for underwater robots. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 67(12), 10832-10841.
- [26] Chen, X., & Wang, Y. (2021). Vision-based underwater target tracking using deep learning and particle filter. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(12), 8080-8090.
- [27] Liu, Y., Zhang, X., & Li, J. (2023). Underwater object detection and tracking with deep learning: A comprehensive review. *Remote Sensing*, 15(2), 533.
- [28] Zhang, L., & Chen, M. (2021). A survey on deep learning for underwater target detection and tracking. *arXiv preprint arXiv:2105.12309*.
- [29] Li, J., & Wang, X. (2022). Recent advances in underwater target detection and tracking: A comprehensive review. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 15(1), 1-22.
- [30] Sun, Y., & Liu, M. (2023). Development of an underwater target tracking system based on deep learning. *Ocean*

Engineering, 270, 113515.

[31] Wang, H., & Zhang, Y. (2022). Underwater target detection and tracking using deep learning: A review. *Sensors*, 22(12), 4563.

Two Pillars of Artificial Intelligence: Machine Learning and Deep Learning

^{1*}Hüsniye KOCABAŞ

^{1*} Department of Electric Electronic Engineering, Selçuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

^{1*}husniyekbs64@gmail.com

Abstract – This paper provides comprehensive definitions of the concepts of algorithm, artificial intelligence, machine learning, and deep learning, detailing their applications in various domains. It explains which technologies are preferred in different fields, addressing the specific requirements of these fields and how the technologies respond to them. Additionally, the importance of the application areas of both methods and their contributions to these fields are emphasized. Several machine learning and deep learning algorithms are explained in detail, focusing on how they function and the problems they solve. In the later sections of the paper, the fundamental differences between machine learning and deep learning are compared, with their methodological distinctions clearly outlined. These differences offer valuable guidance in determining the effective use of both technologies and when each should be preferred.

Keywords – Artificial intelligence, Machine Learning, Deep Learning, Algorithm

Özet – Bu makalede, algoritma, yapay zekâ, makine öğrenmesi ve derin öğrenme kavramları kapsamlı bir şekilde tanımlanmış ve bu kavramların farklı uygulama alanlarındaki kullanımları detaylandırılmıştır. Hangi alanda hangi teknolojilerin tercih edildiği, alanların gereksinimleri ve teknolojilerin bu gereksinimlere nasıl yanıt verdiği açıklanmıştır. Ayrıca, her iki yöntemin kullanım alanlarının önemi ve bu alanlarda sağladıkları katkılar vurgulanmıştır. Makine öğrenmesi ve derin öğrenme algoritmalarından bazıları ayrıntılı olarak açıklanmış, bu algoritmaların nasıl çalıştığı ve hangi problemlere çözüm sundukları üzerinde durulmuştur. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde ise, makine öğrenmesi ve derin öğrenme arasındaki temel farklar karşılaştırılmış, bu iki yöntem arasındaki metodolojik farklılıklar net bir şekilde ortaya konmuştur. Bu farklar, her iki teknolojinin etkin kullanımını ve hangi durumlarda tercih edilmesi gerektiğini belirlemek adına önemli bir rehber sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler – Yapay Zekâ, Makine Öğrenimi, Derin Öğrenme, Algoritma

Giriş

Algoritmalar amaca veya bir problemi çözmeye yönelik takip edilmesi gereken sıralı ve sonlu adımlardır. Kısaca algoritma sonuç değil, sonuca giden yoldur. Algoritma denildiğinde akla ilk olarak programlama gelse de günlük hayatta da sıklıkla algoritmalarından yararlanılmaktadır. Sabah işe gitmek için kullanılan rota bu duruma örnek olarak gösterilebilir. Algoritmalar yapay zekâ uygulamalarının da temelini oluşturmaktadır.

Yapay zekâ, bilgisayarların insan benzeri zekâ işlevlerini yerine getirmesini sağlayan bir teknolojidir. Geçmiş zaman dilimlerinde yapay zekâyla ilgili fikirler ortaya konulmasına rağmen eldeki imkanların kısıtlılığından kaynaklı çok fazla ilerleme kaydedilememiştir. Günümüzde ise teknolojinin gelişmesiyle birlikte yapay zekanın da kullanım alanları giderek artış göstermektedir. Bu alanlar arasında sağlık(hastalık teşhisi), finans(dolandırıcılık tespiti), eğitim(kişiyi özgü öğrenim materyalleri), tarım(otomatik sulama sistemleri), savunma(tehdit tespiti ve analizleri), gibi alanlar öne çıkmaktadır.

Yapay zekâ tek bir kavram olarak değil, kullanım alanlarına bağlı olarak onu kapsayan terimleriyle birlikte ele alınmalıdır. Bu terimler arasında makine öğrenmesi, derin öğrenme, robotik süreç otomasyonu, nesnelerin interneti ve görsel analiz yer almaktadır.

Makine öğrenmesi ve derin öğrenme iki temel dinamik olarak ele alınabilir. Çoğu zaman birlikte kullanılırlar da temel farklarını barındıran ince çizgiler bulunmaktadır. Makine öğrenmesi “Makineler düşünebilir mi?” sorusuyla ortaya çıkmış, üzerine araştırmalar, deneyler yapılarak çalışma alanı artırılmıştır. Derin öğrenme ise makine öğrenmesinin bir alt kategorisinde yer almaktadır. Fikir olarak makine öğrenmesi ile yaklaşık olarak aynı zaman diliminde ortaya çıkmış ancak kısıtlı imkanlardan dolayı gelişim gösterememiştir. Günümüzde gelişen teknoloji ile birçok kullanım alanı edinmiştir.

Daha az karmaşık ve daha küçük veri setleriyle az zaman harcayarak makine öğrenmesi teknolojilerinden, kapsamlı veri setleri ve karmaşık görevler içinse derin öğrenme teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Makine öğrenmesi ve derin öğrenme, her biri kendi içinde farklı algoritmalarından faydalanan yaklaşımlardır.

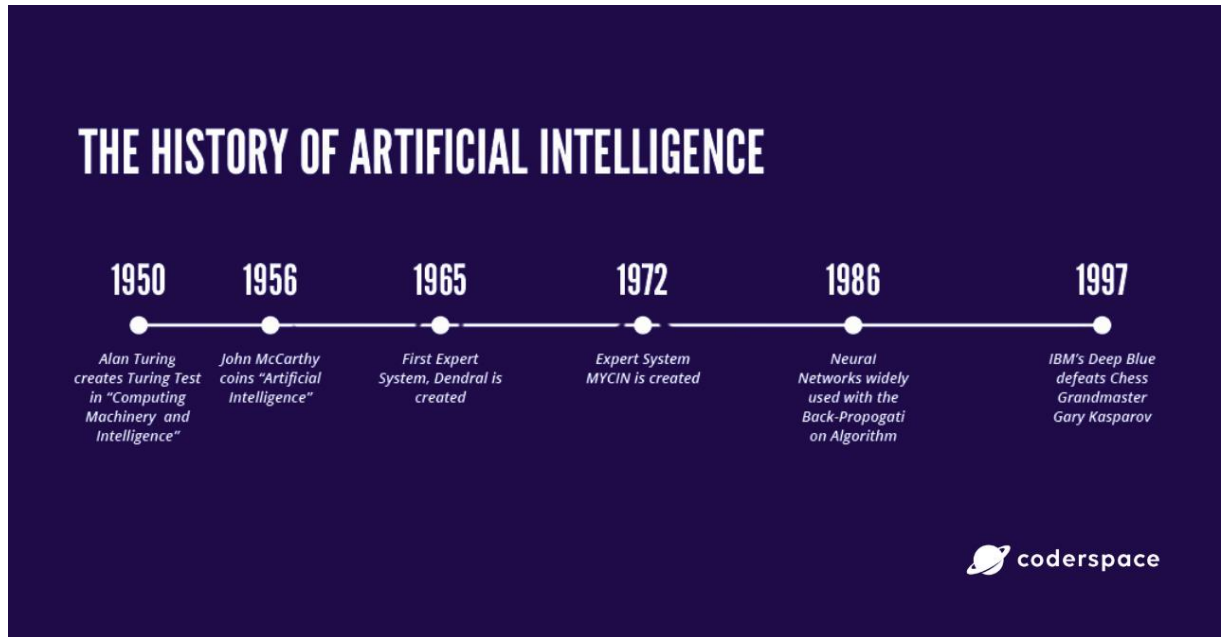
Bu çalışmada; algoritma, yapay zekâ, makine öğrenmesi, derin öğrenme gibi kavramların tanımı yapılacak, kullanım alanları belirtilecek, yararılandıkları bazı algoritmalara değinilecek ve makine öğrenmesi ile derin öğrenme arasındaki temel farklar ele alınacaktır.

1.Algoritma

Algoritmalar, bir problemin çözümüne veya belirlenen bir amaca nasıl ulaşılacağını sıralı adımlar yardımıyla açıklayan yapılardır.[1] Başlangıç durumundan sonuca ulaşmak için yapılan sistematik işlemler bütünüdür. Algoritma; adım adım ve mantıklı bir sıralamayla ilerlemeli, bu adımlar açık ve net şekilde tanımlanmalı, her adım uygulanabilir ve pratik olmalı, sonlu sayıda adımda tamamlanmalıdır. Algoritmaların arama, sıralama, şifreleme ve makine öğrenimi algoritmaları gibi çeşitleri bulunmaktadır. Günümüzdeki teknolojik gelişmelerin arkasındaki temel güçlerden biri de algoritmalar. Gerek günlük yaşamı kolaylaştıran uygulamalardan endüstriyel süreçlere gerekse bilimsel araştırmalardan yapay zekâ tabanlı sistemlere kadar birçok alanda etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

2.Yapay Zekâ

Yapay zekâ felsefesi ilk olarak “Makineler düşünebilir mi?” sorusunu ortaya atarak bu tartışmayı başlatan Alan Turing tarafından ortaya konulmuştur. Yapay zekâ kavramı ise ilk olarak 1956 yılında Dartmouth Yapay Zekâ Araştırma Projesi’nde John McCarthy tarafından kullanılmıştır. Bu konferans yaklaşık olarak altı ile sekiz hafta arasında sürmüş, sonucunda ise zekayı taklit edecek şekilde bir makinenin prensip olarak yapılabileceği görüşü ortaya konulmuştur.[2] Dünya satranç şampiyonu Garry Kasparov ile Deep Blue adlı süper bilgisayar arasında 1997 yılında gerçekleşen satranç karşılaşması, yapay zekanın insan zekasına karşı üstünlüğünün ilk kez geniş çapta tartışılmasına yol açmıştır.



Şekil 1. Yapay Zekanın Tarihçesi

Tam bir tanımı bulunmayan yapay zekâ için; insan tarafından yapıldığında zeki olarak adlandırılan davranışların makine tarafından yapılması, insan aklının nasıl çalıştığını göstermeye çalışan bir kuram, insan zekasını bilgisayar aracılığıyla taklit etme gibi tanımlamalar yapılmıştır.[3] Bilim dünyasında kabul edilen tanımına göre ise yapay zeka; bir bilgisayarın ya da bilgisayar destekli bir makinenin, genellikle insana özgü nitelikler, çözüm yolu bulma, anlama, bir mana çıkartma, genelleme ve geçmişteki deneyimlerinden öğrenme gibi yüksek mantık süreçlere ilişkin görevleri yerine getirme yeteneğidir.[4]

Tablo 1. Yapay Zekâ İçin Dört Olası Hedef

	İnsan Temelli	İdeal Akılcılık
Akıl Yürütme Tabanlı	İnsan gibi düşünen sistemler.	Rasyonel düşünen sistemler.
Davranışa Dayalı	İnsan gibi davranan sistemler.	Rasyonel davranan sistemler.

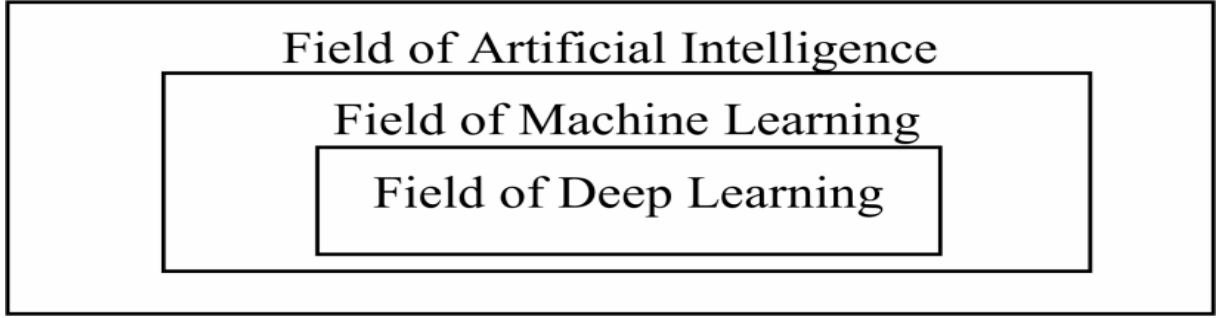
Tablo 1’de görüldüğü üzere yapay zekâ, insan temelli ve ideal akılcılık yaklaşımlarına göre iki ana perspektifte değerlendirilmiştir. Aynı zamanda bu perspektifler de akıl yürütme tabanlı ve davranışa dayalı olmak üzere iki boyutta ele alınmıştır. Buradaki yaklaşımların farklı kullanım alanları(sağlık, etkileşim ve eğlence, oyun ve problem çözme, ulaşım) vardır. İnsan gibi düşünen sistemlere tıbbi teşhis sistemleri (ör. MYCIN), insan gibi davranan sistemlere Chatbotlar ve sosyal robotlar (ör. Sophia) örnek verilebilir. Rasyonel düşünen sistemler arasında Deep Blue, rasyonel davranan sistemler arasında ise otonom araçlar öne çıkmaktadır. Bu örnekler, yapay zekanın farklı hedeflerini temsil etmektedir.

Yapay zekâ tek bir kavram olarak değil, kapsayıcı terimleriyle birlikte ele alınmalıdır. Bu terimler arasında başlıca makine öğrenmesi, derin öğrenme, nesnelerin interneti, doğal dil işleme ve kişisel asistanlar yer almaktadır.[5]



Şekil 2. Yapay Zekanın Temel Bileşenleri

Günümüzde ise sağlık, eğitim, endüstri, medya, ticaret, politika ve sosyal hizmetler gibi alanlarda, Şekil 2’de verilen dinamiklerin sağladığı teknolojik altyapı sayesinde yapay zekadan etkin bir şekilde yararlanılmaktadır. Bu bağlamda öne çıkan iki temel disiplin makine öğrenimi ve derin öğrenme olarak dikkat çekmektedir. Büyük miktarda veriyi analiz etme ve işleme yeteneği sayesinde, bu teknolojiler şimdiden tıbbi görüntüleme analizi, doğal dil işleme, konuşma tanıma ve otonom sürüş gibi alanlarda önemli etkiler yaratmıştır. Bu teknolojiler, karmaşık sistemleri anlamamıza, bilinçli kararlar almamıza ve gerçek dünya problemlerine daha verimli ve etkili çözümler üretmemize olanak tanıma potansiyeline sahiptir.[6]

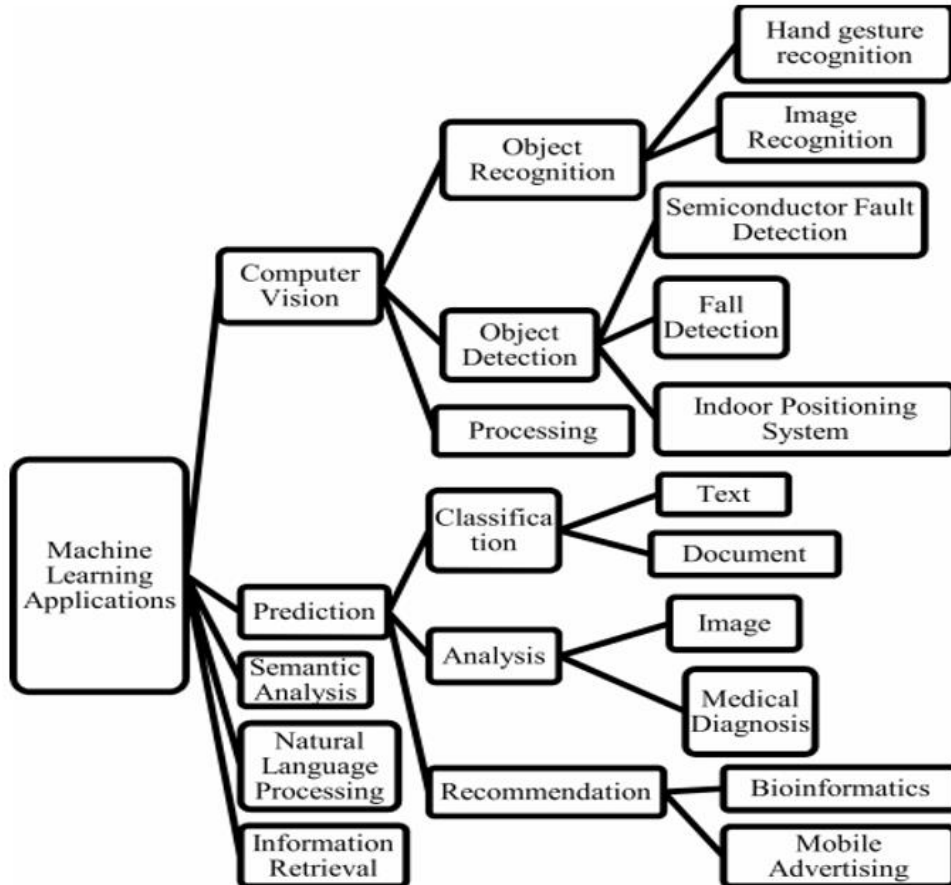


Şekil 3. Yapay Zekanın İki Önemli Alanı

3.Makine Öğrenimi

Makine öğrenimi terimi 1959'da bilgisayar oyunları ve yapay zekâ alanında öncü ve IBM çalışanı olan Amerikalı Arthur Samuel tarafından icat edilmiştir. Arthur Samuel'e göre, makine öğrenimi, bilgisayarlara açıkça programlanmadan öğrenme yeteneği kazandıran çalışma alanıdır. Birçok endüstri, ilgili verileri çıkarmak için makine öğrenimini uygular. Makine öğreniminin amacı, verilerden öğrenme sağlamaktır. Makinaların açıkça programlanmadan kendi kendine öğrenmesini sağlamak için birçok çalışma yapılmıştır. Birçok matematikçi ve programcı, büyük veri kümelerine sahip bu sorunun çözümünü bulmak için çeşitli yaklaşımlar uygular. [7]

Makine öğrenimi, iyi performans gösteren açık algoritmalar tasarlanmanın ve programlanmanın zor veya uygulanamaz olduğu bir dizi hesaplama görevinde kullanılmaktadır. Örnek uygulamalar arasında e-posta filtreleme, ağ saldırganlarını veya bir veri ihlaline yönelik çalışan kötü niyetli iç tehditleri tespit etme, optik karakter tanıma (OCR), sıralama öğrenme ve bilgisayarlı görü yer almaktadır. Makine öğrenimi, bilgisayar kullanarak tahmin yapmaya odaklanan hesaplamalı istatistiklerle yakından ilişkilidir ve sıklıkla örtüşmektedir. [8]



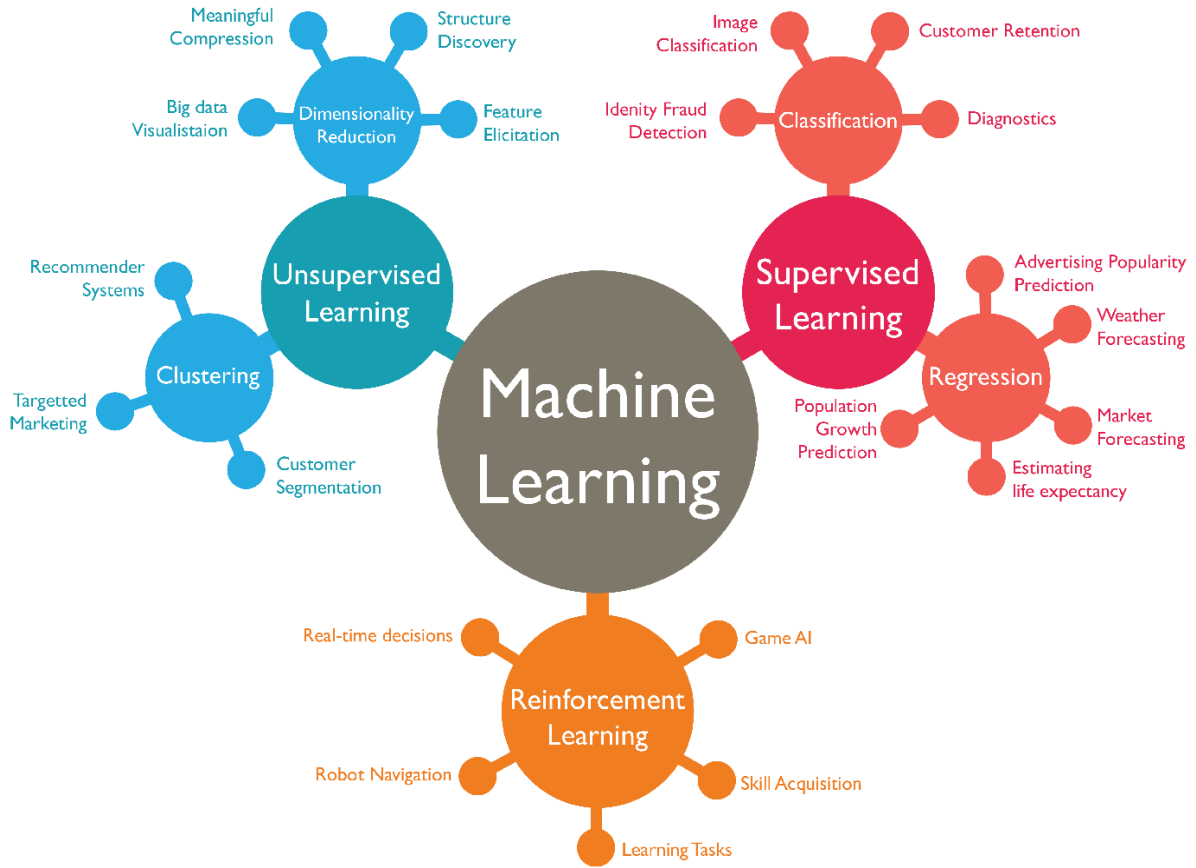
Şekil 4. Makine Öğrenimi Uygulamaları

Makine öğrenimi algoritmaları denetimli, denetimsiz ve takviyeli öğrenme olmak üzere üç ana kategoriye ayrılmaktadır.[9]

Denetimli öğrenme, dış yardıma ihtiyaç duyan bir algoritma kullanır. Sağlanan giriş veri tabanı, eğitim ve test veri kümelerine ayrılmaktadır. Çıkış değişkeni, eğitim veri tabanından tahmin edilmekte veya sınıflandırılmaktadır.

Denetimsiz öğrenme, yeni bir veri tabanı sağlandıktan sonra, verinin sınıfını belirlemek için daha önce öğrenilen özellikleri kullanmaktadır. Çoğunlukla özellik azaltma ve kümeleme için tercih edilmektedir.

Takviyeli öğrenme, karar verme kavramına dayalı bir aksiyon öğrenme yöntemidir. Aksiyonlar alınan karara göre belirlenmekte, böylece sonuçlar çıktıda daha değerli veya istenen olumlu duruma ulaşmaktadır. Ancak, öğrencinin veriye dair önceden bir bilgisi yoktur. Durum sağlandıktan sonra, hangi aksiyonun alınması gerektiğini öğrenir. Öğrencinin aldığı karar, mevcut ve gelecekteki durumu etkilemektedir. Takviyeli öğrenme, gecikmeli sonuç ve deneme-yanılma araması olmak üzere iki koşula dayanmaktadır.[10]

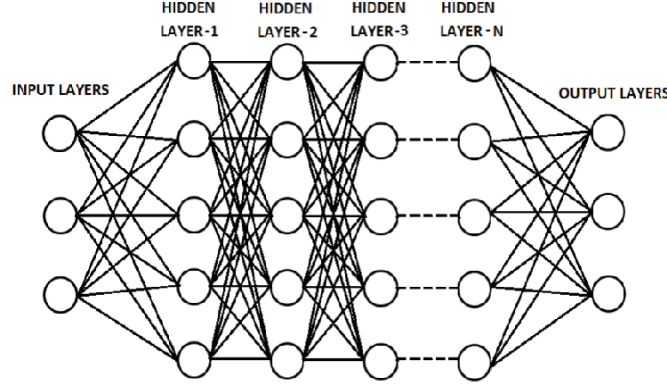


Şekil 5. Makine Öğrenimi Algoritmaları

4. Derin Öğrenme

Derin öğrenme ağlarının temelleri, 1960'larda Ivakhnenko ve Lapa'nın denetimli derin ileri beslemeli çok katmanlı algılayıcılar için ilk genel ve işlevsel öğrenme algoritmasını yayımlamalarıyla atılmıştır. Bu ağların birimleri, toplama ve çarpmaları Kolmogorov-Gabor polinomlarıyla birleştiren polinom aktivasyon fonksiyonlarına sahiptir.[11]

Derin öğrenme, makine öğrenmesinin bir alt dalı olarak çok sayıda katman ve parametre içeren bir sinir ağı mimarisi sunmaktadır. Çoğu derin öğrenme yaklaşımı, sinir ağı yapılarından faydalanmakta ve bu nedenle genellikle derin sinir ağları olarak da adlandırılmaktadır.

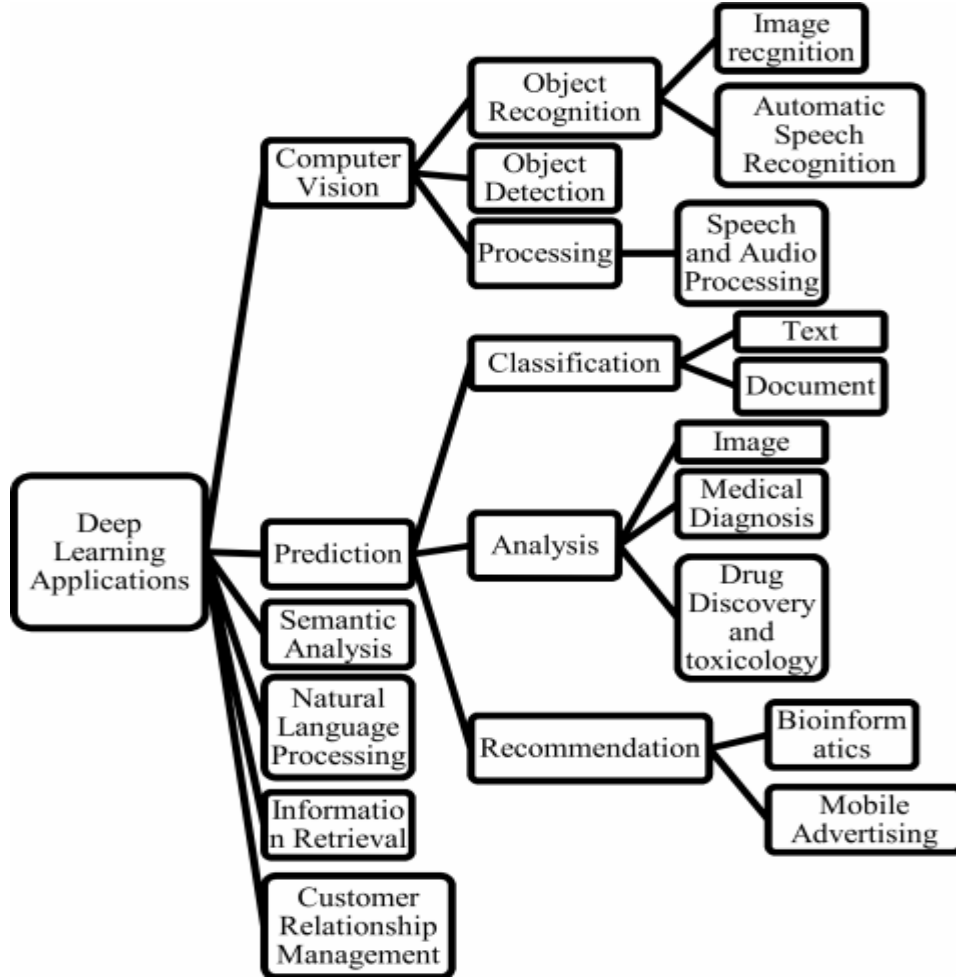


Şekil 6. Derin Öğrenme Mimarisi

Derin öğrenme, özellik çıkarımı ve dönüşümü gerçekleştirmek amacıyla doğrusal olmayan işleme birimlerinden oluşan çok katmanlı bir yapı kullanır. Veri girişine yakın alt katmanlar daha temel ve basit özellikleri öğrenirken, üst katmanlar bu alt katmanların çıktılarından daha karmaşık ve soyut özellikleri öğrenir. Bu mimari, hiyerarşik ve güçlü bir özellik temsili sunar. Dolayısıyla, derin öğrenme hem büyük ölçekli veri kümelerinin hem de farklı kaynaklardan toplanmış heterojen verilerin analiz edilmesi ve anlamlı bilgiler çıkarılması için etkili bir yöntemdir.[12]

Bu alandaki araştırmalar, daha iyi temsiller oluşturmaya ve bu temsilleri büyük ölçekli etiketlenmemiş verilerden öğrenmek için modeller geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bazı temsiller, sinirbilimindeki ilerlemelerden ilham almakta olup, sinir sistemindeki bilgi işleme ve iletişim desenlerinin yorumlanmasına dayanmaktadır. Örneğin, sinirsel kodlama, çeşitli uyaranlar ile beyindeki ilişkili nöronal yanıtlar arasındaki ilişkiyi tanımlamayı amaçlayan bir yaklaşımdır.

Günümüzde derin öğrenme, neredeyse tüm disiplinlerde etkili bir şekilde uygulanmakta olup, sıklıkla evrensel bir öğrenme yöntemi olarak nitelendirilmektedir. Makine zekasının faydalı olabileceği geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılmaktadır. Özellikle, görme sistemleri, konuşma tanıma, dil işleme, biyometri ve belirli durumlar için kişiselleştirilmiş çözümler gibi alanlarda öne çıkmaktadır. Ayrıca, karmaşık veri analizlerini otomatikleştirme ve büyük veri kümelerinden anlamlı bilgi çıkarma yeteneği, birçok bilimsel araştırma ve endüstriyel uygulamada tercih edilmesini sağlamaktadır.



Şekil 7. Derin Öğrenme Uygulamaları

Derin öğrenme algoritmaları farklı veri türleri ve problemlere yönelik geliştirilmiş çeşitli yaklaşımları içermektedir. Bu yaklaşımlara örnek olarak Derin Sinir Ağları (DNN), Evrişimli Sinir Ağları (CNN), Tekrarlayan Sinir Ağları (RNN) ve Uzun-Kısa Süreli Bellek Ağları (LSTM) verilebilir.

Derin sinir ağları (DNN), birden fazla düğüm katmanından oluşan karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu katmanlar arasında yer alan bağlantılar ve ağırlıklar, veri işleme ve modelleme süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin, görüntü işleme, doğal dil işleme ve zaman serisi analizi gibi alanlarda spesifik gereksinimlere uygun yapılar tasarlanmaktadır.

Evrişimli sinir ağları (CNN), biyolojik süreçlerden esinlenerek geliştirilmiştir. Bu ağlar, özellikle büyük veri kümelerinde otomatik özellik çıkarımı yapma yetenekleriyle dikkat çekmektedir. Görüntü ve video tanıma, öneri sistemleri, doğal dil işleme gibi alanlarda geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Ayrıca, evrişimli katmanların yerel bağlam bilgilerini yakalama yeteneği, nesne algılama ve yüz tanıma gibi görevlerde üstün performans sergilemelerine olanak tanımaktadır. Bu ağlar, yüksek doğruluk oranlarıyla modern yapay zekâ uygulamalarının temel bileşenlerinden biri haline gelmiştir.

Tekrarlayan Sinir Ağları (RNN'ler), sıralı girişlerin işlenmesini gerektiren metin ve konuşma gibi görevler için kullanılır. Başlangıçta, RNN'lerin eğitimi için geri yayılım (backpropagation) algoritması kullanılmıştır. RNN'ler, bir giriş dizisinin her bir ögesini sırayla işler ve gizli birimlerinde bir durum vektörü tutar. Bu durum vektörü, ilgili dizinin geçmişteki tüm değerlerinin bilgisini dolaylı olarak içerir. RNN'ler oldukça güçlü ve dinamik sistemlerdir, ancak eğitim sürecinde bazı sorunlar ortaya çıkabilir. Geri yayılım algoritmasında, gradyanlar her bir zaman adımında ya büyür ya da küçülür; dolayısıyla birçok zaman adımından sonra kaybolabilir.

Uzun-Kısa Süreli Bellek Ağları (LSTM), Tekrarlayan Sinir Ağları'nın (RNN) bir uygulamasıdır. Daha önce açıklanan ileri beslemeli ağ mimarilerinden farklı olarak, LSTM önceki durumların bilgisini koruyabilir ve bellek veya durum farkındalığı gerektiren görevler için eğitilebilir. LSTM, RNN'lerin temel sınırlamalarından biri olan kaybolan gradyanlar problemini, gradyanların değişmeden geçmesine izin vererek kısmen çözmektedir. LSTM, Google, Apple ve Amazon tarafından ses tanıma platformlarında kullanılmaktadır.



Şekil 8. Derin Öğrenme Algoritmaları

5.Makine Öğrenimi ve Derin Öğrenme Arasındaki Temel Farklar

Tablo 2. Makine Öğrenimi ve Derin Öğrenme Arasındaki Temel Farklar

Makine Öğrenimi	Derin Öğrenme
Genellikle verilerden öğrenmek için istatistiksel yöntemleri kullanmaktadır.	Büyük veri setlerinden öğrenmek için sinir ağlarını kullanmaktadır.
Makinelerin verilerden açıkça programlanmadan öğrenmelerini sağlayan algoritmaların geliştirilmesini içermektedir.	İnsan beyninin yapısı ve işlevinden ilham alarak yapılandırılmamış ve etiketlenmemiş verilerden öğrenme yeteneğine sahiptir.
Görüntü tanıma, doğal dil işleme ve tahminsel modelleme gibi görevlerde kullanılmaktadır.	Nesne tanıma, konuşma tanıma ve otonom araçlar gibi karmaşık görevler için kullanılmaktadır.
Finansal veya pazarlama analizi gibi yapılandırılmış verilerle çalışırken özellikle faydalıdır.	Görüntüler, konuşma veya metin gibi yapılandırılmamış verilerle başa çıkmada büyük bir potansiyel göstermektedir.
Belirli özellikler veya kurallar setine dayalı olarak çalışmaktadır.	Daha büyük veri setleriyle, öğrenme süreçlerinde insan müdahalesine ihtiyaç duymadan, daha karmaşık ve soyut temsiller öğrenebilmektedir.
Özellik çıkarma süreci uzman bilgisine dayanmaktadır.[14]	Verilerden yüksek seviyeli (soyut) özellikleri doğrudan öğrenebilmektedir.[14]

Problem genellikle daha küçük ve yönetilebilir parçalara (alt problemler) bölünür ve her bir alt problem çözülür.	Veriden öğrenme sürecini uçtan uca (end-to-end) yapar, yani ham veriden nihai sonuca kadar her şey tek bir modelde gerçekleştirilir.
Daha az parametreye sahip oldukları için eğitim süresi çok daha kısadır.	Çok sayıda parametreye sahip olması ve büyük veri setlerine dayalı olmasından dolayı modelin eğitim süresi daha uzundur.
Veri miktarına bağlı olsa da genellikle test süresi uzun sürmektedir.	Eğitilen modelin test süresi kısa sürmektedir.
Modelin verdiği kararlar daha anlaşılır ve şeffaf bir şekilde açıklanabilmektedir.	Modelin iç işleyişi ve karar verme süreçleri genellikle opaktır ve sonuçların nasıl üretildiği açıklanamamaktadır.

REFERANSLAR

- [1] Aytekin, A., Sönmez Çakır, F., Yücel, Y. B., Kulaöz, İ. (2018). ALGORİTMALARIN HAYATIMIZDAKİ YERİ VE ÖNEMİ. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 5(7), 143-150.
- [2] Özgür, S. B. (2021). Algoritmalar, Yapay Zekâ, Makine Öğrenmesi, Derin Öğrenme ve Uygulamaları: Beşerî Fayda Üretiminin Yazılımlar Tarafından Karşılanması. *Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 10(1), 1-29.
- [3] Pirim, A. G. H. (2006). Yapay zekâ. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 1(1), 81-93.
- [4] Öztürk, K., & Şahin, M. E. (2018). Yapay sinir ağları ve yapay zekâ'ya genel bir bakış. *Takvim-i Vekayi*, 6(2), 25-36.
- [5] Ulusoy, İ. (2023). Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Sigorta Sektörünü Yeniden Şekillendiriyor. *Türkiye Sigorta Birliği*: https://www.tsb.org.tr/media/attachments/ipek-ulusoy_yapay-zeka-ve-makine-ogrenmesi. Pdf adresinden alındı.
- [6] Sharifani, K., & Amini, M. (2023). Machine learning and deep learning: A review of methods and applications. *World Information Technology and Engineering Journal*, 10(07), 3897-3904.
- [7] Mahesh, B. (2020). Machine learning algorithms-a review. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. [Internet], 9(1), 381-386.
- [8] Ongsulee, P. (2017, November). Artificial intelligence, machine learning and deep learning. In *2017 15th international conference on ICT and knowledge engineering (ICT&KE)* (pp. 1-6). IEEE.
- [9] Janiesch, C., Zschech, P., & Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning. *Electronic Markets*, 31(3), 685-695.
- [10] Sharma, N., Sharma, R., & Jindal, N. (2021). Machine learning and deep learning applications-a vision. *Global Transitions Proceedings*, 2(1), 24-28.
- [11] Schmidhuber, J. (2015). Deep learning. *Scholarpedia*, 10(11), 32832.
- [12] Shinde, P. P., & Shah, S. (2018, August). A review of machine learning and deep learning applications. In *2018 Fourth international conference on computing communication control and automation (ICCUBEA)* (pp. 1-6). IEEE.
- [13] Shrestha, A., & Mahmood, A. (2019). Review of deep learning algorithms and architectures. *IEEE access*, 7, 53040-53065.
- [14] Xin, Y., Kong, L., Liu, Z., Chen, Y., Li, Y., Zhu, H., ... & Wang, C. (2018). Machine learning and deep learning methods for cybersecurity. *Ieee access*, 6, 35365-35381.

Applied Electronic Card Design in Power Systems

¹Eren ÇAĞLAR, ²Burak Can DEMİRTAŞ, ³İsmail SARITAŞ

Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Elektrik -Elektronik Mühendisliği
^{1*}erencaglr20@gmail.com, ²dmrstcan06@gmail.com, ³isaritas@selcuk.edu.tr

Abstract - The purpose of the card we designed is to measure the temperature, current, and voltage values of systems operating with high currents and to analyze the system's abnormal behaviors. Using the ACS-758 150B sensor, the system can read current ranges up to 150 amperes, while the 10k NTC temperature sensor provides precise measurement capabilities. The relay on the card allows for easy control in case of abnormal situations or manual shutdown. The built-in CAN bus transmits data to multiple devices. Additionally, the touchscreen NEXTION display enables the user to monitor real-time data and interact with the system when intervention.

Keywords – High current monitoring, ACS-758 150B Sensor, CAN bus communication, NEXTION touch screen

Özet- Tasarladığımız kartın amacı yüksek akımlarla çalışan sistemlerin sıcaklık, akım ve gerilim değerlerini ölçmek ve sistemin anormal davranışlarını analiz etmektir. ACS-758 150B sensörünü kullanan sistem, 150 ampere kadar akım aralıklarını okuyabilir, 10k NTC sıcaklık sensörü ise hassas ölçüm yetenekleri sağlar. Kart üzerinde bulunan röle, anormal durumlarda veya manuel kapanma durumunda kolay kontrol imkânı sağlar. Yerleşik CAN veri yolu verileri birden fazla cihaza iletir. Ayrıca dokunmatik NEXTION ekranı, kullanıcının gerçek zamanlı verileri izlemesine ve müdahale sırasında sistemle etkileşime girmesine olanak tanır.

Anahtar Kelime – Yüksek akım izleme, ACS-758 150B Sensörü, CAN veri yolu iletişimi, NEXTION dokunmatik ekran

GİRİŞ

Hyperloop teknolojisi, yenilikçi ve süratli ulaşım sistemlerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışma, hyperloop aracında kullanılmak üzere geliştirilen, yüksek akım ile çalışan sistemlerin güvenliğini ve kontrol edilebilirliğini sağlamaya yönelik bir güç kontrol kartı tasarımına odaklanmaktadır. Kart, sistemlerin enerji akışını yönetmenin yanı sıra, operasyonel verileri izleme ve kontrol etme imkânı sunmaktadır.

Tasarlanan bu kart, gücün akışının yönetilmesini sağlayan bir H köprüsü, sistemin akım yüklerini izleyen bir ACS758-50B akım sensörü ve çevresel şartların takibini sağlayan bir NTC sıcaklık sensörü içermektedir. Ayrıca, kontrol kartında bulunan ve 25V tetik gerilimi ile çalışan bir röle, CN17F-3 optokuplörü kullanılarak izole bir şekilde anahtarlansaktadır. Optokuplör, hem elektromanyetik parazitten korunma sağlamakta hem de kontrol sisteminin güvenliğini artırmaktadır.

Ayrıca, kart üzerinde bulunan Nextion ekran, akım, sıcaklık, gerilim ve kontaktörün açılıp kapanma durumlarını izleme ve kontrol etme imkanı sağlamaktadır. Bu kart, özellikle üzerinde çalıştığımız hyperloop aracındaki birçok yüksek akım ile çalışan sistemin verilerini yönetmek amacıyla kullanılmaktadır. Aynı zamanda, bu veriler CAN Bus aracılığıyla ankarta aktarılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, yukarıda belirtilen bütün bileşenleri entegre eden ve etkin bir şekilde çalışan kompakt bir kontrol kartı tasarımı ve gerçekleştirilmesidir. Kartın tasarımı ve uygulanması sırasında uluslararası standartlara uygunluk gözetilmiştir. Bu makale, geliştirilen sistemin tasarım detaylarını, bileşen seçim kriterlerini, deneysel sonuçları ve potansiyel uygulama alanlarını detaylandırmaktadır.[3]

DEVRENİN ORTAYA ÇIKIŞ AMACI VE KULLANILAN MALZEMELER

Hyperloop projelerinde yüksek akım ve gerilim değerlerine sahip elektriksel sistemlerin hassas bir şekilde kontrol edilmesi ve bu sistemlerin performansının izlenmesi ihtiyacı doğmuştur. Geleneksel kontrol sistemlerinin karmaşıklığı ve yetersizliği, bu tarz çözüm odaklı ve entegre bir kart tasarımına olan gereksinimi ortaya çıkarmıştır. Bu kart,

sistemlerin enerji yönetimini optimize ederken, güvenilirliği artırmak ve operasyonel riskleri azaltmak amacıyla geliştirilmiştir.

Güç kontrol kartı, hyperloop aracında çalışan yüksek akımlı bileşenlerin hem korunmasını hem de etkin şekilde kontrol edilmesini sağlamak üzere tasarlanmıştır. Kart, aşırı akım durumlarını algılayarak sistemleri koruyabilmekte ve sıcaklık ile gerilim gibi kritik verileri merkezi bir birime aktarabilmektedir. Ayrıca, CAN Bus protokolü kullanılarak aracın ana kontrol sistemine entegre edilen bu kart, operasyonel verilerin anlık olarak izlenmesine ve uzaktan müdahaleye olanak tanımaktadır.

Nextion ekranının entegrasyonu sayesinde kullanıcılar, sistemin şandaki akım, gerilim ve sıcaklık bilgilerini anında görüntüleyebilmekte ve kontaktörlerin durumunu kontrol edebilmektedir. Bu yenilikçi tasarım, hem sistemlerin daha güvenli ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlamakta hem de hyperloop aracının genel performansına katkıda bulunmaktadır. Bu kartın ilk tasarımını yaparken Hyperloop teknolojisinde kullanmak için yaptık fakat kartın tasarımını ve mantığını kompakt bir şekilde oluşturduğumuzdan dolayı bir çok farklı sisteme rahatlıkla entegre edilebilir .

Sistemimizde kullanılan mikrodenetleyici ve elektronik komponentler , üzerinde çalıştığımız projenin gereksinimlerine ,sistemin ihtiyaçlarına ve içeriğine göre seçilmiştir

- **STM32F103C8T6 MİKRODENETLEYİCİ :**

STM32F103C8T6 mikrodenetleyicisi, STM32 serisinin F1 ailesine ait olup performans, enerji verimliliği ve maliyet arasında dengeli bir çözüm sunar. Bu mikrodenetleyiciyi seçmemizin avantajları ve özellikleri şunlardır:

Avantajları:

1. Geniş Periferik Desteği:

- Çeşitli haberleşme protokollerini (UART, I2C, SPI, CAN, USB) destekler, bu da sistemimizde farklı bileşenlerle uyumlu çalışmasını sağlar.
- CAN Bus desteği, hyperloop gibi endüstriyel sistemlerde kritik bir iletişim protokolü olan CAN protokolünün kolayca entegre edilmesine olanak tanır.

2. Yüksek Performans:

- 72 MHz işlemci hızı ile düşük gecikmeli işlem yapabilme yeteneği sunar. Bu özellik, gerçek zamanlı verilerin işlenmesini gerektiren uygulamalar için idealdir.
- Dahili donanım birimleri sayesinde işlem yükü mikrodenetleyici çekirdeğinden alınıp hız artırılabilir.

3. Düşük Güç Tüketimi:

- Enerji verimliliği sağlamak için güç yönetimi modları sunar. Bu, enerji kısıtlaması olan sistemlerde özellikle önemlidir.

4. Geniş Hafıza:

- 64 KB Flash bellek ve 20 KB SRAM ile, hem kod depolama hem de çalışma zamanı için yeterli alan sağlar.
- Bu kapasite, sistemin karmaşık kontrol algoritmalarını ve veri işleme görevlerini rahatlıkla gerçekleştirebilmesini sağlar.

5. Kolay Programlanabilirlik:

- Açık kaynaklı geliştirme araçlarının yanı sıra STM32CubeIDE gibi resmi araçlarla kolay programlama ve hata ayıklama imkanı sunar.
- Çevrimiçi kaynaklar, kütüphaneler ve geniş bir kullanıcı topluluğu sayesinde yazılım geliştirme süreci hızlanır.

6. Maliyet Avantajı:

- Rakip mikrodenetleyicilere kıyasla uygun fiyatlı olması, projenin bütçesini optimize etmeye yardımcı olur.

STM32F103C8T6 mikrodenetleyicisi, hyperloop gibi yüksek teknoloji projelerdeki karmaşık veri işleme, iletişim ve kontrol gereksinimlerini karşılamak için ideal bir seçimdir. Geniş özellik seti, uygun maliyeti ve endüstri standartlarına uygunluğu ile sistemimizin verimli, güvenilir ve ölçeklenebilir bir şekilde çalışmasını sağlar.

ACS758-150B AKIM SENSÖRÜ :

Avantajları:

1. Geniş Akım Aralığı:

- 150 A'e kadar doğrusal ölçüm kapasitesi sunar. Bu, yüksek akım gerektiren sistemlerde geniş bir uygulama yelpazesi sağlar.
- Bipolar ölçüm desteği sayesinde hem pozitif hem de negatif akımları algılayabilir.

2. Yüksek Hassasiyet:

- Dahili Hall etkisi teknolojisi ile akım değişikliklerini hızlı ve doğru bir şekilde algılar.
- 1 mV/A gibi hassas bir çözünürlük sunarak küçük akım değişikliklerinin dahi izlenmesine olanak tanır.

3. Galvanik İzolasyon:

- Sensör, iletken yol ile ölçüm elektroniği arasında galvanik izolasyon sağlar. Bu özellik, yüksek gerilimli sistemlerde güvenliği artırır.

4. Düşük Güç Kaybı:

- Düşük seri dirençli (1.1 mΩ) iletken yol sayesinde güç kaybını minimumda tutar.
- Bu, enerji verimliliği sağlamak ve sistemin aşırı ısınmasını önlemek açısından önemlidir.

5. Yüksek Çıkış Doğruluğu:

- Lineer analog çıkışı, akım ölçüm verilerinin mikrodenetleyici gibi birimler tarafından kolayca işlenmesini sağlar.
- Minimum ofset hata ile doğruluğu artırır.

6. Geniş Sıcaklık Aralığı:

- -40°C ile +150°C arasında çalışma sıcaklığı sunar, bu da zorlu çevresel koşullarda bile güvenilir çalışmayı sağlar.

7. Kolay Entegrasyon:

- Kompakt boyutları ve lehimlenebilir terminal yapısı ile sistem tasarımına kolayca entegre edilebilir.
- Standart analog çıkış voltajı sayesinde mikrodenetleyicilerle doğrudan kullanılabilir.

8. Dayanıklılık:

- Aşırı akım koruması ile yüksek akımlara karşı güvenilirlik sunar.
- Fiziksel olarak sağlam yapısı, uzun ömürlü kullanım sağlar.

ACS758-B150 serisi akım sensörü, yüksek akım ölçümü gerektiren uygulamalarda hassas, güvenilir ve enerji verimli bir çözüm sunar. Galvanik izolasyon ve geniş sıcaklık aralığı gibi özellikleri, hyperloop gibi ileri teknoloji projeler için ideal bir seçim yapar. Kolay entegrasyon ve yüksek hassasiyet sayesinde, sistemin izlenmesi ve kontrol edilmesi süreçlerinde kritik bir rol üstlenir.

10K NTC SICAKLIK SENSÖRÜ :

10K NTC (Negative Temperature Coefficient) sıcaklık sensörü, çevre sıcaklığını izlemek ve elektronik sistemlerde güvenilir sıcaklık kontrolü sağlamak amacıyla tasarlanmış bir bileşendir. Hyperloop gibi ileri teknoloji sistemlerinde bu sensörü tercih etmemizin nedenleri, geniş kullanım alanı, yüksek hassasiyet ve basit entegrasyon özellikleridir.[6]

Avantajları:

1. Yüksek Hassasiyet:

- NTC yapısı sayesinde küçük sıcaklık değişimlerine bile hızlı ve doğru bir şekilde tepki verir.
- Özellikle 10°C ile 50°C arasındaki sıcaklık aralığında doğruluk oranı yüksektir.

2. Geniş Uygulama Alanı:

- Hyperloop sistemlerinde motorlar, bataryalar ve elektronik devrelerin sıcaklık kontrolünde kullanılabilir.
- Hem sabit sıcaklık izleme hem de aşırı sıcaklık koruma devrelerinde işlevseldir.

3. Basit ve Ekonomik:

- Düşük maliyeti ve kolay bulunabilirliği sayesinde geniş ölçekli projelerde uygun maliyetli bir çözüm sunar.
- Çalışma prensibi karmaşık devrelere ihtiyaç duymadan uygulanabilir.

4. Kompakt Tasarım:

- Küçük boyutları, devre kartlarında minimum yer kaplayarak tasarım esnekliği sağlar.
- Fiziksel olarak dayanıklı yapısı, zorlu ortamlarda uzun süreli kullanım sunar.

5. Geniş Çalışma Aralığı:

- -40°C ile +125°C gibi geniş bir sıcaklık aralığında çalışabilir.
- Çeşitli çevresel koşullarda kararlı performans sergiler.

6. Düşük Güç Tüketimi:

- Pasif bir eleman olduğu için enerji tüketimi yok denecek kadar azdır.

7. Kolay Entegrasyon:

- ADC (Analog-Dijital Çevirici) ile kolayca kullanılabilir.
- Sıcaklık-voltaj ilişkisi doğrusal olmadığı için sıcaklık ölçümleri mikrodenetleyicilerle doğrulukla işlenebilir.

Kullanım Alanları:

- Motor sıcaklığı izleme ve kontrolü.
- Batarya yönetim sistemlerinde sıcaklık ölçümü.
- Elektronik devrelerin aşırı sıcaklıktan korunması.
- Hyperloop gibi ileri teknoloji sistemlerinde termal kontrol.

10K NTC sıcaklık sensörü, basit tasarımı, ekonomik yapısı ve yüksek hassasiyeti sayesinde hyperloop sistemlerindeki sıcaklık ölçüm ihtiyaçlarını etkin bir şekilde karşılar. Geniş çalışma aralığı ve çevresel dayanıklılığı, sensörü zorlu koşullarda kullanılabilir kılar. Kolay entegrasyonu ve düşük maliyeti, hyperloop gibi yüksek teknoloji projelerinde bu sensörü ideal bir seçim haline getirir.

BARİYER BLOK:

Bariyer bloklar, elektriksel izolasyonun sağlanması ve hassas elektronik sistemlerin korunması amacıyla tasarlanmış önemli devre elemanlarıdır. Özellikle yüksek akım ve gerilimlerin bulunduğu devrelerde, güvenliği artırmak ve sistemin uzun ömürlü çalışmasını sağlamak için kullanılır. Hyperloop gibi ileri teknoloji uygulamalarında, bariyer blokların sistem güvenliği açısından önemi büyüktür.

Avantajları:

1. Elektriksel İzolasyon:

- Yüksek gerilim veya farklı topraklama noktaları arasında elektriksel izolasyon sağlar.
- Kritik bileşenlerin arızalanmasını önler ve kullanıcı güvenliğini artırır.

2. Parazit Koruması:

- Elektromanyetik girişimden (EMI) kaynaklanan sinyal bozulmalarını önler.
- Hata algılama ve kontrol sistemlerinde daha hassas ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlar.

3. Modüler Tasarım:

- Kolay montaj ve devre düzenlemelerine uygun kompakt bir yapı sunar.
- Devreye eklenmesi veya değiştirilmesi oldukça basittir.

4. Yüksek Gerilim Dayanımı:

- Yüksek gerilimlere karşı dayanıklı yapısı sayesinde, güç sistemlerinde güvenle kullanılabilir.

5. Geniş Uygulama Alanı:

- Endüstriyel otomasyon sistemlerinden Hyperloop gibi ileri teknoloji projelerine kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir.

6. Termal Dayanıklılık:

- Yüksek sıcaklık koşullarında güvenilir performans sergiler.
- Aşırı ısınmadan kaynaklanan hasarları önler.

Kullanım Alanları:

Hyperloop Sistemleri:

- Yüksek akım ve gerilim hatlarında izolasyon sağlamak.
- Elektronik kontrol ünitelerini korumak.

Endüstriyel Uygulamalar:

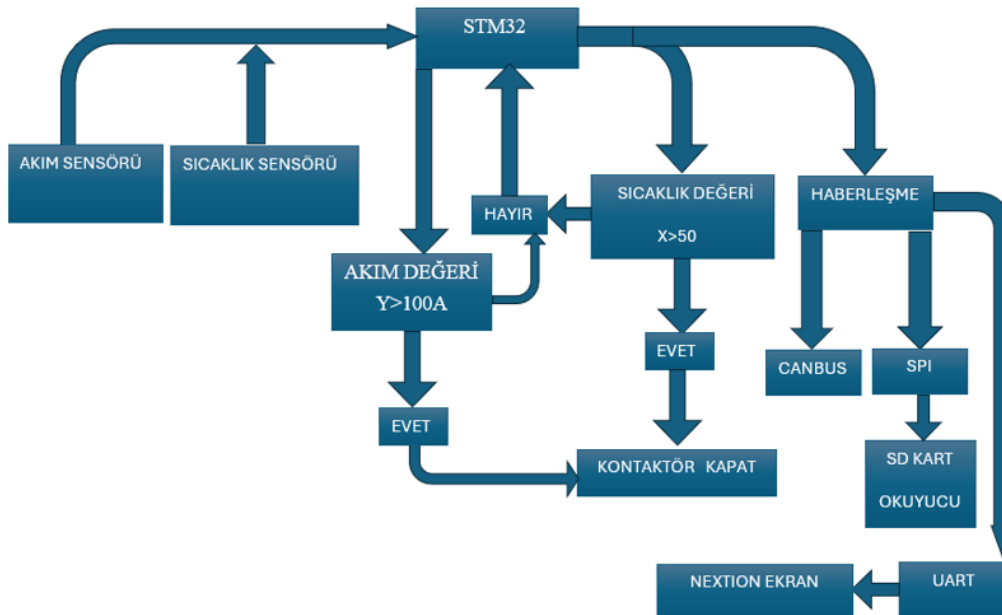
- Motor sürücüler ve güç dönüştürücülerde.
- Yüksek gerilim güç dağıtım panolarında.

Elektriksel Güvenlik Sistemleri:

- İnsan ve ekipman güvenliği için kritik bileşenlerin korunmasında.
- Aşırı gerilim ve kısa devre koşullarında sistem güvenliğini sağlamak.

Bariyer bloklar, hyperloop gibi karmaşık ve ileri teknoloji sistemlerinde güvenliğin sağlanması açısından kritik öneme sahiptir. Yüksek izolasyon kabiliyeti, termal dayanıklılığı ve elektromanyetik girişime karşı sağladığı koruma özellikleriyle, hassas elektronik bileşenlerin korunmasına katkıda bulunur. Kolay montaj ve modüler tasarımı, bu bileşeni projelerde vazgeçilmez bir çözüm haline getirir.[7]

DEVRENİN ÇALIŞMA ALGORİTMASI



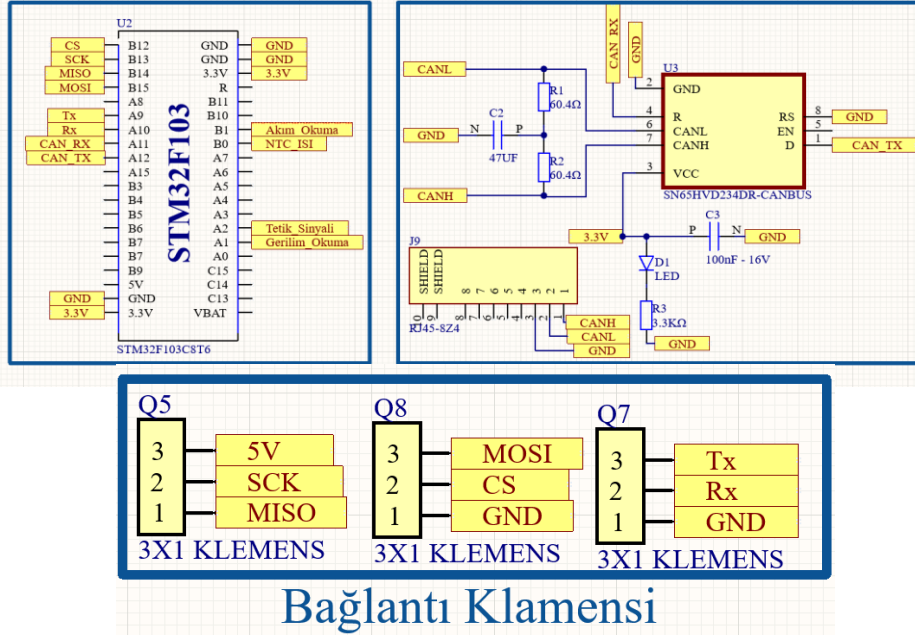
Şekil 1. Devrenin Çalışma Algoritmasının Blok Diyagrama Dökülmüş Hali

Devremizdeki temel algoritma Şekil 1’de gösterilmiştir. Devrenin temel mantığı akım ve sıcaklık sensörü, gerilim bölücü devresi kullanarak burada alınan parametreleri bir mikrodenetleyici vasıtasıyla değerlerini okuyup yazılımsal bir işleme ve denetleme işlemi yapıp sistemimizi kontrol altında tutmaktır.

DEVRENİN ŞEMASI

STM32 ve CAN Haberleşme Devresi

Bu devre, STM32F103C8T6 mikrodenetleyicisi ile CAN haberleşmesi için SN65HVD234 transceiver entegresini içermektedir.



Bağlantı Klamensi

Şekil 2. STM32, CAN, SP ve UART Şematik Çizimi

1) STM32F103C8T6 Mikrodenetleyici:

- Mikrodenetleyici, CAN_TX ve CAN_RX pinleri üzerinden CAN protokolü ile haberleşir.
- Akım, sıcaklık ve tetik sinyalleri gibi çeşitli verileri okuma amacıyla farklı giriş pinlerine bağlanmıştır.[1]

2) SN65HVD234 CAN Transceiver:

- Bu entegre, CAN veri hattı (CANH ve CANL) ile STM32 arasında elektriksel dönüşüm sağlar.
- CANL ve CANH hatları, hat sonlandırması için 60.4Ω dirençlerle tamamlanmıştır.
- GND ve 3.3V beslemesi stabilize edilmiş kondansatörlerle filtrelenmiştir (47µF ve 100nF).[1]

3) RJ45 Bağlantı Arayüzü:

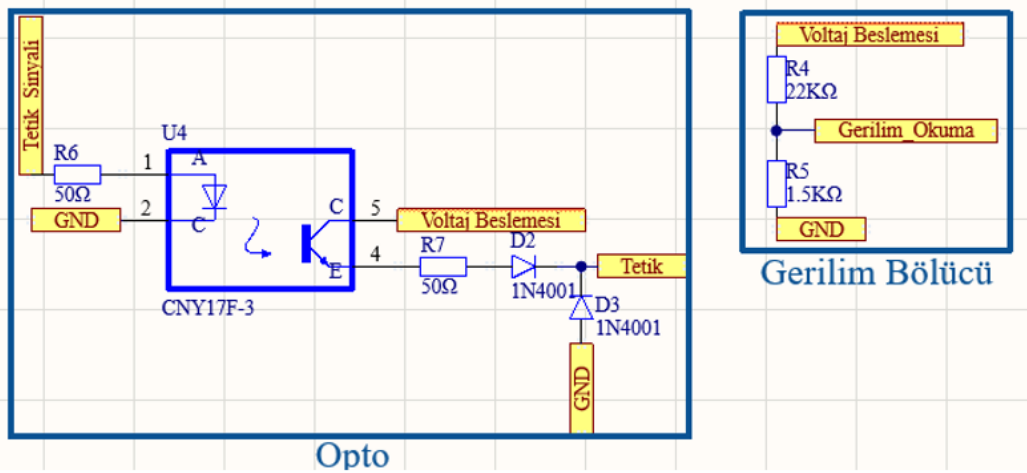
- CAN verilerini iletmek için RJ45 konektörü kullanılmaktadır.
- Shielding (koruma) uçları, EMC uyumluluğunu artırmak amacıyla toprağa bağlanmıştır.[1]

4) UART ve SPI Bağlantısı:

- NEXTION ekran ve SD kart okuyucusu bağlantısı için klamens kullanılmıştır. [1]

Optokuplör İzolasyon ve Gerilim Bölücü Devresi

Bu devre, yüksek gerilim sinyallerinin izolasyonu ve düşük voltajlı mikrodenetleyici girişine uygun hale getirilmesi için kullanılır.



Şekil 3. CNY17F-3 ve Gerilim Bölücü Şematik Çizimi

1)CNY17F-3 Opto İzolasyon:

- CNY17F-3 optokuplör entegresi, tetik sinyalinin izole edilmesini sağlar.
- LED, R6 direnç ile sürülür ve transistör tarafından tetik sinyali çıkışı oluşturulur.[1]

2)Gerilim Bölücü:

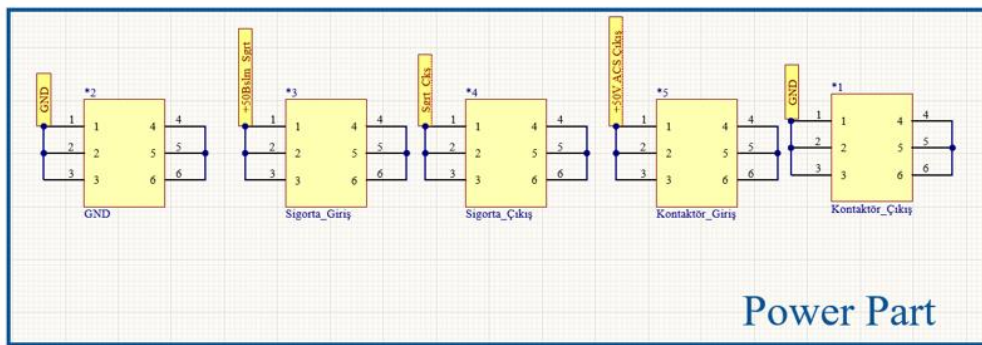
- 22kΩ (R4) ve 1.5kΩ (R5) dirençlerden oluşan gerilim bölücü, yüksek voltaj sinyalini mikrodenetleyiciye uygun bir seviyeye düşürür.
- Bu bölüm, özellikle ADC girişinden voltaj okuma için optimize edilmiştir.[1]

3)Koruma Diyotları:

- 1N4001 diyotlar, ters polarite koruması ve ani gerilim artışlarından sistemi korumak için kullanılmıştır.[1]

Güç Bölümü

Bu bölüm, güç sisteminin bağlantıları ve sigorta koruma mekanizmalarını içermektedir.



Şekil 4. Power Part Şematik Çizimi

1)Sigorta Bağlantıları:

- Devre, pozitif besleme hattını korumak için giriş ve çıkış arasında sigorta bileşenleri kullanır.
- Bu sigortalar, sistemde kısa devre veya aşırı yük durumlarında devreyi kesmek için tasarlanmıştır.

2)Kontaktör Bağlantıları:

- Kontaktör giriş ve çıkışları, 50V DC güç hatlarının anahtarlama için kullanılır.

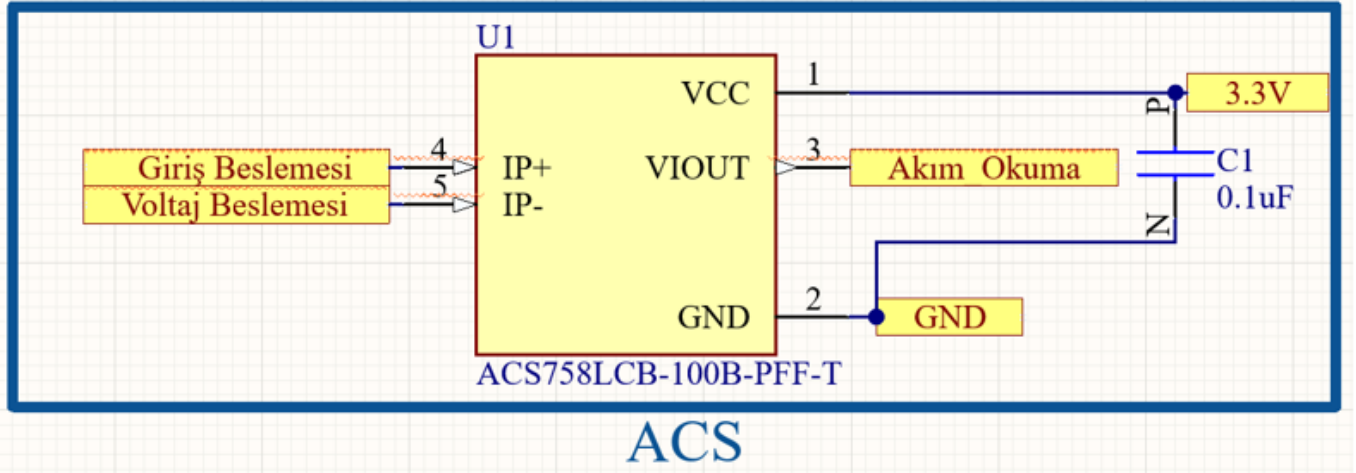
- Kontaktör çıkışı, enerji dağıtımı veya farklı yüklerin bağlantısı için optimize edilmiştir.

3)Topraklama ve Besleme:

- Tüm güç hatları, topraklama ve düzgün çalışma için ortak bir GND hattına bağlanmıştır.

Akım Sensörü Devresi (ACS758)

Yukarıdaki ilk şema, ACS758 akım sensörünü temel alarak bir akım ölçüm devresini göstermektedir. Bu devre aşağıdaki temel bileşenlerden oluşmaktadır.



Şekil 5. ACS758-150B Şematik Çizimi

1)ACS758LCB-100B-PFF-T:

- Bu, hassas akım ölçümü için kullanılan bir akım sensörüdür. Akım sensörü, IP+ ve IP- terminalleri üzerinden geçen akımı algılar ve çıkışta (VIOOUT pininden) bu akıma orantılı bir analog voltaj sağlar.

2)Besleme Gerilimi (VCC):

- Devre, 3.3V'luk bir besleme ile çalışmaktadır.

3)Çıkış Filtreleme Kapasitörü (C1):

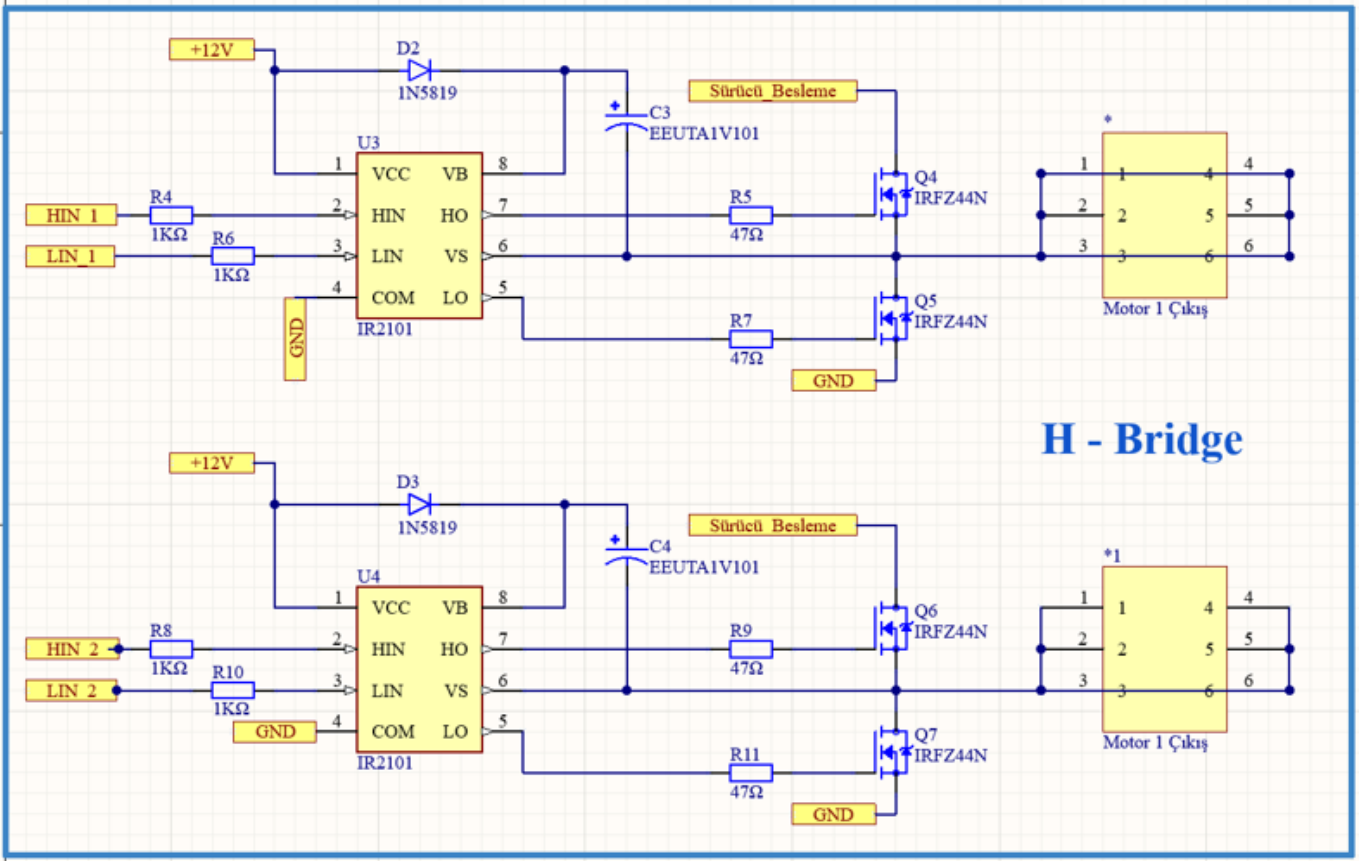
- VIOOUT pinine bağlı olan 0.1 μ F değerindeki kondansatör, çıkış sinyalini filtreleyerek daha kararlı bir ölçüm sağlar.

4)Topraklama (GND):

- Sensörün referans noktasıdır ve devredeki tüm sinyaller bu referansa göre ölçülür.

H-Köprüsü Motor Sürücü Devresi

IR2101 sürücü entegresi ve IRFZ44N MOSFET'leri kullanılarak tasarlanmış bir H-köprüsü motor sürücü devresini göstermektedir. Bu devre, motorun yönünü ve hızını kontrol etmek için kullanılır. Devrenin temel bileşenleri ve işlevleri şunlardır.



Şekil 6. H-Bridge Şematik Çizimi

- IR2101 entegresi, MOSFET'lerin sürülmesi için gerekli olan yüksek ve düşük taraf sinyallerini sağlar.
 - HIN ve LIN pinleri, motor yönünü ve çalışmasını kontrol etmek için mikrodnetleyiciden sinyaller alır.
- 2)MOSFET'ler (IRFZ44N):

- IRFZ44N tipi MOSFET'ler, motorun güç kaynağını kontrol eder. Q4, Q5, Q6 ve Q7 olmak üzere dört MOSFET, bir H-köprüsü yapısını oluşturur.

3)1N5819 Diyotlar:

- Bu diyotlar, MOSFET'lerin korumasını sağlar ve motor indüktif yükünden kaynaklanabilecek geri EMF'yi bastırır.

4)Yüksek Taraf Besleme Kapasitörleri:

- Bu kondansatörler, yüksek taraf sürücünün kararlı bir şekilde çalışması için gerekli olan şarj gerilimini sağlar.

DEVRENİN PROGRAMLANMASI

Devrenin kontrolünü sağlaması için mikrodnetleyici olarak STM32F103C8T6 kullanılmıştır. STM32F103C8T6'nın seçilme sebebi içerisinde CAN-UART-SPI ve RTC sistemleri için ekstra entegreye ihtiyaç duymadan bu işleri yapabilmesidir. Mikrodnetleyici programlamak için STMicroelectronics firmasının kendi mikrodnetleyicileri ile uyum çalışmasını sağlayan STM32CubeIDE uygulaması ile programlanmıştır. Sistemleri düzgün çalıştıracak kodların örnek kesitleri başlıklar halinde bırakılmıştır.[2]

CAN:

HAL_CAN_Start(&hcan);

HAL_CAN_ActivateNotification(&hcan, CAN_IT_RX_FIFO0_MSG_PENDING);

pTxHeader.DLC = 5;

pTxHeader.IDE = CAN_ID_STD;

pTxHeader.RTR = CAN_RTR_DATA;

pTxHeader.StdId = 0x0101;

sFilterConfig.FilterActivation = *ENABLE*;

sFilterConfig.FilterBank = 0;

sFilterConfig.FilterFIFOAssignment = CAN_FILTER_FIFO0;

sFilterConfig.FilterIdHigh = 0x303<< 5;

sFilterConfig.FilterIdLow = 0x303<< 5;

sFilterConfig.FilterMaskIdHigh = 0xFFFF << 5;

sFilterConfig.FilterMaskIdLow = 0xFFFF << 5;

sFilterConfig.FilterMode = CAN_FILTERMODE_IDMASK;

sFilterConfig.FilterScale = CAN_FILTERSCALE_32BIT;

HAL_CAN_ConfigFilter(&hcan,&sFilterConfig);

HAL_CAN_GetRxMessage(&hcan, CAN_RX_FIFO0, &pRxHeader, &rCount);

if (rCount == 1){

HAL_CAN_AddTxMessage(&hcan, &pTxHeader, dizi, &pTxMailbox);

HAL_Delay(100); }

SD KART YAZMA:

void Sdkartyazma(){

HAL_RTC_GetTime(&hrtc, &Time, RTC_FORMAT_BIN);

HAL_RTC_GetDate(&hrtc, &Date, RTC_FORMAT_BIN);

f_open(&file, "data.txt", FA_OPEN_ALWAYS | FA_WRITE | FA_READ);

sprintf(buffer, "%02d/%02d/%02d %02d:%02d:%02d, %lu, %lu, %lu\r\n",

Date.Date, Date.Month, 2000 + Date.Year,

```
Time.Hours, Time.Minutes, Time.Seconds,  
dizi[0], dizi[1], dizi[2]);  
if (f_write(&file, buffer, strlen(buffer), &bytes_written) == FR_OK) {  
    printf("Veri başarıyla SD karta yazıldı: %s", buffer);}  
else {printf("SD karta yazma başarısız!\n");}}
```

ADC ile Veri Okunması:

```
void Read_ADC()  
{sConfigPrivate.Rank = ADC_REGULAR_RANK_1;  
sConfigPrivate.SamplingTime = ADC_SAMPLETIME_1CYCLE_5;  
sConfigPrivate.Channel = ADC_CHANNEL_0;  
HAL_ADC_ConfigChannel(&hadc1, &sConfigPrivate);  
HAL_ADC_Start(&hadc1);  
readValue_Akim = HAL_ADC_GetValue(&hadc1);  
rawVoltage = readValue_Akim * 3.3 / 4095.0;  
rawVoltage = (rawVoltage - 1.589) / 0.0267;  
toplam += rawVoltage;  
akim = toplam / 200.0;  
dizi[0]=akim;  
toplam = 0;  
HAL_ADC_Stop(&hadc1);  
sConfigPrivate.Channel = ADC_CHANNEL_2;  
HAL_ADC_ConfigChannel(&hadc1, &sConfigPrivate);  
HAL_ADC_Start(&hadc1);  
HAL_ADC_PollForConversion(&hadc1, 1000);  
sicaklik = HAL_ADC_GetValue(&hadc1);  
sicaklik_1= (sicaklik_1 *3.3)/4095;  
R = (33000/gerilim)-10000;  
sicaklik_1 = a+b*(log(R))+(c*(log(R))*(log(R)));  
sicaklik_1 = 1/sicaklik_1;  
sicaklik_1 = sicaklik_1 - 273.15;  
dizi[1]=sicaklik_1;
```

```
HAL_ADC_Stop(&hadc1);  
sConfigPrivate.Channel = ADC_CHANNEL_3;  
HAL_ADC_ConfigChannel(&hadc1, &sConfigPrivate);  
HAL_ADC_Start(&hadc1);  
HAL_ADC_PollForConversion(&hadc1, 1000);  
voltaj = HAL_ADC_GetValue(&hadc1);  
voltaj = (voltaj*3.3)/4095;  
voltaj = voltaj*((22000+1500)/1500);  
dizi[2]=voltaj;  
HAL_ADC_Stop(&hadc1);  
}  
[3][4]
```

SONUÇ

Yaptığımız araştırmalar ve devrenin işleyişinde gördüğümüz sonuçlara göre bu kartın işleyişinde bir sorun olmadığını ve sorunsuz bir hareket alanı sağlamaktadır. Spesifik bir amaç için tasarlanan kartın birçok endüstriyel uygulamada basit ve efektif sonuç odaklı işlerde verimli bir şekilde çalıştığı başarı ile gözlemlenmiştir. Bu kartın tasarımını yaparak işleyiş sırasında yanlış gidişatın tespiti ve olası göz ardı ile hasara yol açacak verilerin sd karta anlık olarak saat dakika ve saniye olarak kayıt altında bulunması iş veren ve işçi arasında yaşanacak tartışmalarda ciddi bir kanıt olarak kullanılması İSG ve sosyal yaşantıda huzuru sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] <https://www.alldatasheet.com/>
- [2] https://www.st.com/content/st_com/en.html
- [3] <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- [4] <https://scholar.google.com/schhp?hl=tr>
- [5] <https://kesifaraci.com/>
- [6] <https://www.thinksrs.com/downloads/programs/therm%20calc/ntccalibrator/ntccalculator.html>
- [7] <https://e2e.ti.com/support/sensors-group/sensors/f/sensors-forum>

A Comparative Analysis of OpenCV and EAST: Deep Learning-Based Methods for Text Detection

^{1*}Beyza Nur MURAT, ²Bayram Ali DURSUN

^{1,2}Department of Electrical and Electronic Engineering Student, Selcuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya,
^{1*}233312047@ogr.selcuk.edu.tr, ²213302116@ogr.selcuk.edu.tr

Abstract - This paper addresses the inadequacy of traditional image processing algorithms such as OpenCV. Even though OpenCV can be preferable because of flexibility, ease of use, low cost, and the ability to provide fast results, it cannot detect text from complicated images, different resolutions, distances, and non-standard texts. This case limits the use of image-processing algorithms for visual data in disorganized and unstructured environments. This paper discusses why it is necessary to use EAST (Efficient And Accurate Scene Text Detection), which is a deep learning-based algorithm that yields more accurate results. EAST can provide high accuracy using Convolutional Neural Networks (CNN) even in low-resolution images and complicated backgrounds. While classical OpenCV methods focus on rectangular or horizontally aligned text regions and fail to detect inclined text, EAST can effectively detect even inclined text regions. This paper compared OpenCV-based algorithms with deep learning-based algorithms such as EAST. It analyzed why deep learning-based algorithms should be preferred for image processing in real-world applications. This study aspires to guide researchers and developers in selecting the appropriate methods for improving text detection and recognition technologies.

Keywords – Image Processing; Efficient And Accurate Scene Text Detection (EAST); OpenCV; Text Detection; Deep Learning; Algorithm Comparison

Özet - Bu makale, OpenCV gibi geleneksel görüntü işleme yaklaşımlarının görsellerdeki yazıları algılamadaki yetersizliklerini ele almaktadır. OpenCV kullanım esnekliği, kolaylığı, düşük maliyeti ve hızlı çözümler sunabilme kapasitesi ile tercih edilebilir olsa da karmaşık görsellerdeki, farklı çözünürlük ve uzaklıktaki yazıları ve standart olmayan yazı tiplerini tespit etmede yetersiz kalmaktadır. Bu durum, özellikle düzensiz ve yapılandırılmamış ortamlardaki görsel veriler için bu yöntemlerin kullanımını sınırlamaktadır. Bu makalede görüntü işlemede daha yüksek doğruluk elde edebilmek için neden derin öğrenme tabanlı algoritmalarından biri olan EAST'ın (Efficient And Accurate Scene Text Detection) kullanılması gerektiği üzerinde durulmaktadır. EAST, CNN (Convolutional Neural Networks, Konvolüsyonel Sinir Ağı) kullanarak düşük çözünürlüklü ve karmaşık arka planlı görüntülerde dahi metin algılama alanında yüksek doğruluk oranı sağlamaktadır. OpenCV'nin klasik yöntemleri genellikle dikdörtgen veya yatay düzenli metin bölgelerine odaklanıp eğimli metinlerde başarısız olurken EAST eğimli metinleri dahi tespit edebilmektedir. Bu çalışmada, OpenCV tabanlı yöntemler ile EAST gibi derin öğrenme tabanlı modeller karşılaştırılarak, gerçek dünya uygulamalarında neden derin öğrenme tabanlı yöntemlerin tercih edilmesi gerektiği detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Çalışma, metin algılama ve tanıma teknolojilerinin geliştirilmesinde doğru yöntemlerin seçilmesi konusunda araştırmacılara ve geliştiricilere yol göstermeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler – Görüntü İşleme; EAST; OpenCV; Metin Algılama; Derin Öğrenme; Algoritma Karşılaştırma

GİRİŞ

Günümüzde yapay zeka algoritmaları, gelişen teknoloji ile birlikte çeşitli alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kamera verilerinin işlenmesi ve bu verilerden anlamlı sonuçlar çıkartılması, otonom sistemlerden robotik uygulamalara kadar geniş bir yelpazede kritik bir rol oynamaktadır. Kamera ile alınan görüntülerin sınıflandırılması kadar, görüntülerde yer alan yazıların tespiti ve anlamlandırılması da çeşitli uygulamalar için büyük önem arz etmektedir.

Bu alandaki çalışmalar, özellikle otonom araçların çevre ile etkili bir şekilde etkileşim kurmasını sağlamak için kritik bir gereklilik haline gelmiştir. Örneğin, bir otonom aracın trafik levhalarındaki yazıları tespit ederek buna uygun hareket etmesi beklenmektedir. Benzer şekilde, insansız hava veya deniz araçları gibi sistemlerin, görüş alanlarındaki metinleri algılayıp bu bilgilere dayanarak karar vermesi gerekmektedir. Bu şekildeki bir uygulama Teknofest gibi yarışmalarda öne çıkan insansız deniz araçları (IDA) kategorisinde de karşımıza çıkmaktadır. Bu tür bir senaryoda, bir insansız deniz aracının limanda bulunan belirli bir numarayı algılaması ve bu bilgiyi verilen talimatlarla karşılaştırarak doğru limana yaklaşması beklenmektedir.

Bu projede, görüntü işleme teknikleri kullanılarak yazı tespiti ve bu tespitin performansı üzerine bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Özellikle, OpenCV ve EAST algoritmaları üzerine yoğunlaşan bu çalışma, her iki sistemin de yazı tespiti konusundaki özelliklerini ve çıktı performanslarını karşılaştırmayı amaçlamıştır. OpenCV, çeşitli şablon eşleştirme ve kenar algılama teknikleri ile görüntüleri işlerken; EAST (Efficient and Accurate Scene Text Detector) ise daha modern bir yaklaşım sunarak derin öğrenme tabanlı bir yöntemle çalışmaktadır.

Çalışma kapsamında, her iki algoritmanın çeşitli test senaryolarında performansı karşılaştırılmış, ölçütler arasında doğruluk oranı, gibi faktörler dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlar, hem akademik çalışmalar hem de uygulamalı projeler için en uygun algoritmanın seçimine rehberlik edecek önemli bulgular sunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında yatay, çok yönlü ve eğri yazılardan oluşan Total Text Dataset isimli veri seti kullanılarak kapsamlı bir performans analizi gerçekleştirilmiştir. Bu veri seti, farklı yönelimlere ve şekillere sahip yazılar içerdiği için, algoritmaların gerçek dünyadaki çeşitli zorluklarla başa çıkma kabiliyetini değerlendirmek adına ideal bir platform sağlamıştır. Bu değerlendirme, akademik araştırmalar ve endüstriyel uygulamalar için doğru algoritmayı belirleme sürecine ışık tutacak önemli bulgular sunmuştur.

MATERYALLER VE METHOD

Görsel verilerin dijitalleşmesi ve günlük hayatın birçok alanında yaygınlaşması, metin tespiti gibi zorlu problemlere yönelik daha verimli ve yenilikçi çözümlerin geliştirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Özellikle modern görüntü işleme ve yapay zeka teknolojilerindeki hızlı ilerlemeler, bu tür karmaşık görevleri daha hassas ve hızlı bir şekilde çözmeye imkanı sağlamaktadır. Bu bağlamda, OpenCV (Open Source Computer Vision Library) ve EAST (Efficient and Accurate Scene Text Detector), sokak tabelası, reklam panosu ve araç plakası gibi doğal görüntülerde yer alan metinlerin tespitinde ve analizinde öne çıkan etkili yaklaşımlar sunmaktadır.

OpenCV, görüntü işleme alanında çok yönlü ve esnek yapısıyla yaygın olarak tercih edilen bir kütüphanedir. OpenCV'nin metin tespiti için sunduğu algoritmalar, geleneksel yaklaşımlarla modern çözümler arasında bir köprü işlevi görmekte ve görüntü işleme sistemlerinde hızlı ve etkili çözümler sunmaktadır. Bu algoritmalar, metin tespiti sürecinde özellikle basitlik ve uygulama esnekliği sunarak diğer görüntü işleme modülleriyle kolayca entegre edilebilmektedir. Aralarında en yaygın olarak kullanılanlar Eşleştirme Tabanlı Yöntemler (Template Matching), Kenar Algılama (Edge Detection), MSER (Maximally Stable Extremal Regions) ile Kontur (Contour) Tabanlı Algılamadır.

Her ne kadar OpenCV metin tespiti için çok sayıda araç sunsa da, bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Örneğin, karmaşık arka planlara sahip görüntülerde veya çok düşük kontrastlı metinlerde performansı azalmaktadır. Ayrıca, çok yönlü ve eğri metinleri algılamak için ek işlem adımları gerektirmektedir.

Diğer yandan, EAST algoritması ise metin tespiti sürecinde OpenCV gibi geleneksel yöntemlere kıyasla daha etkili ve doğruluk oranı yüksek bir algoritma olmasıyla dikkat çekmektedir. Karmaşık ön işleme adımlarının olmaması, düzensiz şekillerdeki ve farklı yönelimlerdeki metinleri algılayabilmesi önemli bir avantajıdır.

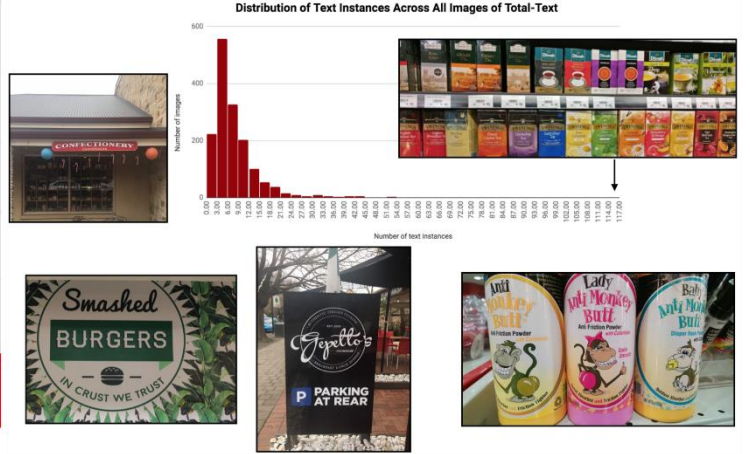
EAST; özelliklerin çıkarılması, özelliklerin birleştirilmesi ve nihai çıktının oluşturulması aşamalarından oluşan bir tam evreşimli sinir ağıdır. Bu aşamalar, metin bölgelerinin detaylı bir şekilde analiz edilmesini ve geometrik özelliklerinin hassas bir şekilde tanımlanmasını sağlar. EAST, görüntüdeki metin bölgelerinin geometrik özelliklerini tespit edebilmek için geometri haritası oluşturur. Her pikselin dört farklı yönde (üst, alt, sağ, sol) en yakın metin sınırına olan mesafesini hesaplar. Bu sayede metin bölgelerinin şekil ve sınırları doğru şekilde belirlenmiş olur. Geometrik özellikler tespit edildikten sonra metin bölgelerini tanımlamak için RBOX(Rotated Box) ve QUAD(Quadrangle) olmak üzere iki farklı geometri şekli kullanılır. RBOX, döndürülmüş dikdörtgen, eğik veya döndürülmüş metin alanları için kullanılırken QUAD ise dörtgen metin alanlarının daha esnek bir şekilde modellenmesini sağlar. Bu özelliklere ek olarak, tespit doğruluğunu optimize etmek için ise her geometrik şekle farklı kayıp işlevi (Loss Functions) tanımlanmaktadır. EAST, Loss Functions'a ek olarak bir puan haritası (Score Map) oluşturarak piksellerin bir metin bölgesine ait olup olamayacağını belirler. Bu sayede hassas ve geniş yelpazedeki metin tespiti görevlerinde dahi başarılı olmaktadır.

Bu makalede, EAST ve OpenCV'nin metin tespiti performanslarının karşılaştırılmasında analiz için Total-Text Dataset kullanılmıştır. Total-Text Dataset, mevcut metin tespiti veri setlerinden çok daha geniş bir çeşitlilik sunmaktadır. 1555 farklı görüntü içeren yatay, çok yönlü ve kavisli metinlerden oluşan bu dataset, karmaşık metin tespiti görevleri için daha çeşitli ve zorlu senaryoları desteklemektedir. Bu çeşitlilik, gerçek dünya uygulamalarında daha doğru ve kapsamlı sonuçlar elde etmek için ideal bir kaynak sağlamaktadır. Dolayısıyla, Total-Text dataset, EAST ve OpenCV gibi metin tespit araçlarının performansını değerlendirmek ve daha etkili metin tanıma uygulamaları geliştirmek için önemli bir referans durumundadır.

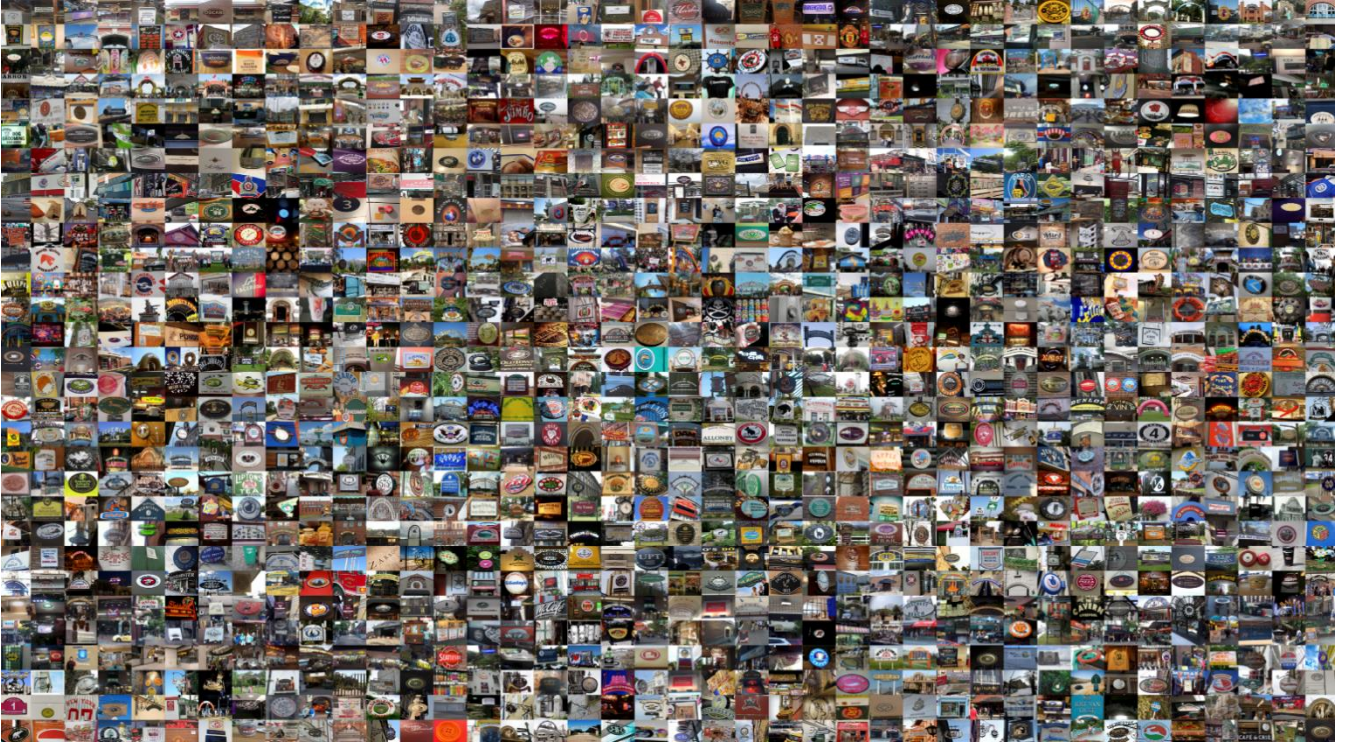
Dataset Statistics

Datasets	No. of Images	No. of Text Instances	Text instances per image	Horizontal Text	Multi-Oriented Text	Curve Text
ICDAR 2013	462	1943	4.2	✓		
ICDAR 2015	1670	11886	7.12	✓		
MSRA-TD500	500	1719	3.4		✓	
COCO-Text	63686	173589	2.73	✓	✓	
Total-Text	1555	11459	7.37	✓	✓	✓

Dataset Statistics



Şekil 1. Total-Text Dataset ile Diğer Datasetlerin Karşılaştırması



Şekil 2. Analizde Kullanılan Görseller

Bu makalede yapılan çalışmada, OpenCV ve EAST kullanılarak toplam 632 adet metin kutusu içeren görseller anlık olarak bir bilgisayardan beşer saniye aralıklarla döndürülmüş, diğer bir bilgisayarda ise bu görsellerde bulunan

metinlerin tespit işlemi gerçekleştirilmiştir. Analizde 8 megapiksel 3288 x 2512 çözünürlüklü, 1.8 açıklıklı diyafram ve 2.8 mm odak uzaklığına sahip IMX179 8MP USB Kamera kullanılmıştır. OpenCV ve EAST için iki ayrı şekilde işlem yapılmış olup her iki yöntem de ayrı ayrı analiz edilmiştir. Yapılan analizde, görsellerdeki gerçek metin kutusu sayısı, doğru tespit edilen metin kutusu sayısı ve toplam tespit edilen kutu sayısı gibi kritik değerler incelenmiştir. Bu değerlere ek olarak, tespit edilen metin bölgelerinin ne kadarının gerçekten metin olduğunun (precision), tespit edilen doğru metin bölgelerinin oranının (recall), algılama başarısı ve doğruluk oranı değerlerinin dengeli bir ortalamasının (h-mean) hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, OpenCV ve EAST'ın metin tespiti yetenekleri karşılaştırılmış ve her iki sistemin hangi durumlarda daha iyi sonuçlar sunduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, yapılan bu analiz, metin tespiti süreçlerinde kullanılan farklı yöntemlerin nasıl dengeli bir şekilde değerlendirildiğini ve doğru sonuçlara ulaşmak için hangi kriterlerin dikkate alınması gerektiğini ortaya koymuştur.



Şekil 3. Metin Tespiti Analizi

OPENCV VE EAST YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Metin tespiti üzerine yapılan bu çalışmada, farklı algoritmaların performansları derinlemesine analiz edilerek elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmada kullanılan iki yöntem, OpenCV ve EAST algoritmalarıdır; bu yöntemler, belirlenen veri seti üzerinde doğruluk, algılama başarısı ve genel etkinlik bakımından incelenmiştir. Analiz sonuçları, OpenCV algoritmasının 632 gerçek metin kutusundan yalnızca 247 tanesini doğru şekilde tespit edebildiğini göstermektedir. Öte yandan, EAST algoritması bu veri setinde 314 metin kutusunu başarılı bir şekilde tanımlamıştır. Bu bulgu, EAST algoritmasının metin tespiti sürecinde daha yüksek bir hassasiyete ve güvenilirliğe sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Toplam tespit edilen metin kutuları açısından da algoritmalar arasında belirgin farklar gözlemlenmiştir. OpenCV algoritması, analiz edilen görüntülerde 1486 metin kutusu tespit ederek, yüksek oranda yanlış pozitif sonuçlar üretmiştir. Buna karşın, EAST algoritması toplamda 432 metin kutusu tespit etmiş ve yanlış pozitif oranını daha düşük seviyede tutmayı başarmıştır. Bu durum, EAST algoritmasının gerçek metin kutularını tespit etmede daha seçici ve etkili olduğunu göstermektedir.

Yöntemlerin performans değerlendirmesi için Doğruluk Oranı (Precision), Algılama Başarısı (Recall) ve Harmonik Ortalama (H-Mean) metrikleri kullanılmıştır. Doğruluk oranı, bir algoritmanın yaptığı toplam tespitlerden kaçının doğru olduğunu ölçerken şu şekilde tanımlanır:

$$\text{Doğruluk Oranı (Precision)} = \frac{\text{Doğru Tespit Edilen Metin Kutusu Sayısı}}{\text{Toplam Tespit Edilen Metin Kutusu Sayısı}}$$

Algılama başarısı ise, veri setindeki gerçek metin kutularının ne kadarının doğru şekilde tespit edildiğini ifade eder ve şu formül ile hesaplanır:

$$\text{Algılama Başarısı (Recall)} = \frac{\text{Doğru Tespit Edilen Metin Kutusu Sayısı}}{\text{Gerçek Metin Kutusu Sayısı}}$$

Bu iki metriğin bir arada değerlendirilmesi için kullanılan H-Mean, doğruluk oranı ve algılama başarısının harmonik ortalamasını ifade eder ve şu şekilde hesaplanır:

$$\text{H-Mean} = 2 \frac{P \times R}{P + R}$$

Çalışmanın sonuçlarına göre, EAST algoritması, hem doğruluk hem de algılama başarısı açısından OpenCV algoritmasına kıyasla daha üstün bir performans sergilemiştir. EAST'in düşük yanlış pozitif oranı, algoritmanın gereksiz tespitlerden kaçınarak daha yüksek bir doğruluk sunduğunu kanıtlamaktadır. Buna karşılık, OpenCV algoritması, yüksek yanlış pozitif oranıyla daha az güvenilir bir performans sergilemiştir.

Bu çalışma, metin tespiti algoritmalarının farklı özelliklerini ortaya koyarak, algoritma seçiminin uygulamaya özel ihtiyaçlara göre yapılmasının önemini vurgulamaktadır. EAST algoritmasının üstün performansı, özellikle hassas tespitin kritik olduğu uygulamalar için bu yöntemi daha cazip hale getirmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, bu iki yöntemin farklı veri setleri üzerindeki performanslarının daha kapsamlı bir şekilde incelenmesi, daha geniş bir perspektif sunacaktır.



Şekil 4. Analiz Edilen Veri Örnekleri



Şekil 5. Analiz Edilen Veri Örnekleri

SONUÇ

Bu çalışmada, metin tespiti alanında kullanılan OpenCV ve EAST algoritmalarının performansları detaylı bir şekilde karşılaştırılmış ve doğruluk oranı, algılama başarısı ve harmonik ortalama (H-mean) gibi temel metriklerle dayalı değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, derin öğrenme tabanlı yaklaşımların geleneksel yöntemlere göre üstünlüğünü açıkça ortaya koymuş ve EAST algoritmasının, özellikle karmaşık ve düzensiz görsellerde daha etkili olduğunu göstermiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, OpenCV için doğruluk oranı (Precision, p) %16 çıkarken bu oran EAST için %72 çıkmıştır. Algılama başarısı (Recall, r) açısından EAST algoritması %64'lük bir oran yakalarken, OpenCV yalnızca %39'luk bir başarı göstermiştir. H-mean değerlendirmelerinde ise OpenCV algoritması %23'te kalırken, EAST algoritmasının değeri %68 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, EAST algoritmasının yalnızca yüksek doğruluk ve algılama başarısı sunmakla kalmadığını, aynı zamanda daha dengeli bir performans sergilediğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın katkıları, metin tespiti algoritmalarının teorik ve uygulamalı performanslarını karşılaştırarak EAST algoritmasının üstünlüklerini vurgulamış ve bu alandaki geliştirme çalışmalarına rehberlik etmiştir. Gelecekte, EAST algoritmasının farklı ve daha karmaşık veri setleri üzerindeki performansının incelenmesi, hibrit modellerin geliştirilmesi ve gerçek zamanlı performansın optimize edilmesi gibi konulara odaklanılması önerilmektedir. Sonuç olarak, EAST algoritması, metin tespiti teknolojilerinde özellikle karmaşık uygulamalar için daha uygun bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmanın, algoritma seçiminde araştırmacılara ve geliştiricilere rehberlik etmesi beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] S. Mahajan, R. Rani, and A. Kamboj, "Deep learning-based modified-EAST scene text detector: Insights from a novel multiscript dataset," *International Journal on Document Analysis and Recognition (IJ DAR)*, 2024.
- [2] Xinyu Zhou, Cong Yao, He Wen, Yuzhi Wang, Shuchang Zhou, Weiran He, Jiajun Liang; *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2017, pp. 5551-5560
- [3] Ch'ng, C. K., Chan, C. S., & Liu, C. (2020). Total-Text: Towards orientation robustness in scene text detection. *International Journal on Document Analysis and Recognition (IJ DAR)*, 23, 31–52. <https://doi.org/10.1007/s10032-019-00334-z>
- [4] Gonca, B., & Şaykol, E. (2017). Yazılım testi süreçlerinde mobil uygulamalar için yeşil bilişim uyarlama önerileri. *Beykent Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul*.

- [5] Tian, Z., Huang, W., He, T., He, P., & Qiao, Y. (2016). **Detecting Text in Natural Image with Connectionist Text Proposal Network**. *arXiv preprint arXiv:1605.07314*. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/1605.07314>
- [6] I. Haritaoglu, "Scene text extraction and translation for handheld devices," in Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit., 2001, pp. 408–413.
- [7] Ye, Q., & Doermann, D. (2015). Text detection and recognition in imagery: A survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 37(7), 1480–1498. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2014.2366765>
- [8] S. Lee and J. Kim, "Complementary combination of holistic and component analysis for recognition of low-resolution video character images," *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 29, no. 4, pp. 383–391, 2008.
- [9] Makhmudov, F., Mukhiddinov, M., Abdusalomov, A., Avazov, K., Khamdamov, U., & Cho, Y. I. (2020). Improvement of the end-to-end scene text recognition method for "text-to-speech" conversion. *International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing*, 18(6), 2050052. <https://doi.org/10.1142/S0219691320500526>
- [10] Baek, Y., Lee, B., Han, D., Yun, S., & Lee, H. (2019). Character region awareness for text detection. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 9365–9374. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2019.00959>
- [11] Ademola, O. A., Petlenkov, E., & Leier, M. (2023). Resource-aware scene text recognition using learned features, quantization, and contour-based character extraction. Embedded AI Research Laboratory, Department of Computer Systems, Tallinn University of Technology.
- [12] Wang, W., Xie, E., Li, X., Hou, W., Lu, T., Yu, G., & Shao, L. (2021). Efficient and accurate arbitrary-shaped text detection with pixel aggregation network. *International Journal of Computer Vision*, 129(2), 345–361. <https://doi.org/10.1007/s11263-020-01369-0>

Electrical and Mechanical Load Design for Induction Motors

^{1*}Mehmet Can BAYRAKCI

^{1*}Department of Electric Electronic Engineering, Selcuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya
^{1*}233302012@ogr.selcuk.edu.tr

Abstract – This study aims to develop a next-generation control and monitoring system for industrial refrigerators, optimizing temperature and humidity control to achieve energy savings and ensure the safe storage of sensitive products. The system offers an integrated, low-cost solution using the ESP32 microcontroller, DHT22 and HDC1080 sensors, and a relay module. Data is securely stored through PHP and MySQL integration, with remote access capabilities. Relay control via the RS485 protocol ensures a reliable and compatible mechanism with industrial environments. Additionally, the system allows users to set upper and lower limits for temperature and humidity values via the system panel. When the system exceeds these limits, a notification is sent to the user via the interface, providing flexibility and ease of control. The user-friendly web interface visualizes temperature and humidity data, enabling detailed analysis. Experimental results show that the system operates effectively in industrial refrigerators and provides energy savings. This project can be used as a standard model in cooling processes in the food, pharmaceutical, and chemical industries, aiming to reduce operational costs while maintaining product quality.

Keywords – Energy-efficient, temperature monitoring, humidity control, industrial refrigerators, ESP32, RS485 protocol, web interface, data visualization.

INTRODUCTION

Industrial refrigeration systems are essential in industries such as food storage, pharmaceuticals, and chemicals, where maintaining precise temperature control is vital for ensuring product safety and quality. According to global energy consumption reports, refrigeration systems account for a significant portion of industrial energy use. As energy costs rise and environmental concerns grow, improving the energy efficiency of these systems has become a top priority. Enhanced efficiency not only reduces operational costs but also contributes to minimizing the carbon footprint of industrial operations.

The key to improving energy efficiency in refrigeration systems lies in optimizing energy consumption while maintaining the required temperature levels. This project presents a solution to enhance the energy efficiency of industrial refrigeration by employing advanced sensor technologies and microcontroller-based monitoring systems. By continuously tracking temperature levels in real-time, the system ensures precise control, adjusting to fluctuations and minimizing unnecessary energy usage. This approach aims to reduce energy waste while maintaining the stability and performance of the refrigeration unit.

Through the integration of smart monitoring and optimization strategies, the system not only ensures efficient energy usage but also enhances the longevity and reliability of the refrigeration equipment. The project demonstrates how technological advancements can provide practical solutions to energy challenges, enabling industries to reduce their operational costs, improve performance, and contribute to sustainability goals.

MATERIALS AND METHOD

Materials:

- **Microcontroller and Sensors:** Temperature sensors (e.g., HDC1080) and humidity sensors (e.g., DHT22) were used to monitor internal and external conditions, ensuring efficient operation.
- **Refrigeration System:** A standard industrial refrigeration unit with a variable-speed compressor was used to adjust power consumption based on cooling demand.
- **Energy Meter:** An energy meter was used to measure the system's energy consumption during testing.
- **Control Interface:** A user interface was developed on the microcontroller to allow real-time monitoring and adjustment of system settings.

- **PWM Control:** Pulse Width Modulation (PWM) technology is used to control the speed and power of the motors. PWM allows for precise control of the motor's rotation speed, ensuring optimal performance for each motor.

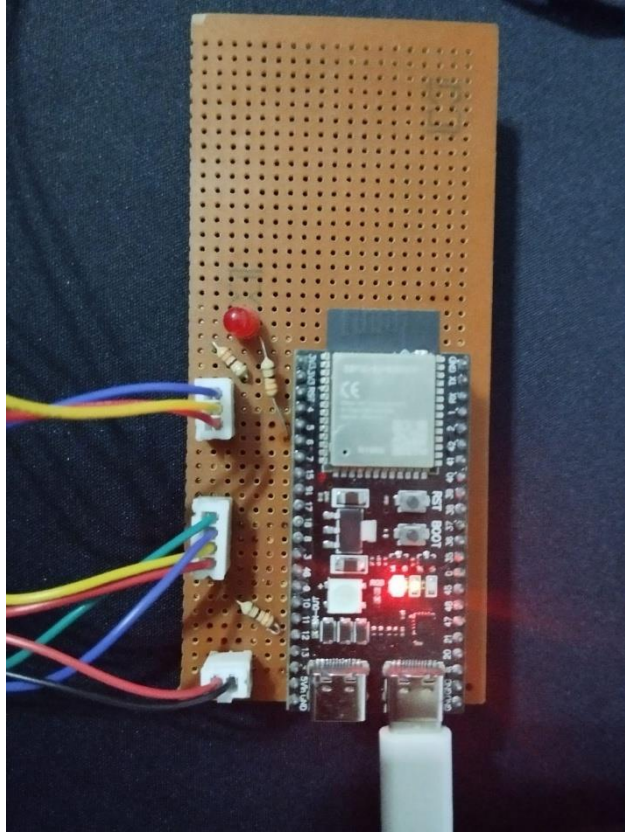


Figure 2. Circuit Board Design.

DISPLAY AND VISUALIZATION

The visualization of the system is crucial for monitoring the performance of the motors and generators. The technical details are as follows:

5-Inch ESP32 Display: The system utilizes a 5-inch ESP32 display, offering a larger screen size and higher resolution for better visualization. This display shows parameters such as motor voltage, current, power factor, and RPM values. The larger display provides enhanced readability, making it ideal for both real-time monitoring and detailed analysis.

Dynamic Graphs: The screen displays dynamic graphs showing the instantaneous power generation or consumption of the motors and generators. These graphs allow for quick assessment of whether the system is functioning efficiently.

Data Updates: The display is updated every second or more frequently, reflecting the real-time status of the motors and generators. These updates are periodically processed by the microcontroller and displayed on the screen.

Figure 3 shows the system panel design.



Figure 3. Display Design.

DATA MONİTORİNG AND CONTROL

The system is designed to monitor data and perform control functions based on specific parameters. Key features include:

Power Factor Calculation: The power factor (ϕ) indicates the energy efficiency of the system. The microcontroller calculates the real-time power factor based on current and voltage data, which is then displayed on the screen. If the power factor falls below an acceptable threshold, the system triggers a warning.

Control Panel: The system includes a web interface that allows users to make adjustments and monitor system performance remotely. Through this interface, users can modify parameters such as motor speeds, operating limits, and other settings. The user-friendly web interface ensures efficient control and monitoring from any connected device. Figure 4 shows the web interface design.

Alarm System and Safety Features: The system includes an alarm function to ensure the safe operation of the motors and generators. If any monitored parameter exceeds predefined limits, the alarm is activated. The web interface notifies users via visual cues, ensuring critical issues are detected and addressed promptly to prevent damage to the equipment.



Figure 4. Web Panel Design.

SYSTEM PERFORMANCE AND OPTIMIZATION

Energy Efficiency: The board optimizes the energy efficiency of the system by managing the motors and generators for maximum efficiency. Operating temperatures, voltage fluctuations, and current consumption are continuously monitored. Motor speeds and generator outputs are automatically adjusted when necessary to ensure efficient power usage.

Energy Consumption Monitoring: The board tracks energy consumption and suggests ways to optimize energy use. This feature is particularly important for minimizing energy costs in industrial applications.

PROTOCOLS AND COMMUNICATION

I2C or SPI Communication Protocol: The board uses I2C or SPI communication protocols for data transfer between the display and sensors. These protocols ensure fast and reliable data transmission. (Figure 5)

Wi-Fi Connectivity (Optional): If remote monitoring is desired, an ESP32-based board can be used to transfer data to an external server over Wi-Fi. This allows users to monitor data via mobile devices or computers over the internet.

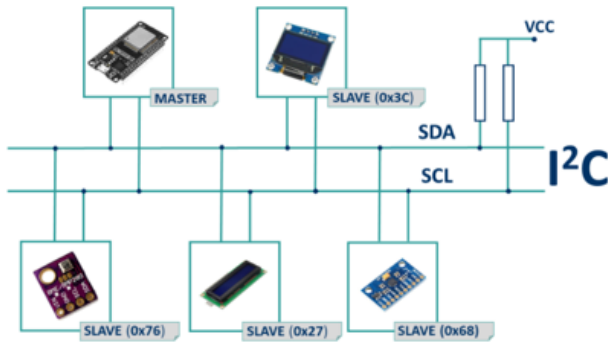


Figure 5. I2C

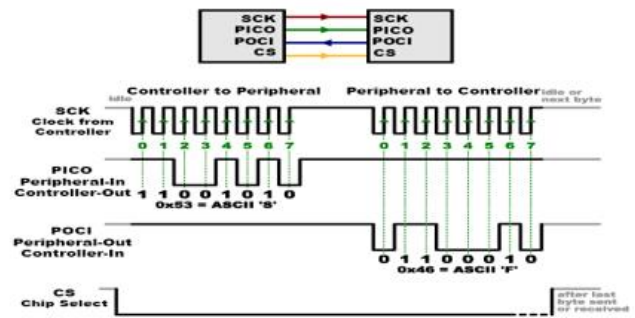


Figure 5. SPI

SOFTWARE AND USER INTERFACE

Software Integration: A user-friendly software interface is provided for monitoring motor and generator data. This interface can be web-based or a mobile application. Users can perform data analysis, access historical data, and check the system's operational status.

Data Logging: The system continuously records data from the motors and generators, making it available for analysis when needed. This feature supports performance analysis over time, enabling users to track long-term trends.

RESULTS AND DISCUSSIONS

In this section, we present the results obtained from the industrial refrigerator temperature control system and discuss the key findings, challenges, and implications of the project.

1. System Performance

The temperature control system, which utilizes an ESP32 microcontroller and various sensors, has proven to be effective in maintaining the desired temperature range for the industrial refrigerator. The system collects real-time temperature data from the DHT22 sensor, which is then processed and displayed both on the web interface and on a local panel. The temperature remains within the pre-set range, ensuring the preservation of stored goods. This was

verified through continuous monitoring over an extended period, showing minimal deviation from the target temperature.

2. Data Transmission and Monitoring

Data transmission from the ESP32 to a MySQL database using a PHP script has been efficient. The system successfully sends sensor data (temperature, humidity, and door status) at regular intervals. The web-based dashboard allows for real-time monitoring of the temperature and humidity levels within the refrigerator. Additionally, the door status is also monitored, with clear indications of whether the door is open (blue) or closed (red). The use of color-coded door status helps improve system visibility and alerts the user in case of an issue.

3. Control and Automation

The relay-controlled cooling mechanism works seamlessly, adjusting the temperature inside the refrigerator based on the real-time data. When the temperature exceeds the pre-defined threshold, the cooling system is activated to bring it back into the optimal range. This automated process has proven to be responsive, with the system reacting promptly to temperature fluctuations and ensuring stable conditions for the stored items.

4. User Interface and Usability

The user interface of the web dashboard has been designed to be user-friendly and responsive. The data is displayed clearly with graphs, gauges, and real-time updates. The system's design allows users to view the temperature, humidity, and door status at a glance. The use of toggle switches for fan control and intuitive buttons for navigation contributes to the overall ease of use. The responsive design ensures that the interface works well on both desktop and mobile devices, improving accessibility.

5. Challenges Encountered

Despite the system's overall success, a few challenges were encountered during the implementation:

Sensor Accuracy: While the DHT22 sensor provides reliable temperature and humidity readings, occasional sensor drift was observed, which required recalibration to ensure consistent accuracy.

Data Syncing Delays: There were occasional delays in data synchronization between the ESP32 microcontroller and the web interface. This was mainly due to network instability and the frequency of data transmission, which was eventually optimized by adjusting the intervals at which the data was sent.

Power Consumption: The system's power consumption, especially when the cooling system is engaged, was higher than initially anticipated. Future iterations of the project may explore more energy-efficient components or strategies for optimizing power use.

6. Future Improvements

There are several potential improvements that could be made to the system:

Sensor Calibration: To ensure greater accuracy, the system could be equipped with an automatic calibration feature that adjusts the sensor readings periodically to minimize any drift.

Advanced Cooling Control: The cooling system could be enhanced with more sophisticated control algorithms that optimize energy consumption while maintaining temperature stability.

Remote Alerts: Adding a remote alert system via email or SMS notifications when the temperature deviates from the acceptable range or if the door is left open for too long would increase the system's reliability and responsiveness.

7. Conclusion

The industrial refrigerator temperature control system has demonstrated the capability to maintain stable and optimal conditions for temperature-sensitive products. The integration of real-time monitoring, automated cooling control, and web-based visualization provides a robust solution for industrial refrigeration applications. The challenges

encountered during the implementation phase were successfully addressed, and the system's performance met the project's objectives. With further optimization, the system can be enhanced to provide even greater efficiency and reliability in future deployments.

REFERENCES

- [1] International Energy Agency (IEA). (2020). *The Future of Energy Efficiency: A Global Assessment*.
- [2] Smith, J. D., & Miller, L. P. (2018). "Induction Motors and their Role in Global Energy Consumption." *Energy Efficiency Journal*, 12(4), 221-234.
- [3] Jones, R., & Harris, C. (2017). "Squirrel-Cage Induction Motors: An Overview of Efficiency Improvements." *Journal of Industrial Engineering*, 23(2), 145-157. Sekine T, Ohtsuki H. Cascaded voltage collapse. *IEEE Trans Power Syst* 1990;1(5):250–6.
- [4] Zhang, X., & Liu, Y. (2019). "Voltage Stability in Induction Motor Systems." *Journal of Electrical Power*, 31(3), 111-124.
- [5] O'Neill, S., & Cooper, D. (2021). "Energy Efficiency and Power Disruptions: A Historical Perspective." *Energy Systems Review*, 45(6), 502-513.
- [6] **Santos, M., & Rodrigues, P. (2019).** "IoT-based Temperature and Humidity Monitoring System for Smart Refrigerators." *International Journal of Computer Applications*, 178(18), 28-34. <https://doi.org/10.5120/ijca2019918294>
- [7] **Zhang, Y., & Wu, Z. (2021).** "Design and Application of Intelligent Refrigeration Systems Using IoT." *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 68(5), 4062-4071.
- [8] **Kothari, A., & Soni, P. (2017).** "Design and Implementation of Temperature Control System Using ESP32." *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics, and Instrumentation Engineering*, 6(4), 1193-1198.
- [9] **Morris, J., & Thompson, G. (2018).** "Real-Time Data Monitoring and Control for Industrial Applications." *Journal of Automation and Control Engineering*, 10(3), 125-132.
- [10] **Tosun, A., & Yilmaz, G. (2019).** "Energy-Efficient Refrigeration Systems for Industrial Applications." *Energy Reports*, 5, 480-487.
- [11] **Chen, Z., & Lee, K. (2020).** "IoT-based Temperature and Humidity Monitoring System for Cold Chain Logistics." *Sensors*, 20(10), 2868.
- Li, H., & Wang, M. (2021).** "Design and Implementation of a Real-time Temperature Monitoring System Using ESP32 and IoT." *International Journal of Engineering and Technology*, 9(4), 295-300.
- Kumar, R., & Gupta, A. (2020).** "A Smart Temperature Control System for Refrigerators Using IoT." *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, 18(9), 28-33. Retrieved from

Underwater Vehicle Mechanical Design And Process

^{1*}Furkan Cengiz , ²Serenay Kartal

^{1,2}Department of Mechanical Engineering, Selçuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

^{1*}cengizfurkan06@gmail.com, ²serenay.mocka5@gmail.com

Abstract - This article covers the design and production processes of unmanned underwater vehicles. In the study, the basic elements to be considered in underwater vehicle design, the materials used, and the production stages are examined in detail. In addition, the engineering difficulties encountered in the design process and the solution approaches to these difficulties are also included.

Keywords – Unmanned underwater vehicle, underwater vehicle, underwater vehicle design, autonomous

Özet - Bu makale insansız su altı araçlarının tasarım ve üretim süreçlerini kapsamaktadır. Çalışmada su altı aracı tasarımında dikkat edilmesi gereken temel unsurlar, kullanılan malzemeler ve üretim aşamaları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca tasarım sürecinde karşılaşılan mühendislik zorlukları ve bu zorluklara yönelik çözüm yaklaşımlarına da yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler – İnsansız sualtı aracı, sualtı aracı, sualtı aracı tasarımı, otonom

İnsansız Su Altı Aracı Nedir ?

İnsansız su altı araçları, insan müdahalesi olmaksızın su altı ortamında görev yapabilen, genellikle otonom ya da uzaktan kumanda ile kontrol edilen, gelişmiş teknolojilere sahip araçlardır.



Şekil 1. Aselsan'ın Tasarlamış Olduğu DERİNGÖZ 100M/600 İnsansız Su Altı Aracı

İnsansız Su Altı Araçları Hangi Alanlarda Kullanılmaktadır ?

- Deniz tabanının haritalanması ve topografik analizlerin yapılması.
- Su altı ekosistemlerinin incelenmesi, canlı türlerinin izlenmesi ve örnek toplanması.
- Petrol ve doğal gaz platformlarının bakım ve onarımı.
- Denizaltı mayınlarının tespiti ve etkisiz hale getirilmesi.
- Askeri istihbarat toplama ve deniz güvenliği operasyonları.

Batık gemilerin, uçakların veya su altı yapıların keşfi gibi birçok alanda insansız su altı araçlarını görmekteyiz.

1. Su Altı Aracının Mekanik Tasarımı

- Mekanik tasarım süreci boyunca araçta birçok değişiklik yapılmıştır.

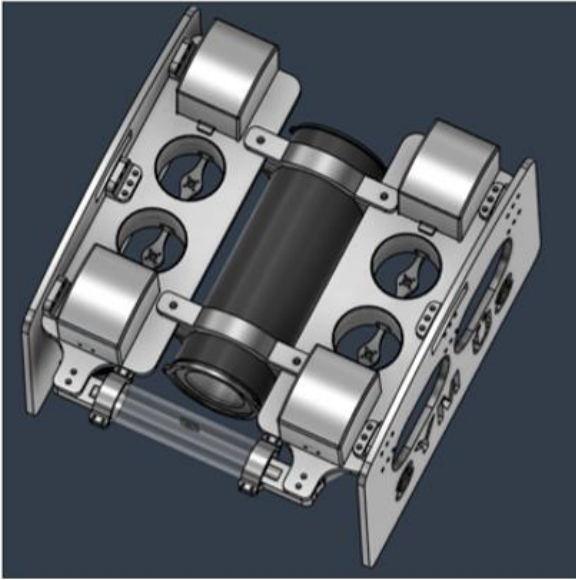
1. Tasarım: İlk tasarlanan su altı aracında toplamda 8 adet itici motor kullanılmıştır. Bunlardan 4'ü ileri, geri ve eksen hareketleri için, diğer 4 motor ise aşağı ve yukarı hareket için kullanılmıştır. Bu tasarımın kullanılmamasının sebepleri arasında, aşağı ve yukarı hareket motorlarının aracın uç kısımlarında etkisiz kalması, yüzdürücü haznesinin yetersiz olması ve kamera haznesinin üst kısımda yer alması nedeniyle aracın altındaki nesnelerin görülememesi yer almaktadır. Bu sorunların çözülmesi amacıyla tasarım üzerinde iyileştirmelere başlanmıştır.



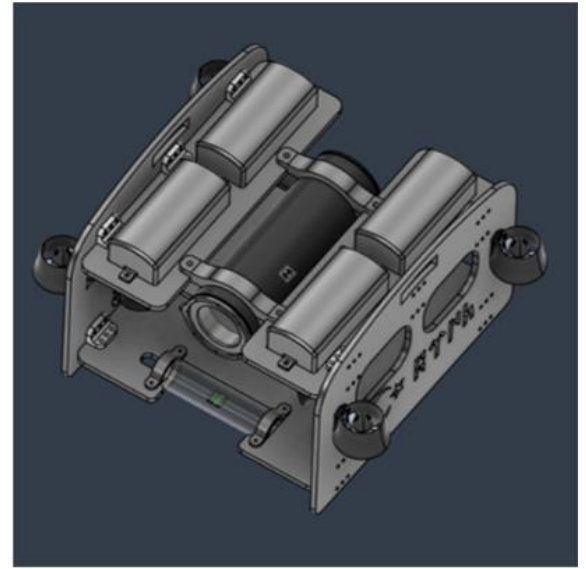
Şekil 2. Görev için Denize Bırakılan İnsansız Su Altı Aracı



Şekil 3. HOYTEK Firmasının Tasarlamış Olduğu İnsansız Su Altı Aracı



Şekil 4. 1. Tasarım



Şekil 5. 2. Tasarım

2. Tasarım: Bu tasarımda, ilk tasarımda ortaya çıkan uç kısımlarda etkisiz itici sorunu, motorların su altı aracının dış kısmına yerleştirilmesiyle çözüme kavuşturulmuştur. Ardından, aracın kamera haznesi alt kısma taşınarak daha net ve kaliteli görüntüler elde edilmiştir. Ayrıca, yüzdürücü haznesi yeterli büyüklüğe getirilmiştir. Ancak, bu tasarımda da bazı eksiklikler bulunmaktaydı. Kullanılan iticiler, aracın ağırlığı ve boyutuyla karşılaştırıldığında yetersiz kalıyordu.

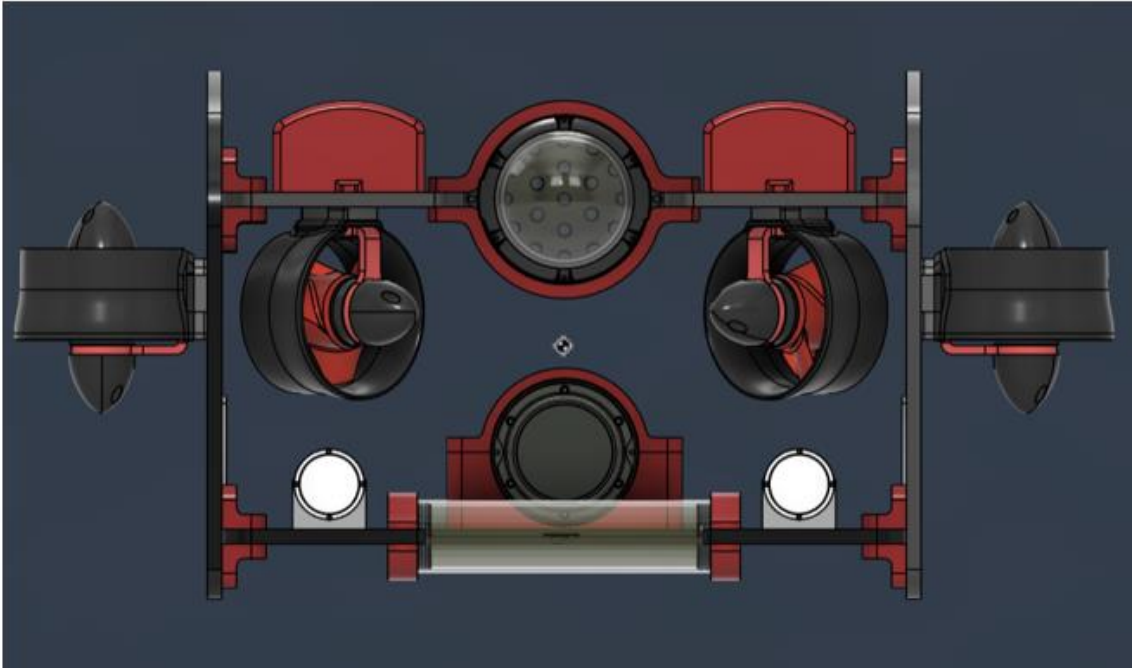
Nihai Tasarım: Nihai tasarımda, 1. ve 2. tasarımlarda karşılaşılan tüm sorunlar çözüme kavuşturulmuştur. Ayrıca, iticilerin daha verimli bir su akışı sağlaması için duvar deliklerinin genişliği artırılmıştır. Daha net bir görüntü elde edebilmek amacıyla fener eklenmiştir. Bunun yanı sıra, aracın verimliliğini artırmak için çeşitli mekanik değişiklikler yapılmış ve su altı aracı nihai şekline kavuşturulmuştur.



Şekil 6. Nihai Tasarım

1.1. Mekanik Tasarım Süreci

Mekanik tasarım sürecinde, su altı aracının kütle merkezi ve hacim merkezi dikkate alınarak denge sağlanmaya yönelik bir tasarım yapılmıştır. Bu yaklaşım, aracın su altındaki stabilitesini artırmayı hedefler. Tasarımda, kütle merkezi aşağıya, hacim merkezi ise üst kısma yerleştirilmiş ve iticiler için yükselticiler kullanılarak kütle merkeziyle aynı hizaya getirilmiştir.



Şekil 7. Su Altı Aracının Kütle Merkezi Analizi

Kütle merkezini ayarlamak için, aracın üst haznesine elektronik sistem (aviyonik) yerleştirilmiş, daha ağır olan bataryalar ise aracın altındaki hazneye konulmuştur.

Hacim merkezini ayarlamak için ise, üst kısma yerleştirilen yüzdürücü hazneler sayesinde hacim merkezi yukarıya çekilmiştir.

2. Su Altı Aracında Kullanılan Malzemeler



Şekil 8. PLA Filament

PLA filament: PLA filamentinin basımı oldukça kolaydır ve su altı aracı üretimi için hafiflik sağlar. Bu hafiflik, aracın manevra kabiliyetini ve verimliliğini artırarak, daha az enerji tüketimiyle daha uzun menzile ulaşmasını mümkün kılar. PLA, aracın hazne kelepçeleri, itici yükselticileri, L bağlantılarını ve yüzdürücü haznesinde kullanılmıştır.



Şekil 9. Polietilen Levha

Polietilen Levha: Su altı araçlarında dayanıklılığı ve suya karşı dirençli özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir. Yoğunluğunun suyun yoğunluğundan düşük olması, aracın suda askıda kalmasını sağlar. Ayrıca, su altındaki basınca karşı yüksek direnç göstererek aracın uzun süreli kullanımını sağlar. Aracın şasesinde polietilen levha kullanılmıştır.



Şekil 10. O-Ring

O-Ring: Aviyonik sistemi koruyan sızdırmaz haznede bulunan flanşların yuvalarına yerleştirilerek sızdırmaz haznenin sızdırmazlığını sağlamaktadır.



Şekil 11. Su Altı İtici

Su Altı İtici: Utras Su Altı İtici su geçirmez bir motor türüdür. Mekanik aksamaları enjeksiyon yöntemiyle üretilmiştir ve darbelere yüksek dayanım sağlayan yeni iticilerle donatılmıştır. Poliüretan gövde ve pervane malzemeleri ile uzun ömürlü performansı garanti eder.



Şekil 12. Penetratör

Penetratör: Penetratörler kapağa takılarak içerilerinden kablolar geçirilir. Geçirilen kablolar ile penetratörler arasında epoksi malzeme ile yalıtım yapılarak su geçirmezliği sağlanır. Penetratörler alüminyum malzemeden üretilmiştir.

3. Su Altı Aracı Üretim Yöntemleri



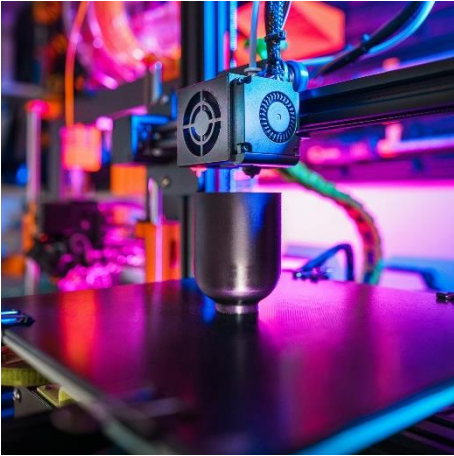
Şekil 13. CNC Router Makinası

CNC Router: CNC router cihazı, bir bilgisayar tarafından kontrol edilen ve yüksek hassasiyetle ahşap, plastik, metal, kompozit ve diğer malzemeleri işlemek için kullanılan bir makinedir. CNC router'lar, iş parçasını belirli bir desen veya şekil ile kesmek, oyma yapmak, frezelemek gibi işlemleri gerçekleştirir. Aracın şasesinde kullanılan polietilen levhalar (yan duvarlar, alt duvar ve kanatlar) bu yöntemle işlenerek tasarıma uygun hale getirilmiştir.



Şekil 14. Üniversal Freze Makinası

Üniversal Freze: CNC freze ile talaş kaldırma işlemi, kesici takımların doğrusal ilerleme hareketi yaparak iş parçası üzerinden talaş kaldırma işlemidir. Genellikle dik işlem yapan bir kesici aletidir. Düz ve açılı yüzeylerin işlenmesi, kanal açma, düz ve dairesel bölüntüler yapmak için bu yöntem kullanılır. Su altı aracının sızdırmaz haznesinin penetratör deliği girişlerine, penetratör çapı boyutlarında bu yöntemle delikler açılmıştır



Şekil 15. 3D Yazıcı Makinası

3D Yazıcı: Sanal ortamda tasarlanmış 3 boyutlu nesneleri katı formda somut nesnelere dönüştüren makinelere 3 boyutlu yazıcı denir. 3D baskı teknolojisi ile ihtiyaç duyulan her türlü model basılabilir. Bu yöntemle, aracın hazne kelepçeleri, itici yükselticileri, L bağlantı elemanları ve yüzdürücü haznesi üretilmiştir.

4. Proje Üzerinde Yaşanılan Zorluklar ve Çözümler

Su altı araçlarının tasarımında karşılaşılan mekanik zorluklar, su altı ortamının benzersiz ve zorlu koşullarından kaynaklanmaktadır. Bu zorlukların etkileri ve mühendislik çözümleri, tasarım sürecinde dikkate alınması gereken kritik unsurlardır. Bu çalışmada, söz konusu zorluklar ve bunlara yönelik çözüm yöntemleri detaylı bir şekilde incelenmiştir.

4.1. Su Geçirmezlik ve Sızdırmazlık

Su altı araçlarının en kritik tasarım gerekliliklerinden biri, tamamen su geçirmez bir yapıya sahip olmalarıdır. Herhangi bir su sızıntısı, aracın görev performansını ciddi şekilde tehlikeye atabilir. Bu bağlamda, su geçirmezlik sağlama süreci önemli bir zorluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sorunun çözümü için sızdırmazlık reçineleri kullanılmaktadır. Ancak, zamanla bu reçineler gevrekleşerek çatlama riskine yol açabilmektedir. Eğer bu durum düzenli olarak kontrol edilmezse, çatlaklar aracın aviyonik sistem haznesine su girişine neden olabilir, bu da sistem arızalarına ve görev kaybına yol açabilecek kritik bir problem oluşturur.

Aviyonik sistem haznesine su sızıntısı aracın iç yapı bileşenlerinin zarar görmesine neden olur. Özellikle, maliyeti yüksek olan elektronik bileşenlerin suyla temas etmesi, telafisi zor hasarlara yol açabilir. Bu durum, finansal kayıplara uğramasına neden olduğundan, kesinlikle önlenmesi gereken bir sorundur.

4.2. Stabilite ve Denge Sorunları

Su altı araçlarının etkin bir şekilde yönlendirilmesi ve dengede tutulması, başarılı bir operasyon için kritik öneme sahiptir. Suyun sıcaklığı, basıncı ve akıntılar gibi değişken çevresel koşullar, aracın hareket kabiliyetini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu zorlukların üstesinden gelmek için araç tasarımında destek yüzdürücü elemanlar kullanılır. Dengeyi sağlamak amacıyla, yüzdürücüler ve ağırlıklar stratejik bir şekilde yerleştirilerek aracın stabilitesi artırılmaktadır.

4.3. Korozyon ve Aşınma

Suyun içeriğinde bulunan kimyasal maddeler, su altı araçlarında kullanılan malzemelerin korozyona uğramasına neden olabilir. Bu durum, aracın yapısal bütünlüğünü ve uzun vadeli performansını olumsuz etkileyebilmektedir.

Su altı araçlarının operasyonlarında karşılaşılan bir diğer zorluk, araçların test veya kullanım alanı olarak tercih edilen havuzların temizlik amacıyla klorlanmasıdır. Havuz suyunda bulunan klor, su altı araçlarında kullanılan mekanik malzemelere ciddi hasarlar verebilmektedir. Örneğin, motor tutucular klorun aşındırıcı etkisi nedeniyle zamanla zayıflayarak kırılma riski taşımaktadır. Bu durum, araç performansını doğrudan etkileyen bir sorun oluşturmaktadır.

REFERANSLAR

- [1] Ross, C. T. (2006). A conceptual design of an underwater vehicle. *Ocean Engineering*, 33(16), 2087-2104.
- [2] Ross, C. T. (2006). A conceptual design of an underwater vehicle. *Ocean Engineering*, 33(16), 2087-2104.
- [3] <https://www.letnamarine.com/>
- [4] <https://mam.tubitak.gov.tr/tr/teknoloji-transfer-ofisi/uzaktan-kumandali-sualti-araci>
- [5] <https://www.savunmasanayist.com/insansiz-sualti-araci-nedir/>
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Underwater_vehicle
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/Autonomous_underwater_vehicle
- [8] <https://bluerobotics.com/store/rov/bluerov2/>
- [9] <https://www.hoytek.com.tr/tr>
- [10] <https://www.aselsan.com/tr/savunma/urun/3335/deringoz-100m600>
- [11] <https://www.mucif.com/>
- [12] <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6943220>
- [13] <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1209627>
- [14] https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=K71MqnxZZwQC&oi=fnd&pg=PP1&dq=underwater+vehicle+modeling&ots=-FkD9aYwNT&sig=RrwvztOc9VRCs7MG8x3DY-KEpsE&redir_esc=y#v=onepage&q=underwater%20vehicle%20modeling&f=false
- [15] Evans, J., & Nahon, M. (2004). Dynamics modeling and performance evaluation of an autonomous underwater vehicle. *Ocean engineering*, 31(14-15), 1835-1858.

Sensör Tabanlı Akıllı Takip ve Kontrol Sağlayan Organ Nakil Kutusu

¹*Nazlı Beyza Bayraktar, ²Beyza Akkoç

^{1,2}Selçuk Üniversitesi. Konya/Türkiye, ¹*223311138@ogr.selcuk.edu.tr , ²223311138@ogr.selcuk.edu.tr

Özet - Organ nakilleri tedavi sürecinde önemli bir yer kaplar. Süreçte kullanılan geleneksel organ nakil kutularının eksiklikleri olduğunu gözlemledik. Eksiklikleri gidermek adına tasarlayacağımız projemizde nakil kutuları üzerine entegre edeceğimiz sıcaklık ve nem sensörlerinin yanı sıra bulunan GPS sensörümüzle konum takibi yapıp, bu sensörlerden alacağımız verileri mobil uygulama üzerinden görüntüleyerek sürecin en sağlıklı şekilde yürütülmesini hedefliyoruz. Projemizin bu kısmı, nakil kutuları üzerine entegre edeceğimiz sıcaklık, nem ve GPS sensörleriyle elde edilen verilerin mobil uygulama üzerinden izlenebilmesi, sürecin en sağlıklı şekilde yönetilmesine olanak tanıyacak ve projeye özgünlük katacaktır.

Projedeki en büyük amacımız sağlık alanında teknoloji kullanımını artırarak etkili bir tedavi süreci yaşanmasında rol oynamak. Bunun sonucu olarak hastaların ve sağlık personellerinin süreci daha sorunsuz ve stressiz geçirmesini hedefliyoruz. Araştırmamızda, organ taşıma süreçlerini izlemek, çevresel koşulları (sıcaklık ve nem) gözlemlemek ve acil durumlarda hızlı müdahale imkanı sunmak amacıyla deneysel bir tasarım yaklaşımı benimsenmiştir. Python tabanlı bir backend (API) kullanılarak organ nakil kutusundan alınan sensör verileri işlenecek ve veritabanında saklanacaktır. Flutter ile geliştirilen mobil uygulama, bu API ile iletişim kurarak kullanıcılara anlık olarak sıcaklık, nem ve konum verilerini sunacaktır. Sistemde, organ taşıma çantasına yerleştirilen organın konumu GPS ile takip edilip, sıcaklık ve nem değerleri sürekli olarak izlenecektir. Bu veriler belirlenen sınırların dışına çıkarsa, kullanıcıya bildirilecektir. Sıcaklık değeri istenilen seviyenin dışına çıktığında fan sistemi, nem seviyesi dışına çıktığında ise peltier modülü devreye girerek ortam koşullarını uygun hale getirecektir. Bu yaklaşım, organ taşınması sırasında güvenliği artırarak, taşıma sürecinin etkin ve verimli bir şekilde gerçekleşmesini sağlayacaktır.

Bu yenilikçi sistem, organ taşıma süreçlerinde hata oranlarını azaltmayı ve organın güvenli şekilde taşınmasını sağlamayı amaçlamakta olup, potansiyel olarak patent veya faydalı model tescili alabilecek bir çözüm sunmaktadır. Ayrıca, proje kapsamında elde edilen veriler, bilimsel araştırmalar için değerli bir kaynak oluşturabilecek ve organ nakli alanında yapılan çalışmalara katkı sağlayacaktır. Proje, sağlık alanında teknoloji kullanımını artırarak, ulusal etkinliklerde yer edinmeyi ve bu sayede organ nakli süreçlerini daha verimli hale getirmeyi hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler – Organ nakil, sensor, akıllı control, sağlık teknoloji

ÖZGÜN DEĞER

Gelişen teknoloji sağlık alanında da birçok yeniliğin ve gelişimin kapısını açtı. Tedavi yöntemleri için kullanılan araçlar da bu gelişimin bir parçası. Bu araçlara örnek olarak organ nakilleri sürecinde kullanılan "organ nakil çantaları" gösterilebilir. Mevcut durumda bulunan nakil çantaları, gerekli koşulların anlık olarak takip edilmesine olanak sağlamaz. Bu durum, organ taşıma sırasında meydana gelebilecek ani değer değişimlerinin gözlemlenememesi ve dolayısıyla müdahale edilmesinin zorlaşması anlamına gelir. Organların optimum değerlerde tutulması hayati önem taşır, değerlerin dışında kaldığı durumlarda organ kalitesinin bozulması sonucu nakilde başarı oranı düşer.(TBB Dergisi, Sayı 83,2009). Ayrıca takip sisteminin olmaması sebebiyle gerçek zamanlı konum takibi yapılamaz. Bu sorun organların kaybolma riskini ve doğru alıcıya zamanında ulaşamama sorununu beraberinde getirir (Eski & Özceylan, 2023). Bununla birlikte olası taşıma gecikmeleri veya güzergah değişikliklerinde gerekli müdahalenin yapılması için zaman kayıpları yaşanabilir. Sağlık personellerinin anlık bilgi alamamasından kaynaklı olarak olası sorunlar karşısında hızlı çözümleri hayata geçirmesi zorlaşır. (SDÜ Sağlık Bilimleri Dergisi, 2018) Biz de bu olumsuz etkileri en aza indirmek amacıyla geleneksel nakil kutularına teknoloji entegre ederek kullanımı daha kolay hale getirmeyi ve nakillerde daha başarılı, sağlıklı bir süreç yaşanmasını hedefliyoruz. Eksikliklerin çözümü olarak tasarlayacağımız mobil uygulama ile sıcaklık ve nem değerlerini gözlemlemeyi, GPS üzerinden konum takibi yapmayı planlıyoruz.

Öncelikle nakil kutularında kullanacağımız sensörlerle ortamdaki sıcaklık ve nem seviyesi takip edilecek. Kutunun kapağına entegre edeceğimiz GPS sensörü ile anlık konum tespiti yaparak gerçek zamanlı konum takibi

yapmayı amaçlıyoruz. Bu sayede organların uygun koşullarda taşındığından emin olmayı sağlayarak, organın kalitesini korumayı ve nakil başarı oranını artırmayı hedefliyoruz. Ayrıca sıcaklık, nem ve GPS sensöründen alınan veriler, sensörlü kutularla entegre olarak çalışan mobil uygulama üzerinden takip edilecek. Bu; sağlık görevlilerinin organların durumunu sürekli izlemelerine olanak tanıyacak ve potansiyel sorunlara hızlı müdahale etmeyi mümkün kılacak, kullanıcı dostu bir arayüze sahip olduğu için karmaşık verileri basit bir şekilde sunarak sağlık ekiplerine verileri kolayca anlama ve hızlı kararlar alabilme fırsatı sağlayacak, sıcaklık veya nem seviyeleri olması gereken değer aralığı dışına çıktığında uygulama kullanıcıya yani sağlık personellerine anında uyarılar göndererek olası bir sorun karşısında hızlı aksiyon alınmasını sağlayacak, nakil ekibi ve sağlık personelleri arasında iletişim sağlayarak ekipler arasında anlık durum güncellemelerini paylaşarak koordinasyonu artırabilir, mobil uygulamaya ulaşım basitliğinden dolayı sağlık ekipleri herhangi bir yerde ve anda bilgiye kolayca erişebilecek, hastalar ve yakınları mobil uygulama sayesinde organlarının durumu hakkında bilgi sahibi olabilir böylece süreç hakkında daha fazla bilgiye sahip olmaları sağlanarak kaygı düzeyleri azaltılabilir.

Bu projemizde; halihazırda bulunan geleneksel nakil kutularında bulunmayan GPS takibi sistemiyle ve bununla uyumlu olarak çalışan anlık değerleri gözlemlene imkanı sunan mobil uygulamamızla yeni nesil teknolojinin sunduğu fırsatları, tedavi yöntemi olarak kullanılan nakil işleminde hastanın ve sağlık çalışanlarının bu süreçte işlerini kolaylaştırmayı amaçladık. Yenilikçi yaklaşımı ve takip sistemi ile organ nakil süreçlerinde değişim sunarak, sağlık alanındaki mevcut yöntemlere büyük katkıda bulunmayı hedefledik.

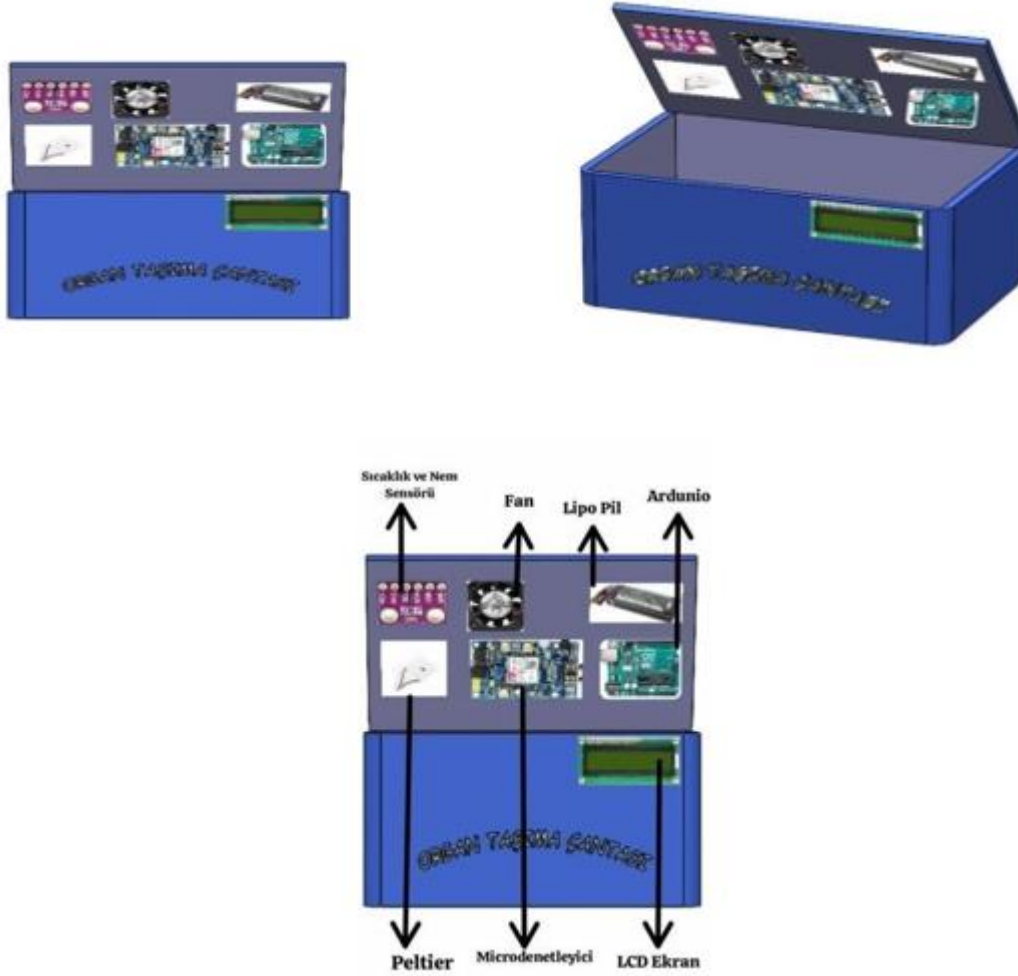
Amaç ve Hedefler

Bu projenin temel amacı organ nakil sürecinde taşınan organların güvenli ve sağlıklı bir şekilde taşınmasını sağlayan bir nakil çantası geliştirerek sürecin hasta, hasta yakınları ve sağlık personelleri için en güvenilir şekilde gerçekleşmesini sağlamak. Nakil sürecinde kullanılan çantalar; organlar için olması gereken optimum değerlerde sıcaklık ve nem seviyesinde ortam sunması, bu değerlerin mobil uygulama üzerinden izlenerek anlık takibinin yapılması, olası bir sıcaklık yükselişi ve düşüşü durumunda mobil uygulama üzerinden kontrol sistemleri açılarak tekrar optimum seviyeye getirilmesi, organların taşınması sırasında bu işlemin en güvenli ve hızlı biçimde yapılmasına katkıda bulunması amacıyla tasarlanacak.

Bu bağlamda hedeflerimiz, sensörler sayesinde aldığımız ve mobil uygulama üzerinden görüntüleyebildiğimiz sıcaklık ve nem değerlerini optimum seviyelerde tutmak sıcaklığın bu seviye dışına çıkması durumunda ise uygulamadan anlık bildirim alarak tekrar gereken sıcaklık değerlerine getirilmesi. Mobil uygulama üzerinden sürecin izlenebilirliğini sağlamak ve daha güvenli bir süreç oluşturmak adına GPS takibi yapılarak gerçek zamanlı konuma erişilmesi. Acil durumlarda, durum tespiti ve gerekli müdahalenin hızlı ve doğru şekilde yapılmasına yardımcı olmak.

Bu projemizde organ nakli süreçlerinin güvenliğini artırarak hem organ nakli bekleyen hastalar hem hasta yakınları hem de bu süreçte rol alan sağlık çalışanları için kritik noktada hizmete yardımcı bir araç sunmak en büyük hedefimiz.

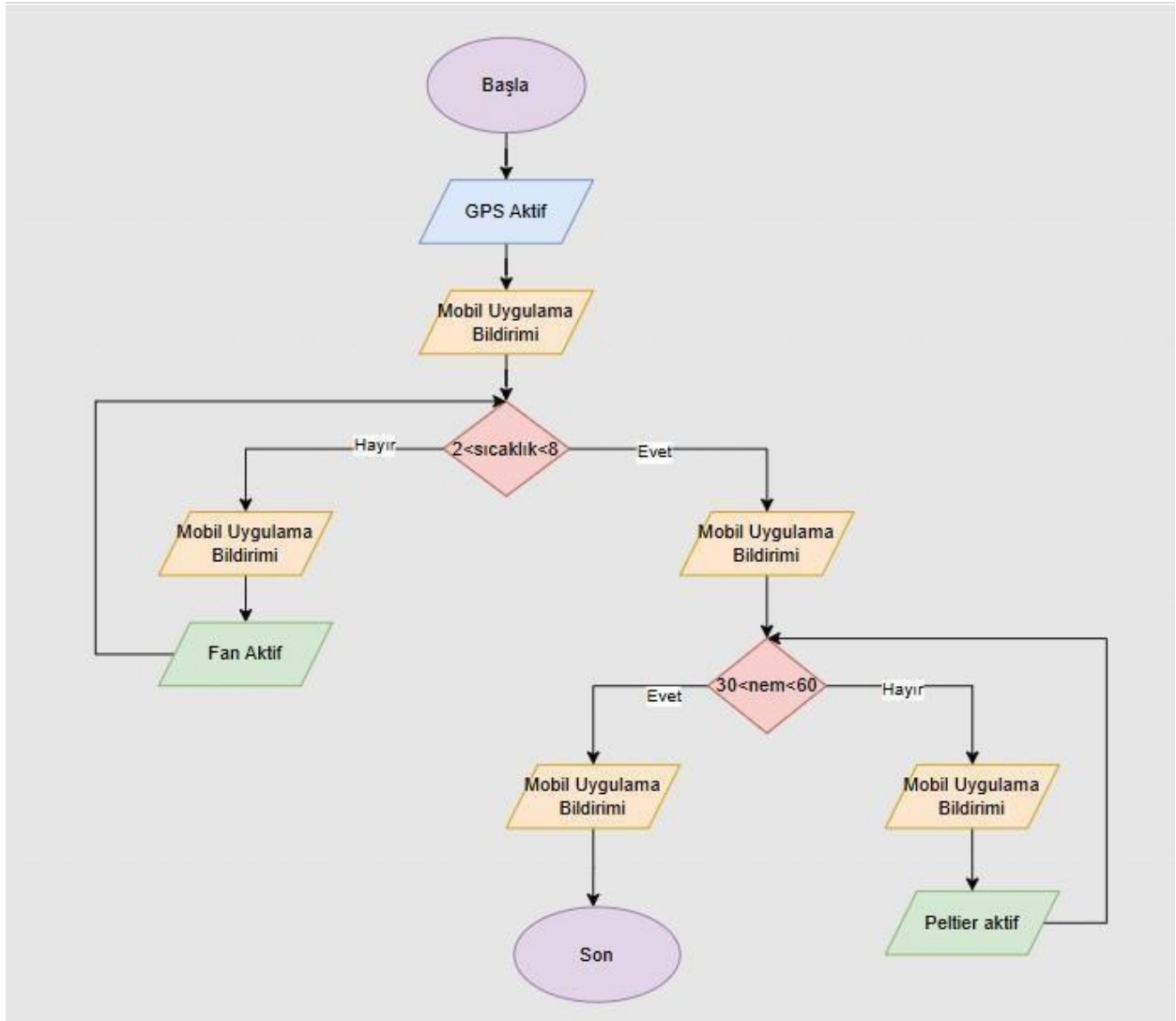
YÖNTEM



Şekil 2.1. Yeni Nesil Organ Nakil Taşıma Çantası Prototipi

Bu çalışma, şekil 2.1’de gösterilen prototipte olduğu gibi organ nakli süreçlerinde kullanılan geleneksel taşıma kutularına GPS sistemi entegre ederek ve anlık olarak ortamın sıcaklık, nem değerlerini takip ederek organların güvenli ve zamanında ulaştırılmasını sağlamak amacıyla gerçekleştirilecektir.

Araştırmada deneysel bir tasarım benimsemeyi planlıyoruz. Öngörülen hedefler; organların taşıma süreçlerinin ve yollarının izlenmesi, taşıma süresince sıcaklık ve diğer çevresel koşulların gözlemlenmesi, acil durumlarda hızlı müdahale olanaklarının artırılmasıdır. Bu bağlamda mobil uygulama geliştirme sürecinde Flutter tabanlı kullanıcı arayüzü tasarlamayı amaçlıyoruz. Projemizde, Python tabanlı bir backend (API) kullanılarak organ nakil kutusundan alınan sensör verileri işlenecek ve veritabanında saklanacaktır. Flutter ile geliştirilen mobil uygulama, bu API ile iletişim kurarak, kullanıcılara sıcaklık, nem gibi verileri sunacaktır.



Şekil 2.2. Organ nakil kutusunun yazılım geliştirme süreci

Organ nakil kutusunun yazılım geliştirme süreci, platformun temel ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde yapılandırılacaktır. Bu süreç, organ nakli sırasında kullanılan verilerin toplanması, güvenli bir şekilde saklanması ve paylaşılması işlemlerini içermektedir. Sistemin etkili bir şekilde çalışabilmesi için, organ nakil kutusunun üzerinde bulunan sensörlerden elde edilen verilerin hızlı bir şekilde işlenmesi ve mobil uygulama üzerinden kullanıcıya aktarılması sağlanacaktır. Bu amaca ulaşmak için kullanıcı dostu bir arayüz tasarlanacak ve verilerin hızlı bir şekilde iletilmesini sağlayacak API entegrasyonları yapılacaktır. Projemizin işleyişi, Şekil 2.2 'deki çerçeveye göre şekillenecektir. Organ, taşıma çantasına yerleştirildiği anda GPS sensörü devreye girecek ve organın konumu takip edilmeye başlanacaktır. Bu aşamada mobil uygulama aracılığıyla kullanıcıya konum bilgisi ile birlikte bir bildirim gönderilecektir. Ayrıca, organın taşınma sürecinde sıcaklık ve nem değerleri sürekli olarak izlenecek ve bu veriler mobil uygulama üzerinden takip edilecektir. Sıcaklık ve nem değerlerinin belirlenen aralıkta olması durumunda, kullanıcıya olumlu bir bildirim yapılacaktır. Ancak, bu değerlerin istenilen sınırların dışına çıkması durumunda, kullanıcıya olumsuz bir bildirim gönderilecektir. Sıcaklık değeri belirlenen seviyenin dışında olduğunda, sistem otomatik olarak fanı aktifleştirerek ortamın soğutulmasını sağlayacaktır. Nem değeri istenilen seviyenin dışına çıktığında ise peltier modülü devreye girerek ortam koşullarını uygun hale getirecektir. Bu süreçler, organın sağlıklı bir şekilde taşınabilmesi için gerekli ortam koşullarının sürekli olarak sağlanmasına olanak tanıyacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Çaylan, A. K., Tüleylioğlu, M., Ekinci, S. ve Hülür, Ü. (2010). Ulusal *Organ Bilgi Sistemi*. VII. Ulusal Tıp Bilişimi Kongresi Bildirileri, 99, Türkiye
- [2] Şantaş, G. ve Şantaş, F. (2018). Türkiye’de *Organ Bağışının Mevcut Durumu ve Organ Bağışında Stratejik İletişimin Önemi*. *SdÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 123-134.
- [3] Yalın, A., Keskinöz, E. N. ve Kızaran, A. (2011). *Organ Korunması*. Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 2(1), 45-56.
- [4] Akman Dömbekci, H., Güzel, Ş. ve Kılıç, F. Sağlık Hizmetlerinde Dijitalleşme Üzerine İdari Personel Görüşleri. Sağlık ve Sosyal Refah Araştırmaları Dergisi HYPERLINK "hpark.org.tr/en/pub/sarad/issue/75129/1214773 Son erişim tarihi:5 Kasım 2024.
- [5] Dokgöz, H. “Adli tıp alanında yeni gelişmeler ve uygulamalar”. Adli Tıp Bülteni
- [6] <https://www.adlitipbulteni.com/index.php/atb/article/view/722> Son erişim tarihi:5 Kasım 2024.
- [7] Kılınç, C. Ç. (2009). *Küreselleşme Sürecinde Teknoloji Yönetiminin ve Bilişim Teknolojilerinin Hizmet Kalitesini Artırmaya Etkisi ve Sağlık Sektöründe Bulunan Hastanelere Uygulanması*. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü HYPERLINK "[htisim.selcuk.edu.tr/items/d0f72d9d-5d24-4b52-beda-0288d9d0ae85](https://items.selcuk.edu.tr/items/d0f72d9d-5d24-4b52-beda-0288d9d0ae85) Son erişim tarihi:6 Kasım 2024.
- [8] Hüseyin T. “İmmünoloji ve Alerji Hastalıkları BD, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ankara” Transplantasyon İmmünolojisi | Article | Türkiye Klinikleri
- [9] Turgay C. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları ABD, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, ANKARA Pro-, Pre- ve Sinbiyotikler* | Article | Türkiye Klinikleri
- [10] Çağrı K. ve Nuriye Tuğba B., Role of Beta Glucan in Animal Nutrition
- [11] Van Veterinary Journal » Makale » Hayvan Beslenmesinde Beta Glukanın Rolü
- [12] Richard D. “Gen Bencildir”
- [13] Microsoft Word - bilim_biyoloji.doc
- [14] Venhar Ç. ve Dilek Turgut B. (2007) “GENETİĞİ DEĞİŞTİRİLMİŞ ORGANİZMALAR (GDO)”
- [15] Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi » Submission » GENETİĞİ DEĞİŞTİRİLMİŞ ORGANİZMALAR (GDO)
- [16] Üner K. (2017) “Tıbbi Mikrobiyoloji AD, Ömer Halisdemir Üniversitesi Tıp Fakültesi, Niğde”Solid Organ Transplantasyonu ve Bakteriyel Enfeksiyonlar: Solid Organ Transplant Alıcılarında Üriner Sistem Enfeksiyonları | Article | Türkiye Klinikleri

The Importance and Future of Payload in Rockets

^{1*}Sami TURAN

^{1*} Department of Electric Electronic Engineering, Selçuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya
samibb751@gmail.com

Özet- Faydalı yük, roketlerin bilimsel, ticari ve askeri görevlerini yerine getirebilmesi için taşıdığı ekipmanlardır. Haberleşme, gözlem, bilimsel araştırma ve askeri uygulamalar gibi birçok alanda faydalı yüklerin önemi büyüktür. Bu makalede, faydalı yükün tanımı, önemi, tasarım süreçleri ve kullanım alanları ele alınmıştır. Faydalı yük tasarımında ağırlık, hacim, malzeme seçimi, enerji sistemleri, veri iletişim sistemleri ve çevresel faktörler gibi önemli unsurlar detaylandırılmıştır. Ayrıca, faydalı yük tasarımında karşılaşılan zorluklar ve teknolojik gelişmelerin faydalı yüklerin gelecekteki etkisi üzerinde durulmuştur. Faydalı yüklerin, uzay araştırmalarından savunma teknolojilerine kadar geniş bir uygulama alanında insanlığın teknolojik ilerlemesine katkı sağladığı vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler –Faydalı Yük, Roket Teknolojileri, Uzay Görevleri, Aerodinamik Tasarım, Malzeme Seçimi

Faydalı Yük: Tanım, Önemi ve Tasarımı

Roketler, yalnızca belirli bir yükü bir noktadan diğerine taşımakla sınırlı değildir. Aynı zamanda bilimsel, askeri ve ticari görevleri yerine getirerek insanlığın ileriye birçok teknolojik ve stratejik amacını destekler. Bu taşınan yük ise “faydalı yük” olarak adlandırılır ve roketlerin başarılı bir şekilde gerçekleştirdiği her görevin temel bileşenidir.

Roket Teknolojilerinde Faydalı Yükün Önemi

Uzay çağının başlangıcından bu yana, roket teknolojileri hayatımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Ancak bir roketin amacı sadece bir aracı gökyüzüne göndermek değil, bu aracın belirli bir görevi yerine getirmesidir. Roketlerde bu görevi üstlenen parça, “faydalı yük” olarak bilinir. Faydalı yük, roketin taşıdığı en kritik ekipman ve cihazları ifade eder. Bu cihazların doğru bir şekilde tasarlanması ve entegrasyonu, roket görevlerinin başarısında anahtar rol oynar.

Faydalı yükün önemi, bilimsel ve endüstriyel alanlarda geniş bir uygulama alanına sahiptir. Uydu haberleşmesinden atmosferik verilerin toplanmasına, askeri görevlerden bilimsel deneylerde kadar birçok farklı alanda faydalı yükler kullanılmaktadır. Bu yazıda, faydalı yük ile ilgili temel kavramları, tasarım aşamalarını ve faydalarını detaylı bir şekilde inceleyeceğiz. Neden faydalı yüklere ihtiyaç duyarız? Faydalı yük ile ilgili karşılaşılan tasarımsal sorunlar nelerdir? Bu soruların cevaplarına birlikte ulaşacağız.

Faydalı Yük Nedir ve Neden Önemlidir?

Faydalı yük, roketin belirli görevleri yerine getirmek için taşıdığı ekipmanları ifade eder. Bu ekipmanlar genellikle haberleşme, gözlem, bilimsel araştırma, atmosferik sondaj veya askeri uygulamalar için tasarlanır. Özellikle uydu gibi faydalı yükler, dünya genelindeki iletişim altyapısını desteklerken, bilimsel cihazlar ise uzay ortamını daha iyi anlamamıza yardımcı olur. Ancak bu ekipmanların tasarımı ve entegrasyonu oldukça karmaşık bir süreçtir.

Faydalı Yükün Zorunluluğu

Bir roketin ana amacı, belirli bir faydalı yükü hedeflenen yörüngeye taşımaktır. Faydalı yük olmadan bir roket, yalnızca boş bir araçtan ibarettir. Bu yük, roketin varoluş nedenini tanımlar ve nihai amacını gerçekleştirir. İletişim uydularının eksikliği dünya genelinde haberleşme altyapısını sekteye uğratabilirken, atmosferik verilerin toplanamaması çevresel değişikliklere dair kritik bilgilerin kaybına yol açar. Bu nedenle, faydalı yüklerin tasarımı ve kullanımı büyük bir zorunluluk haline gelmiştir.

Faydalı Yük Tasarımında Önemli Faktörler

Faydalı yük tasarımı, bir roketin başarısını etkileyen en önemli aşamalardan biridir. Bu süreçte çeşitli faktörlerin dikkatlice ele alınması gerekmektedir:

Ağırlık ve Hacim:

Faydalı yükün roketin taşıma kapasitesine uygun olması, roketin hedef yörüngeye ulaşma yeteneğini doğrudan etkiler. Ağırlık ve hacim, tasarım sürecinde dikkat edilmesi gereken temel unsurlardır.

Aerodinamik Yapı:

Faydalı yükün, roketin aerodinamik özelliklerini olumsuz etkilememesi için doğru bir tasarımın gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Aerodinamik uyum, roketin güvenilir bir şekilde uçuş yapabilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Yüzey Malzemeleri:

Uzay ortamının zorlu koşullarına dayanıklı olan malzemelerin seçilmesi, faydalı yükün görev boyunca işlevselliğini sürdürebilmesi için önemlidir. Aşırı sıcaklık değişiklikleri, radyasyon ve mekanik etkiler bu malzemelerin dayanıklılığını artırmalıdır.

Enerji Sistemleri:

Faydalı yük taşıyan cihazların veya sensörlerin işlevlerini sürdürebilmesi için gerekli enerji kaynaklarının tasarımı, hayati bir faktördür. Bu sistemler, görev süresince verimli bir şekilde çalışmayı sağlamalıdır.

Veri İletişim ve Kontrol Sistemleri:

Faydalı yük, görev sırasında veri toplama, işleme ve iletişim görevlerini yerine getirdiği için bu sistemlerin tasarımı kritik öneme sahiptir. Doğru bir iletişim ve kontrol sistemi, faydalı yük ile roketin sorunsuz bir şekilde çalışmasını sağlar.

Çevresel Faktörler:

Uzay ortamındaki ekstrem koşullara dayanacak şekilde tasarlanan faydalı yük, radyasyon, sıcaklık değişiklikleri ve düşük yer çekimi gibi faktörlere karşı dirençli olmalıdır.

Faydalı Yük Kullanımının Faydaları

Faydalı yüklerin kullanımının sağladığı birçok avantaj bulunmaktadır. Bunlardan ilki, haberleşme alanında uyduların dünya genelindeki iletişim ağını destekleyerek bilgi alışverişini kolaylaştırmasıdır. İletişim, günümüzde hemen her sektörde önemli bir rol oynarken, uydu sistemleri sayesinde uzaktaki noktalar arasında hızlı ve güvenilir bir bağlantı sağlanmaktadır. Ayrıca, bilimsel araştırmalar da faydalı yüklerin sağladığı veriler sayesinde atmosfer ve uzay ortamı hakkında kritik bilgiler sunar. Bu bilgiler, çevresel değişiklikleri izlemek, gezegenimizin farklı bölgelerinde araştırma yapmak ve uzayda daha güvenli operasyonlar gerçekleştirmek için büyük önem taşır. Ayrıca, askeri uygulamalarda kullanılan faydalı yükler, stratejik avantajlar sağlamakta olup savunma alanında kritik görevler üstlenir.

Karşılaşılan Sorunlar

Faydalı yük tasarımı ve entegrasyonunda çeşitli zorluklar yaşanmaktadır. Ağırlık kısıtlamaları, roketin toplam taşıma kapasitesini aşmamalıdır. Bu, özellikle uzun süreli görevler veya yüksek yörüngelere yapılan taşımalarda önemli bir sınırlamadır. Tasarım karmaşıklığı ise, malzeme seçimi ve tasarım süreçlerinde maliyet ile dayanıklılık arasındaki dengeyi sağlamak için zorluklar yaratabilir. Ayrıca, faydalı yük ile roketin entegrasyonu, uzun test süreçlerini

gerektirebilir. Bu süreçler, yük ile roketin uyum içinde çalışmasını sağlamak adına detaylı çalışmaları içerir ve başarılı bir entegrasyon için zaman alabilir.

Faydalı Yüklerin Geleceği ve Önemi

Faydalı yük, bir roketin nihai amacını gerçekleştiren ana bileşendir. Bu nedenle, doğru bir tasarım ve entegrasyon süreci büyük bir önem taşır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, daha hafif, daha dayanıklı ve daha verimli faydalı yükler geliştirilmektedir. Haberleşme, bilimsel araştırmalar ve savunma alanlarında kullanılan bu sistemler, gelecekte hem bilimsel hem de endüstriyel ilerlemelere katkı sağlamaya devam edecektir. Faydalı yük tasarımı, sadece bir roketin başarısını değil, aynı zamanda insanlığın ilerlemesini de destekleyen kritik bir alandır.

Kaynaklar

- [1] <https://baykartech.com/tr/faydali-yuk-sistemleri/>
- [2] Sutton, G. P., & Biblarz, O. (2010). Rocket Propulsion Elements. John Wiley & Sons.
- [3] "GNSS for Space Applications," European Space Agency, <https://www.esa.int>
- [4] Borre, K., et al. (2007). A Software-Defined GPS and Galileo Receiver. Birkhäuser.
- [5] "Teknofest Official Website," Teknofest Aviation, Space and Technology Festival, <https://www.teknofest.org>
- [6] "Teknofest 2024 Rocket Competition Guide," Rocket Competition Official Document, <https://www.teknofest.org/yarisma-detaylar-2024/roket-yarismasi>
- [7] "Embedded Software Design in Rocket and Space Systems," TÜBİTAK Science and Technology Magazine, <https://www.tubitak.gov.tr>
- [8] Akdoğan, T., & Kaya, M. (2022). Avionic Systems and Simulation Studies in High Altitude Rocket Projects. Defense Technologies Magazine.
- [9] "Avionic Systems and Technology Use," Rocket and Space Research Center, <https://www.spacecenter.gov.tr>
- [10] Teknofest Rocket Competition Success Reports (2021-2023), <https://www.teknofest.org/ya>

Vibration and Load Dampeners in Rocket

^{1*}Abdurrahman Zafer

^{1*} Department of Electric Electronic Engineering, Selcuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

^{1*}233302110@ogr.selcuk.edu.tr

Abstract – Vibration damping is of critical importance in rocket design and directly affects the structural integrity of the rocket, the safety of the payload, and mission success. This article examines the basic principles, materials, and engineering approaches of vibration damping technologies. Solutions such as shock absorbers, isolation systems, and active damping technologies have been developed to reduce the impact of high-frequency vibrations generated during rocket launch. In addition, vibration analysis and testing processes play a critical role in optimizing the performance of damping systems. Developing vibration damping methods contribute to the development of more reliable and efficient systems in both space missions and defense applications.

Keywords – Rocket design, Structural integrity, Shock absorbers, Isolation systems, Active damping, Vibration analysis.

1. Introduction

Vibration damping is a crucial aspect in the design of rocket systems, as it directly influences the structural integrity of the rocket, the protection of payloads, and the overall success of the mission. Rockets are subjected to dynamic forces during their ascent, especially during launch, which generate high-frequency vibrations that, if not properly controlled, can lead to catastrophic structural failures or damage to sensitive components. These vibrations can originate from various sources, including engine thrust, aerodynamic forces, and mechanical interactions within the rocket's structure.

To mitigate these vibrations, effective damping systems are essential. These systems help absorb and dissipate energy, preventing vibrations from propagating through the rocket and affecting its stability. The integration of vibration damping technologies is particularly important for components such as backup flight computers, sensors, and payloads, which must operate reliably despite the harsh launch conditions. This paper explores the principles behind vibration damping technologies used in rocketry, the selection and integration of sensors like the MPU6050 accelerometer for vibration monitoring, and the methods used for analyzing and optimizing damping system performance post-flight using software tools like MATLAB, Excel, and C#.

Materials and Methods

1.1 Vibration Damping Technologies

The primary objective of vibration damping systems is to mitigate the high-frequency oscillations caused by various forces during rocket launch and flight. The following damping technologies are typically used in rocket systems:

- **Shock Absorbers:** Shock absorbers are mechanical devices that convert vibrational energy into heat, thereby reducing the amplitude of vibrations. These devices are designed to absorb shocks produced by rapid acceleration and deceleration, particularly during launch. The materials used in shock absorbers, such as elastomers, rubber, and composite materials, are chosen for their ability to provide high damping while maintaining structural integrity under extreme temperatures and pressures.

- **Isolation Systems:** Isolation systems decouple sensitive components from the vibrating body of the rocket. These systems are typically made up of mechanical springs, elastomeric materials, or advanced composites. By placing sensitive equipment (such as flight computers, sensors, and payloads) on isolated platforms or mounts, these systems ensure that vibrations from the rocket body are not transmitted to the equipment, preserving its functionality.
- **Active Damping Systems:** Unlike passive damping systems that rely on the properties of materials to dissipate energy, active damping systems employ sensors and actuators to actively counteract vibrations. These systems monitor vibrations in real-time and generate forces to cancel out or reduce the amplitude of unwanted oscillations. Active damping is particularly useful for controlling high-frequency vibrations that passive systems may struggle to attenuate.

1.2 Sensors and Data Acquisition

Vibration monitoring plays a vital role in the performance evaluation of damping systems. The accelerometer used in this study is the MPU6050, a widely used sensor that integrates a 3-axis accelerometer and a 3-axis gyroscope on a single chip. The MPU6050 provides real-time data on acceleration and angular velocity, enabling the measurement of vibrations in multiple directions.

- **MPU6050 Sensor Integration:** The MPU6050 sensor is connected to the flight computer via I2C (Inter-Integrated Circuit) communication, allowing for continuous data acquisition during flight. The sensor provides a digital output, which is read by the onboard microcontroller and stored in memory for later analysis. The accelerometer data can be used to assess the rocket's motion along the three axes (X, Y, Z), providing valuable information about the forces acting on the rocket and its components.
- **Additional Sensors:** Along with the MPU6050, other sensors such as temperature sensors, pressure sensors, and strain gauges are integrated into the system. These sensors provide complementary data that helps contextualize the vibration measurements. For instance, temperature and pressure changes during flight can influence the material properties of damping systems, making it important to monitor these parameters alongside vibration data.
- **Real-Time Data Logging:** The data from the MPU6050 and other sensors are continuously logged during the flight. This data is stored in a non-volatile memory to ensure that it is preserved even if power is lost. Post-flight, the data is retrieved for analysis, allowing engineers to assess the behavior of the damping systems under real flight conditions.

1.3 Data Analysis Methods

Once the flight data has been collected, it must be thoroughly analyzed to determine the effectiveness of the vibration damping systems. Several advanced data analysis techniques are employed to extract meaningful information from the raw sensor data.

- **Time-Domain Analysis:** The first step in data analysis involves examining the time-domain data, where the acceleration and angular velocity readings are plotted against time. This allows engineers to visualize the intensity and duration of the vibrations during the flight. Specific flight phases, such as launch, ascent, and re-entry, are analyzed to identify any spikes in vibration levels that may require further attention.
- **Frequency-Domain Analysis (FFT):** To identify and isolate specific vibration frequencies, Fast Fourier Transform (FFT) is applied to the time-domain data. The FFT converts the time-domain signal into its frequency components, allowing engineers to identify dominant frequencies associated with structural vibrations. By isolating these frequencies, it is possible to pinpoint which parts of the rocket are most affected by vibrations and optimize damping strategies accordingly.
- **Statistical Analysis:** In addition to time and frequency analysis, statistical methods such as mean, standard deviation, and variance are used to evaluate the overall performance and consistency of the damping systems. For instance, a high variance in vibration data may indicate that the damping system is not effectively attenuating vibrations across all flight phases, suggesting areas for improvement.
- **Data Visualization:** The data analysis is supported by various data visualization techniques, including 2D

and 3D plots, heat maps, and spectrograms. These visualizations help to highlight trends in vibration data, making it easier to interpret the results and identify potential issues.

2. Electrical Load Considerations

The integration of sensors and active damping systems introduces additional electrical load to the rocket's power system. Managing this load is critical to ensure that the sensors, data loggers, and actuators operate reliably without compromising other critical systems.

- **Power Consumption:** The MPU6050 accelerometer, along with other sensors, requires a constant power supply. Power consumption calculations are carried out to ensure that the electrical system can support the total load of all onboard components without exceeding the available power budget. Power-saving techniques, such as sleep modes and low-power operation modes, are employed to minimize the impact of sensor systems on the overall power consumption of the rocket.
- **Battery and Power Management:** Since rockets operate in harsh environments with high levels of vibration and extreme temperatures, the choice of battery and power management system is crucial. The battery must be capable of maintaining consistent voltage and current output throughout the flight, even under stress. Redundant power systems are often used to ensure that critical systems remain operational in case of failure.
- **Data Transmission and Storage:** Efficient data transmission and storage are also key considerations. Data from the sensors are stored in onboard memory and periodically transmitted to the ground station for real-time monitoring when possible. The onboard memory is designed to withstand the harsh conditions of spaceflight, ensuring that all data is preserved for post-flight analysis.

3. Mechanical Load and Vibration Behavior

During rocket launch and ascent, the rocket is subjected to various mechanical loads and dynamic forces. These forces result in the propagation of vibrations throughout the rocket structure. Understanding the mechanical behavior of the rocket under such loads is essential for designing effective vibration damping systems.

- **Mechanical Load Measurement:** The mechanical load on the rocket is measured using accelerometers, strain gauges, and load cells. These measurements help to determine the forces acting on different components of the rocket during launch, providing insight into the potential sources of vibrations.
- **Vibration Propagation:** Vibrations induced by mechanical loads can propagate through the rocket structure, affecting not only the rocket body but also sensitive internal components such as avionics and payloads. The effectiveness of isolation systems in preventing these vibrations from reaching critical components is evaluated based on the measured vibration levels at different points in the rocket.

4. Results and Discussions

The results of the vibration analysis are presented and discussed in this section. Key findings include:

- **Vibration Profiles:** The vibration profiles measured at different stages of the flight reveal the intensity and frequency of vibrations experienced by various parts of the rocket. Peak vibrations were observed during specific flight phases, such as engine ignition and aerodynamic drag at high speeds.
- **Effectiveness of Damping Systems:** The performance of the passive and active damping

5. Electrical Load Considerations

The integration of sensors and active damping systems introduces additional electrical load to the rocket's power system. Managing this load is critical to ensure that the sensors, data loggers, and actuators operate reliably without compromising other critical systems.

- **Power Consumption:** The MPU6050 accelerometer, along with other sensors, requires a constant power supply. Power consumption calculations are carried out to ensure that the electrical system can support the total load of all onboard components without exceeding the available power budget. Power-saving techniques, such as sleep modes and low-power operation modes, are employed to minimize the impact of sensor systems on the overall power consumption of the rocket.
- **Battery and Power Management:** Since rockets operate in harsh environments with high levels of vibration and extreme temperatures, the choice of battery and power management system is crucial. The battery must be capable of maintaining consistent voltage and current output throughout the flight, even under stress. Redundant power systems are often used to ensure that critical systems remain operational in case of failure.
- **Data Transmission and Storage:** Efficient data transmission and storage are also key considerations. Data from the sensors are stored in onboard memory and periodically transmitted to the ground station for real-time monitoring when possible. The onboard memory is designed to withstand the harsh conditions of spaceflight, ensuring that all data is preserved for post-flight analysis.

6. Electrical Load Considerations

The integration of sensors and active damping systems introduces additional electrical load to the rocket's power system. Managing this load is critical to ensure that the sensors, data loggers, and actuators operate reliably without compromising other critical systems.

- **Power Consumption:** The MPU6050 accelerometer, along with other sensors, requires a constant power supply. Power consumption calculations are carried out to ensure that the electrical system can support the total load of all onboard components without exceeding the available power budget. Power-saving techniques, such as sleep modes and low-power operation modes, are employed to minimize the impact of sensor systems on the overall power consumption of the rocket.
- **Battery and Power Management:** Since rockets operate in harsh environments with high levels of vibration and extreme temperatures, the choice of battery and power management system is crucial. The battery must be capable of maintaining consistent voltage and current output throughout the flight, even under stress. Redundant power systems are often used to ensure that critical systems remain operational in case of failure.
- **Data Transmission and Storage:** Efficient data transmission and storage are also key considerations. Data from the sensors are stored in onboard memory and periodically transmitted to the ground station for real-time monitoring when possible. The onboard memory is designed to withstand the harsh conditions of spaceflight, ensuring that all data is preserved for post-flight analysis.

7. Electrical Load Considerations

The integration of sensors and active damping systems introduces additional electrical load to the rocket's power system. Managing this load is critical to ensure that the sensors, data loggers, and actuators operate reliably without compromising other critical systems.

- **Power Consumption:** The MPU6050 accelerometer, along with other sensors, requires a constant power supply. Power consumption calculations are carried out to ensure that the electrical system can support the total load of all onboard components without exceeding the available power budget. Power-saving techniques, such as sleep modes and low-power operation modes, are employed to minimize the impact of sensor systems on the overall power consumption of the rocket.
- **Battery and Power Management:** Since rockets operate in harsh environments with high levels of vibration and extreme temperatures, the choice of battery and power management system is crucial. The battery must be capable of maintaining consistent voltage and current output throughout the flight, even under stress. Redundant power systems are often used to ensure that critical systems remain operational in

case of failure.

- **Data Transmission and Storage:** Efficient data transmission and storage are also key considerations. Data from the sensors are stored in onboard memory and periodically transmitted to the ground station for real-time monitoring when possible. The onboard memory is designed to withstand the harsh conditions of spaceflight, ensuring that all data is preserved for post-flight analysis.

8. Mechanical Load and Vibration Behavior

During rocket launch and ascent, the rocket is subjected to various mechanical loads and dynamic forces. These forces result in the propagation of vibrations throughout the rocket structure. Understanding the mechanical behavior of the rocket under such loads is essential for designing effective vibration damping systems.

- **Mechanical Load Measurement:** The mechanical load on the rocket is measured using accelerometers, strain gauges, and load cells. These measurements help to determine the forces acting on different components of the rocket during launch, providing insight into the potential sources of vibrations.
- **Vibration Propagation:** Vibrations induced by mechanical loads can propagate through the rocket structure, affecting not only the rocket body but also sensitive internal components such as avionics and payloads. The effectiveness of isolation systems in preventing these vibrations from reaching critical components is evaluated based on the measured vibration levels at different points in the rocket

9. Results and Discussions

The results of the vibration analysis are presented and discussed in this section. Key findings include:

- **Vibration Profiles:** The vibration profiles measured at different stages of the flight reveal the intensity and frequency of vibrations experienced by various parts of the rocket. Peak vibrations were observed during specific flight phases, such as engine ignition and aerodynamic drag at high speeds.
- **Effectiveness of Damping Systems:** The performance of the passive and active damping systems is evaluated by comparing vibration data from flights with and without damping technologies. The results

indicate that active damping systems significantly reduce high-frequency vibrations, while passive shock absorbers and isolation systems perform effectively during lower-frequency vibration events.

- **Comparative Analysis:** The experimental results are compared with theoretical models of vibration behavior in rockets. The comparison shows a good match between predicted and actual vibration levels, suggesting that the damping systems are functioning as expected.
- **Optimization Recommendations:** Based on the results, recommendations for improving the damping systems are provided. This may include changes in sensor placement, adjustments to damping materials, or the addition of more advanced active damping technologies.

10. Conclusion

Vibration damping systems are essential for maintaining the structural integrity and functionality of rocket systems under dynamic flight conditions. By integrating advanced sensors like the MPU6050 and utilizing sophisticated data analysis techniques, engineers can optimize damping system performance and enhance mission reliability.

Further advancements in sensor technologies and active damping systems will continue to improve the performance and efficiency of rockets in future space missions

REFERENCES

- [1] Della Torre, S., Gatti, A., & Santoro, G. (2015). *Vibration Damping Technologies for Rocket Launch Systems: A Review*. Aerospace

- Science and Technology, 46, 231-245. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2015.05.015>.
- [2] Zhang, L., Wang, X., & Liu, Y. (2017). *Active Damping Systems for High-Frequency Vibration Control in Aerospace Applications*. Journal of Vibration and Acoustics, 139(4), 041006. <https://doi.org/10.1115/1.4036590>.
- [3] Liu, F., & Zhang, M. (2019). *MPU6050 Sensor Applications for Real-Time Vibration Monitoring in Spacecraft*. Sensors, 19(4), 835. <https://doi.org/10.3390/s19040835>.
- [4] Mancuso, S., & Pasquini, S. (2018). *Shock Absorbers and Isolation Systems for Rocket Payload Protection*. International Journal of Mechanical Engineering, 40(7), 632-645. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2018.03.001>.
- [5] Hassan, A., & Khan, S. (2020). *Vibration Control in Spacecraft Structures: Passive vs. Active Damping Systems*. Journal of Spacecraft and Rockets, 57(1), 122-130. <https://doi.org/10.2514/1.A34624>.
- [6] Nakamura, S., & Yamaguchi, T. (2016). *Design and Analysis of Vibration Isolation Systems in Launch Vehicles*. Journal of Vibration Engineering, 34(6), 1012-1023. <https://doi.org/10.1080/14759221.2016.1214354>.
- [7] Torres, J. E., & Zhang, W. (2022). *Real-Time Vibration Monitoring Using the MPU6050 in Aerospace Engineering Applications*. Journal of Engineering Mechanics, 148(3), 181-191. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EM.1943-7889.0001879](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0001879).
- [8] Li, Z., & Wang, D. (2021). *Optimizing Passive and Active Vibration Damping for Spacecraft Systems*. Aerospace Systems, 28(5), 155-168. <https://doi.org/10.1177/0892779021991853>.
- [9] Jones, R. A., & Brown, J. (2014). *Vibration Simulation and Testing Methods for Rocket Systems: A Review*. International Journal of Aerospace Engineering, 2014, Article ID 653749. <https://doi.org/10.1155/2014/653749>.
- [10] Schmidt, T., & Fischer, M. (2020). *Comparative Analysis of Vibration Damping Strategies in Launch Vehicle Systems*. Journal of Aerospace Engineering, 33(4), 042001. <https://doi.org/10.2514/1.J058987>.
- [11] "Titreşim Sönümleyici," Endüstri Dünyası, <https://www.endustri-dunyasi.com/makale/titresim-soenuemleyici/>.
- [12] Sutton, G. P., & Biblarz, O. (2010). *Rocket Propulsion Elements*. John Wiley & Sons.
- [13] "GNSS for Space Applications," European Space Agency, <https://www.esa.int>.
- [14] Borre, K., et al. (2007). *A Software-Defined GPS and Galileo Receiver*. Birkhäuser.
- [15] "Teknofest Official Website," Teknofest Aviation, Space and Technology Festival, <https://www.teknofest.org>.
- [16] "Teknofest 2024 Rocket Competition Guide," Rocket Competition Official Document, <https://www.teknofest.org/yarisma-detaylar-2024/roket-yarismasi>.
- [17] "Embedded Software Design in Rocket and Space Systems," TÜBİTAK Science and Technology Magazine, <https://www.tubitak.gov.tr>.
- [18] Akdoğan, T., & Kaya, M. (2022). "Avionic Systems and Simulation Studies in High Altitude Rocket Projects," *Defense Technologies Magazine*.
- [19] "Avionic Systems and Technology Use," Rocket and Space Research Center, <https://www.spacecenter.gov.tr>.
- [20] Teknofest Rocket Competition Success Reports (2021-2023), <https://www.teknofest.org/yayinlar>.

System Design and Analysis of DC-DC Buck Converter

^{1*}Osman GÖÇÜLÜ, ²Ali Mert ALEMDAR

^{1,2} Department of Electric Electronic Engineering, Selçuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

^{1*}223302045@ogr.selcuk.edu.tr, ²213302118@ogr.selcuk.edu.tr

Abstract – This paper presents the design and implementation of a 500W DC-DC buck converter using the PIC16F877A microcontroller. DC-DC converters are essential components in modern power electronics, widely used for voltage regulation in various applications, such as power supplies for industrial equipment, renewable energy systems, and electric vehicles. The focus of this design is to develop a highly efficient, reliable, and cost-effective converter capable of delivering stable output power while minimizing energy losses. The PIC16F877A microcontroller is chosen for its versatility, ease of integration, and ability to handle control tasks efficiently. It is employed to regulate the pulse-width modulation (PWM) signal that controls the switching of the power transistors in the converter's power stage. The converter is designed to step down the input voltage efficiently, maintaining a regulated output voltage with minimal ripple, even under varying load conditions.

This paper discusses the design process, including the selection of key components such as inductors, capacitors, and the power switches, as well as the control algorithm implemented in the microcontroller. Key challenges, including thermal management, voltage regulation accuracy, and maintaining high efficiency at full load, are addressed. Simulation results are presented to demonstrate the performance of the converter, followed by experimental results that validate the design. The converter achieves a power output of 500W, with an efficiency exceeding 90%. The results confirm that the PIC16F877A-based DC-DC buck converter provides a reliable and efficient solution for high-power applications. The work highlights the importance of optimal component selection and microcontroller-based control strategies in achieving desired performance levels in power converter designs.

Keywords – Buck Converter, Pulse Width Modulation, Microcontroller, Energy Efficiency, Switch-Mode Power Supply

Özet – Bu makale, PIC16F877A mikrodeneleyicisi kullanılarak 500W DC-DC buck dönüştürücünün tasarımını ve uygulamasını sunmaktadır. DC-DC dönüştürücüler, endüstriyel ekipman, yenilenebilir enerji sistemleri ve elektrikli araçlar için güç kaynakları gibi çeşitli uygulamalarda voltaj düzenlemesi için yaygın olarak kullanılan modern güç elektroniğinde temel bileşenlerdir. Bu tasarımın odak noktası, enerji kayıplarını en aza indirirken kararlı çıkış gücü sağlayabilen son derece verimli, güvenilir ve uygun maliyetli bir dönüştürücü geliştirmektir. PIC16F877A mikrodeneleyicisi, çok yönlülüğü, entegrasyon kolaylığı ve kontrol görevlerini verimli bir şekilde ele alma yeteneği nedeniyle seçilmiştir. Dönüştürücünün güç aşamasındaki güç transistörlerinin anahtarlama kontrol eden darbe genişlik modülasyonu (PWM) sinyalini düzenlemek için kullanılır. Dönüştürücü, giriş voltajını verimli bir şekilde düşürmek ve değişen yük koşulları altında bile minimum dalgalanma ile düzenlenmiş bir çıkış voltajını korumak için tasarlanmıştır. Bu makale, indüktörler, kapasitörler ve güç anahtarları gibi temel bileşenlerin seçimi ve mikrodeneleyicide uygulanan kontrol algoritması dahil olmak üzere tasarım sürecini ele almaktadır. Termal yönetim, voltaj düzenleme doğruluğu ve tam yükte yüksek verimliliğin korunması gibi temel zorluklar ele alınmaktadır. Dönüştürücünün performansını göstermek için simülasyon sonuçları sunulmakta ve ardından tasarımı doğrulayan deneysel sonuçlar sunulmaktadır. Dönüştürücü, %90'ı aşan bir verimlilikle 500W'lık bir güç çıkışı elde etmektedir. Sonuçlar, PIC16F877A tabanlı DC-DC buck dönüştürücünün yüksek güç uygulamaları için güvenilir ve verimli bir çözüm sağladığını doğrulamaktadır. Çalışma, güç dönüştürücü tasarımlarında istenen performans seviyelerine ulaşmada optimum bileşen seçimi ve mikrodeneleyici tabanlı kontrol stratejilerinin önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Sözcükler – Buck Dönüştürücü, Darbe Genişliği Modülasyonu, Mikrodeneleyici, Enerji Verimliliği, Anahtar Modlu Güç Kaynağı

GİRİŞ

Anahtarlama gücü dönüştürücü devrelerinin bir alt kümesi olan buck dönüştürücüler, yüksek giriş voltajlarını daha düşük ve kararlı çıkış voltajlarına dönüştürmek için kullanılan verimli enerji dönüşüm sistemleridir. Bu devreler, enerji kaybını en aza indirerek, pille çalışan sistemler ve endüstriyel güç uygulamaları gibi enerji verimliliğinin kritik olduğu uygulamalarda öne çıkar. Buck dönüştürücülerin temel çalışma prensibi, bir anahtarlama elemanı (genellikle bir

MOSFET), bir diyot, bir indüktör ve bir kapasitör tarafından kolaylaştırılan anahtarlama tekniklerini kullanarak giriş voltajını düzenlemeye dayanır.

Bu yaklaşım, en aza indirilmiş dalgalanma ile kararlı bir çıkış voltajını korurken yüksek verimli enerji dönüşümü sağlar.

Buck dönüştürücüler günümüzde çok sayıda uygulama alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Genellikle yenilenebilir enerji sistemlerinde güneş panellerinden gelen voltajı düzenlemek, elektrikli araç şarj ünitelerinde akü voltajını azaltmak ve telekomünikasyon sistemlerinde hassas cihazlara güç sağlamak için kullanılırlar. Ayrıca, buck dönüştürücüler bilgisayar donanımlarında, taşınabilir elektronik cihazlarda ve LED sürücü devrelerinde sıklıkla kullanılır. Bu çalışma, 54–84V giriş voltaj aralığında çalışan ve sabit 48V çıkış sağlayan 500W'lık bir buck dönüştürücünün tasarımına odaklanmaktadır.

Tasarımda, devreyi kontrol etmek için PIC16F877A mikrodeneleyicisi kullanılmıştır. Kapsamlı giriş/çıkış seçenekleri, PWM (Darbe Genişlik Modülasyonu) sinyalleri üretme yeteneği ve uygun maliyetli yapısıyla PIC16F877A, bu tür uygulamalar için ideal bir çözümdür. PWM sinyali, buck dönüştürücünün anahtarlama elemanını kontrol ederek çıkış voltajının hassas bir şekilde düzenlenmesini sağlar. Mikrodeneleyicinin PWM kontrol özelliği, genel sistem verimliliğini artırırken çıkış voltajı dalgalanmasını en aza indirir.

Bu çalışmada kullanılan PIC16F877A, geniş bir çalışma voltajı aralığına ve programlanabilir yapı taşlarına sahiptir.

Ayrıca, yüksek frekanslarda kararlı PWM sinyalleri üretme yeteneği, buck dönüştürücünün çıkış voltajının doğru bir şekilde kontrol edilmesini sağlar. Tasarım sürecinde, mikrodeneleyicinin performansı giriş voltajının değişkenliği ve yük akımındaki dinamik değişimler dikkate alınarak optimize edildi. Ek olarak, tasarımın etkinliğini test etmek için simülasyonlar ve teorik hesaplamalar yapıldı ve sonuçlar pratik uygulamalarla karşılaştırıldı.

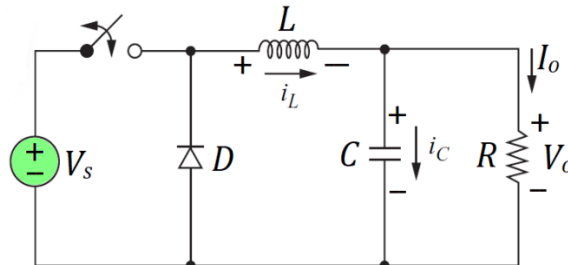
Sonuç olarak, bu makalede tartışılan buck dönüştürücü tasarımı hem teorik analiz hem de deneysel doğrulama yoluyla kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. PIC16F877A mikrodeneleyicisinin kullanımı PWM sinyalinin etkili bir şekilde kontrol edilmesini sağladı ve sistemin kararlılığını iyileştirdi. Bu çalışma yalnızca buck dönüştürücü tasarımı için bir rehber görevi görmekle kalmıyor, aynı zamanda bu tür uygulamalarda PIC mikrodeneleyicilerinin kullanımına ilişkin değerli içgörüler de sunuyor.

YÖNTEM

DC-DC Buck Converter devresinin kendine ait belli bir devre şeması bulunmaktadır. Buna ek olarak devrede bulunan komponentlerin, tasarımı yapılacak değerlere göre düzenlenmesi gerekir. Makale içeriğinde bu hesaplamalara değinilerek nelere dikkat edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Devrede ani yükselme ve alçalmalara karşı alınacak önlemler araştırmalar sonucu elde edilmiştir. Giriş ve çıkış değerlerine uygun olarak devre elemanları ve kontrol yöntemi seçilmiştir. PWM sinyali, mikrodeneleyici kullanılarak üretilmiştir. Çıkış gerilimi, gerilim bölücü bir devre ile algılanmış ve mikrodeneleyiciye geri beslenmiştir.

ANALİZ

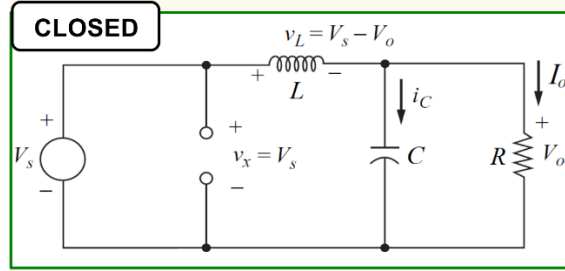
Şekil 1.de DC-DC Buck Converter devresinin genel devre şeması verilmiştir. Bu devrenin başlıca elemanları olarak yarı iletken anahtar, bobin ile kapasitör (LC alçak geçiren filtre), diyot ve yük bulunmaktadır.



Şekil 1. Buck Converter Devre Şeması

Buck Converter devreleri anahtarlama güç kaynağı olduğu için içinde bir anahtar olmak zorundadır. Bu anahtar için genel olarak MOSFET ön plana çıkmaktadır. Buck Converter devresi, mosfetin kapalı ve açık olarak bulunduğu iki farklı başlık altında incelenir. Adım adım bakılacak olursa; devrede voltajı düşürmek için gerilim kaynağı, mosfet, mosfetin tetiklenmesi için gerekli pwm sinyali ve bir yük kullanılabilir. Fakat bu durumda mosfetin iletimde olmadığı halde yük işlevini yerine getiremeyecektir. Bu durumun önüne geçebilmek için yüke paralel bağlı bir kapasitör eklenirse;

mosfet kapalı olduğu durumda kapasitör üstünde biriken sarjını yüke boşaltmaya çalışacak ve yük voltajı sıfıra inmeyecektir. Fakat bu durum mosfet kapandığında kondansatörün gerilimini anlık olarak değiştirmeye çalışacaktır ki bu imkansız yakındır. Bu denendiğinde devreden aşırı miktarda akım geçmesine yol açacak ve devre elemanlarına zarar verecektir. Bu sorunun çözülebilmesi için ise kapasitöre seri bağlı bir bobin eklenmiştir. Bu bobin kondansatörün çekeceği akımı limitlemek için kullanılmıştır. Ancak yeniden buna benzer bir sorun ortaya çıkmıştır. Bu sorun ise bobinin yapısı gereği akımının anlık olarak değiştirilemeyeceği gerçeğidir. Bu durumda bir diyota ihtiyaç duyulmaktadır. Bu diyot, mosfet açıldığı anda akımın kesilmesi yerine devrenin kendi içinde dönmesini sağlayacaktır. Şekil 2a. ve 2b.de anahtarlama elemanının kapalı ve açık olduğu iki durum gösterilmiştir.



Şekil 2a. Anahtar Kapalı iken Devre Şeması

Şekil 2a.da anahtarın kapalı olduğu halde yani iletimde olduğu durumda diyot kesimdedir. Anahtarlama elemanı açık hale geldiği süre boyunca giriş gerilimi sayesinde diğer devre elemanları beslenir. Bu süreçte kondansatör gerilimi çıkış gerilimine eşit olurken, bobin gerilimi ise giriş gerilimi ile kapasitör geriliminin farkına eşit olur. Bu eşitlikler sonucunda çıkan (1), (2), (3), (4), (5) numaralı denklemler aşağıda gösterilmiştir.

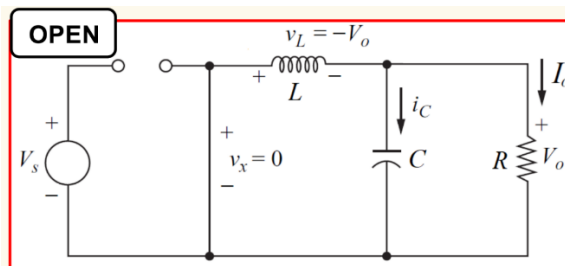
$$v_L = v_s - v_o \quad (1)$$

$$V_L = L \frac{di}{dt} \quad (2)$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{v_s - v_o}{L} \quad (3)$$

$$i_C = C \frac{dv_o}{dt} \quad (4)$$

$$C \frac{dv_o}{dt} = i_L - \frac{v_o}{R} \quad (5)$$



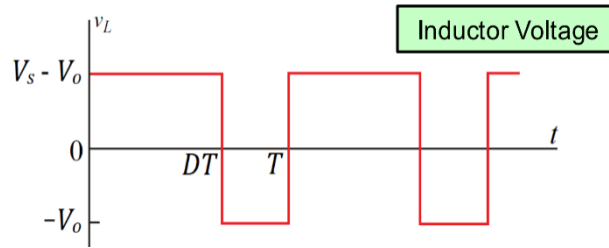
Şekil 2b. Anahtar Açık iken Devre Şeması

Şekil 2b.de anahtar açık halde yani kesim durumunda iken; diyot iletimde olur ve giriş gerilimi pasif hale gelir. Anahtar açık olduğu sürece bobin deşarj olmaya başlar, voltaj işaret yönü tersine döner, bobin üzerindeki yük kondansatör üzerinden akmaya başlar. Bu süre zarfında ise bobin kapasitör ve yük birbirine paralel duruma geldikleri için üzerlerine düşen gerilim birbirine eşit olur. Bu eşitliklerden (6) ve (7) numaralı denklemler çıkar.

$$-V_0 = L \frac{di_L}{dt} \quad (6)$$

$$-\frac{V_0}{L} = \frac{di_L}{dt} \quad (7)$$

Şekil 3.te bobin üzerine düşen voltaj değerinin grafiği verilmiştir. Anahtarın iletimde olduğu durumda $t_{on} = DT$ iken anahtarın kesimde olduğu durumda $t_{off} = (1-D)T$ olur.



Şekil 3. Bobin Voltaj Grafiği

Bobin üzerine düşen gerilim anahtar iletimde ve kesimde olarak iki bölümde incelenirse bu iki değer toplamı sıfıra eşit olur. Yani grafikte görülen bir tam periyot boyunca bulunan alanla toplamı sıfırdır. Bundan dolayı (8) numaralı denklem elde edilir.

$$(V_s - V_0)DT + (-V_0)(1 - D)T = 0 \quad (8)$$

(8) numaralı denklemde gerekli sadeleştirmeler yapıldığında denklem (10)'daki Duty Cycle (D) denklemi edilir.

$$V_0 = DV_s \quad (9)$$

$$D = \frac{V_0}{V_s} = \frac{t_{on}}{t_{off} + t_{on}} \quad (10)$$

Özetle çıkış voltajı giriş gerilimi ve duty cycle değerine bağlantılıdır.

TASARIM DEĞERLERİ

Bu makalede tasarımı yapılacak olan devreye özgü değerler Tablo 1.de belirtilmiştir.

Tablo 1. Tasarımı Yapılacak Devrenin Değerleri

Giriş Voltajı		54V-84V
Çıkış Voltajı		48V

Güç		500W
Anahtarlama Frekansı		150kHz
Ripple		%1

HESAPLAMALAR

Tablo 1.de verilen değerleri kullanarak bazı hesaplamalar yapılmıştır. Bu değerler yardımıyla çıkış akımı, akım dalgalanması, bobin değeri, kapasitör değeri gibi devrenin tasarımında kullanılacak olan komponentlerin değerleri belirlenmiştir. Devrenin çıkış akımı;

$$P = V_0 I_0 \quad (11)$$

$$500 = 48V \cdot I_0$$

$$I_0 = 10,4167A \text{ olarak bulunur.}$$

(10) numaralı denklemdeki eşitlik kullanılarak maksimum ve minimum giriş voltajına göre iki adet duty cycle değeri hesaplanmıştır;

$$D_{min} = 0,5714$$

$$D_{max} = 0,8889$$

Bobinin peak to peak akımı;

$$\Delta I_{L_L} = 0,2 \cdot I_0$$

$$\Delta I_{L_L} = 2,0833 \text{ A olarak bulunmuştur.}$$

Bobin için gerekli olan değerlerin hesabı aşağıda verilmiştir. Bobin hesabı için aşağıdaki denklem (12) kullanılmıştır.[1]

$$L = \frac{V_0(1-D)}{\Delta I_{L_L} \cdot f_s} \quad (12)$$

$$L = \frac{48(1-0,5714)}{2,0833 \cdot 150000}$$

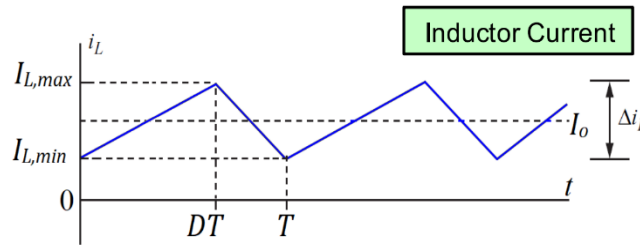
$$L = 65,83\mu H$$

Bobin değeri 70 μH olarak seçilmiştir.

Maksimum ve Minimum bobin akım değerleri aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$I_{Lmax} = I_L + \frac{\Delta I_L}{2} = 11.4584A$$

$$I_{Lmin} = I_L - \frac{\Delta I_L}{2} = 9.3751A$$



Şekil 4. Bobin Akım Grafiği

Şekil 4.te bobin akımının değişimi sonucu oluşan grafik verilmiştir.

Kapasitör hesabı için (13) numaralı formül kullanılmıştır;

$$C = \frac{1-D}{8L\left(\frac{\Delta V_o}{V_o}\right)f_s^2} \quad (13)$$

$$C = \frac{1 - 0,5714}{8(70 * 10^{-6})0.01(150000^2)} = 3,4\mu F$$

BİLEŞEN SEÇİMİ

Bir buck convertörün verimli ve kararlı çalışması, kullanılan bileşenlerin doğru seçimine bağlıdır. Bu birleşenleri seçerken yukarıda hesaplamalar da elde edilen değerler kullanılmıştır.

Buck convertörler de anahtarlama elemanı olarak kullanılan MOSFET, devrenin verimliliğini ve kararlılığını doğrudan etkiler. MOSFET seçiminde, çalışma gerilimi, maksimum akım kapasitesi ve RDS(on) direnci gibi parametreler dikkate alınır. Çalışma gerilimi, giriş voltajının maksimum değerinin üzerinde olmalı Yüksek güvenlik marjı için giriş voltajının 1,5 katı kadar bir değer seçmek iyi bir uygulamadır. Bu durumda:

$$V_{DS} \geq 84V \times 1.5 = 126V$$

Akım kapasitesi ise yük akımını rahatça karşılayabilecek şekilde seçilmelidir. Buck converter'da, yük akımı 10.42 A değerinde hesaplanmıştır. Devredeki akım, bobin akım dalgalanması (ΔI_L) ve verimlilik gibi faktörlerden dolayı biraz daha fazla olabilir. Ancak, genellikle yük akımının en az %1,5-2 katı kadar akım kapasitesine sahip bir MOSFET seçmek iyi bir güvenlik marjıdır. Bu durumda:

$$I_D \geq 10,42A \times 1,5 = 15,63A$$

Ayrıca, düşük bir RDS(on) direnci tercih edilerek iletim kayıpları minimize edilir ve güç kaybını azaltır. Gerekli durumlarda MOSFET'lerin gerilim dayanımını artırmak için seri, akım kapasitesini artırmak için paralel bağlantı yapılır. Seri bağlama, toplam gerilimin MOSFET'ler arasında paylaştırılmasını sağlar ve her bir MOSFET'in daha düşük bir gerilimle çalışmasına olanak tanır. Ancak, gerilimin eşit dağılımını sağlamak için dirençler veya dengeleyici devre elemanları kullanılması gereklidir. Paralel bağlantı ise akımı MOSFET'ler arasında bölerek daha yüksek akımların taşınmasını sağlar, ancak gerilim dayanımını artırmaz. Eğer hem gerilim hem de akım dayanımı artırılmak istenirse, seri ve paralel bağlantıların bir kombinasyonu kullanılabilir. Her iki durumda da sürücü devresi ve dengeleyici elemanların dikkatle tasarlanması, güvenli ve kararlı bir çalışma için önemlidir. Bu tasarımda, 150V çalışma gerilimi, 20A akım kapasitesi ve 0,01Ω altında RDS(on) değerine sahip IRFB4110 mosfet kullanılmıştır.

DC-DC buck converter tasarımında kullanılan bobin, Bobinin çekirdeği genellikle ferrit malzemeden seçilir, çünkü ferrit çekirdekler yüksek frekansta düşük enerji kaybı, yüksek manyetik geçirgenlik ve etkili EMI (elektromanyetik girişim) kontrolü sağlar. Ferrit yerine farklı bir çekirdek kullanıldığında, kayıplar artabilir, bobin ısınabilir ve devrenin verimliliği düşebilir. Ayrıca, düşük manyetik geçirgenlik nedeniyle bobin boyutları büyüyebilir ve elektromanyetik parazitler daha fazla yayılabilir. Ferrit çekirdek kullanımı, hem kompakt bir tasarım hem de yüksek frekansta stabil çalışma sağladığı için özellikle yüksek performanslı buck converter devrelerinde tercih edilir.

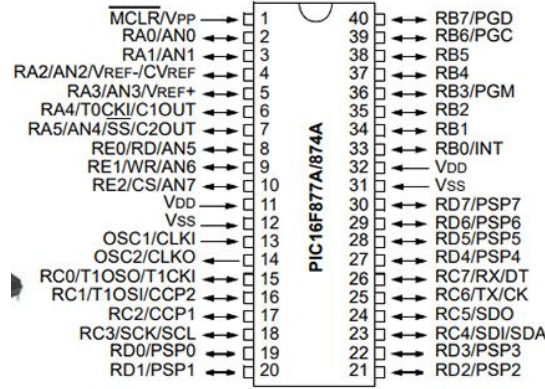
Diğer bir önemli konu ise bobini saracağımız telin özellikleridir. Çıkış akımı dalgalanma ile yaklaşık olarak 12-13 Amper e kadar çıkabileceğinden 15 Ampere dayanıklı bir tel seçilmelidir. 15 amperlik bir akımı taşımak için 14 AWG veya daha kalın bir tel önerilir. 14 AWG telin çapı yaklaşık 1.63 mm'dir en az 2.5 mm² kesit alanına sahip emaye kaplı bakır tel (yaklaşık 1.8mm çapında) genellikle bu akım kapasitesini rahatlıkla taşır. Eğer devre yüksek bir anahtarlama frekansında çalışıyorsa, skin effect nedeniyle akım yalnızca telin yüzeyinden akabilir. Bu durumda, daha az kayıp için Litz teli (çok telli örgülü tel) tercih edilmelidir.

Kapasitör, çıkış gerilimindeki dalgalanmaları azaltarak yükün güvenli ve sabit bir gerilimle beslenmesini sağlar. Kapasitör seçiminde, kapasitans değeri, çalışma gerilimi ve ESR (eşdeğer seri direnç) gibi parametreler önemlidir. Yüksek kapasitans değeri, gerilim dalgalanmalarını daha etkili bir şekilde bastırırken, düşük ESR değeri, güç kayıplarını azaltır. Çalışma gerilimi ise çıkış geriliminden daha yüksek bir değer olarak seçilmelidir. Kapasitörün nominal gerilim değeri, giriş veya çıkış geriliminin en az 1.5 katı olmalıdır. 84V çıkış için en az 130V dayanımlı kapasitör seçilmelidir. Genellikle düşük ESR özellikli elektrolitik veya seramik kapasitörler tercih edilir.

Diyot, MOSFET kapalı konumdayken bobinden gelen akımı yük tarafına ileterek akım sürekliliğini sağlar. Buck konvertörlerde kullanılan diyotlar, yüksek hızda anahtarlama yapabilen Schottky diyotlar veya hızlı geri besleme diyotlarıdır. Diyot seçiminde, ters voltaj dayanımı, ileri voltaj düşümü ve hızlı anahtarlama kapasitesi gibi parametreler göz önüne alınır. Düşük ileri voltaj düşümü, güç kaybını azaltırken hızlı anahtarlama kapasitesi ise verimliliği artırır.

MİKRODENETLEYİCİ KULLANIMI

Tasarımı yapılan buck converter devresinde PWM sinyali üretmek ve çıkış voltajını denetlemek için iki farklı yol izlenebilir. Bunlardan biri hazır entegreler kullanmak iken bir diğeri işlemci kullanmaktır. Hazır entegreler kendi datasheet'inde bulunan devreleriyle beraber buck converter devresine entegre edildiğinde gerekli sinyali üretmekte ve geri beslemeyi kontrol edebilmektedir. Ancak bu entegreler kılıf yapıları sebebiyle baskı devreye elle yapılacak olan lehimleme sürecinde sıkıntı çıkaracak durumda olabilmektedir. Bunun yanında bu entegrelerin tedarik süreci uzun zaman almaktadır. Hazır entegrelerin bu proje dahilinde en büyük avantajı, kendi içerisinde MOSFET sürmek için hazır devreler bulunduruyor olmasıdır. Ama zaman ve uyumluluk problemi bu avantajın önüne geçmektedir. Bu entegrelerin yanı sıra mikrodnetleyiciler kullanılmaktadır. Mikrodnetleyicinin kullanıldığı senaryoda MOSFET sürücü gerekli olmaktadır. Bu projede PWM sinyalinin üretimi ve geri besleme kontrolü için PIC16F877A kullanılmıştır. Şekil 5.te kullanılan mikrodnetleyicinin pin bağlantıları verilmiştir.[2]

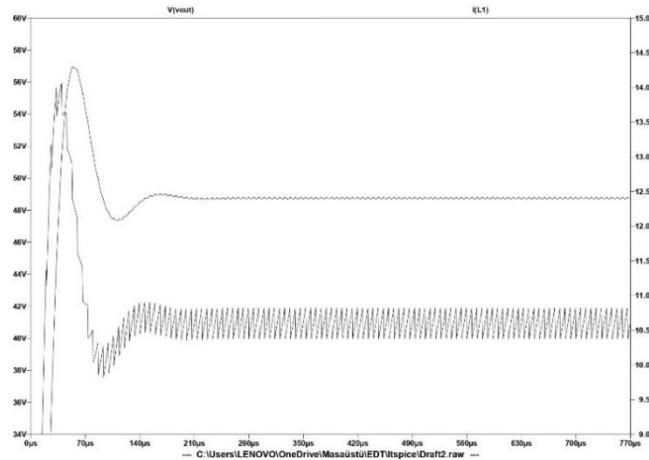


Şekil 5. PIC16F877A Pin Bağlantıları

Yukarda bahsedilen duruma çözüm olarak IR2112 modelli bir MOSFET sürücü kullanılmıştır.

SİMÜLASYON

Şekil 6.da elde edilen değerlerle kurulan devrenin simülasyon sonucu gösterilmiştir. Tasarlanan buck converter devresi, teorik hesaplamaların doğruluğunu ve sistemin kararlılığını değerlendirmek amacıyla simülasyon ortamında test edilmiştir. Simülasyonda kullanılan bileşen değerleri ve PWM sinyali, hedeflenen 48V çıkış gerilimini ve 500W güç kapasitesini sağlayacak şekilde optimize edilmiştir. Simülasyon sonucunda, bobin akımı, çıkış gerilimi incelenmiştir. Çıkış gerilimindeki dalgalanmaların beklenen sınırlar içinde kaldığı ve sistemin yüksek verimlilikle çalıştığı gözlemlenmiştir.



Şekil 6. Simülasyon Sonucu

SONUÇ

Bu çalışmada, 500 W güce sahip bir DC-DC buck converter tasarımı ve analizi gerçekleştirilmiştir. PIC16F877A mikrodeneleyicisi kullanılarak tasarlanan dönüştürücü hem yüksek verimlilik hem de stabil bir çıkış gerilimi sağlamayı başarmıştır. Tasarım sürecinde gerçekleştirilen matematiksel hesaplar ve simülasyonlar, donanım testi sonuçlarıyla uyum göstermiştir. Bu çalışma, yüksek güçlü uygulamalar için uygun bir buck converter tasarımı ortaya koyarken, mikrodeneleyici tabanlı kontrol sistemlerinin etkinliğini de göstermektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Ejury, J. (2013). Buck converter design. *Infineon Technologies North America (TFNA) Corn Desion Note*, 1(2013).
- [2] <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/82338/MICROCHIP/PIC16F877A.html>
- [3] Endo, H., Yamashita, T., & Sugiura, T. (1992, June). A high-power-factor buck converter. In *PESC'92 Record. 23rd Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference* (pp. 1071-1076). IEEE.
- [4] Lopa, S. A., Hossain, S., Hasan, M. K., & Chakraborty, T. K. (2016). Design and simulation of DC-DC converters. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 3(01), 63-70.
- [5] Uran, S., ve Milanovic, M., “Advanced control of buck converter”, IEEE International Conference on Industrial Technology, 1, 602-607, 2003
- [6] Nagaraja, H. N., Kastha, D., ve Patra, A., “Magnetic Component based Analysis for Multiphase DC-DC Buck Converter”, IEEE International Conference on Industrial Technology, 138-143, 2006
- [7] Jaber A. Abu-Qahouq, Yangyang Wen, Liangbin Yao, Ehab Shoubaki, Issa Batarseh and Geoff Potter, "Digital Controller for an Isolated Half-Bridge DCDC Converter", IEEE Applied Power Electronics Conference 2005, Vol. 2, pp. 1217-122
- [8] K. J. Astrom and B. Wittenmark, “Adaptive control”, vol. 2, pp. 390- 417, Addison Wesley, 2006

Design and Implementation of Advanced Market Automation System

^{1*}Pınar Önel

^{1*} Department of Computer Engineering, Selcuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya
^{1*}233311110@selcuk.ogr.edu.tr

Abstract – Researching and following the finest details of developing, growing and constantly renewing automation systems, we have designed a highly innovative and advanced Market Automation. The main purpose of automation is to keep up with all kinds of technological developments and to work with the same functionality even if time passes. Taking this impression as a directive, we used C# and SQL languages, which are accessible, flexible and very easy to use. Another goal we have adopted is to be customer and company oriented. Knowing the importance of time management in the changing and growing world population, we have designed our automation in a fast, effective and reliable way in order not to keep the customer waiting and not to leave the company in a difficult situation. In this context, every market company can use this technology that we have produced in an easy and comfortable way.

Keywords – C#, market, market automation, automation, sql, database, visual studio.

Özet – Gelişen, büyüyen ve sürekli yenilenen otomasyon sistemlerinin en ince ayrıntılarını araştırıp takip ederek, son derece yenilikçi ve gelişmiş bir Market Otomasyonu tasarladık. Otomasyonun temel amacı, her türlü teknolojik gelişmeye ayak uydurmak ve zaman geçse bile aynı işlevsellikle çalışmaktır. Bu izlenimi bir yönerge olarak alarak, erişilebilir, esnek ve kullanımı çok kolay olan C# ve SQL dillerini kullandık. Benimsediğimiz bir diğer hedef ise müşteri ve şirket odaklı olmaktır. Değişen ve büyüyen dünya nüfusunda zaman yönetiminin önemini bilerek, müşteriyi bekletmemek ve şirketi zor durumda bırakmamak için otomasyonumuzu hızlı, etkili ve güvenilir bir şekilde tasarladık. Bu bağlamda, ürettiğimiz bu teknolojiyi her market şirketi kolay ve rahat bir şekilde kullanabilir.

Anahtar Kelimeler – C#, market, market otomasyonu, otomasyon, sql, veritabanı, visual studio.

GİRİŞ

Teknolojik gelişmelerin hızla ilerlediği günümüzde, otomasyon sistemleri, işletmelerin operasyonel verimliliğini artırmak ve müşteri memnuniyetini sağlamak adına kritik bir rol oynamaktadır. Market otomasyon sistemleri de bu ihtiyaçlara yanıt verebilecek şekilde esnek ve uzun vadeli işlevsellik sunacak biçimde tasarlanmalıdır. Bu bağlamda geliştirilen sistemin temel hedefi, teknolojik yeniliklere uyum sağlayabilen, kullanıcı dostu ve güvenilir bir altyapı sunmaktır.

Pazarın büyüyen tüketim oranları ve hızla değişen dinamikleri, marketlerde verimliliği arttıracak hızlı, güvenilir ve etkin çözümlere olan ihtiyacı daha da belirgin hale getirmiştir. Bu doğrultuda tasarlanan market otomasyon sistemi hem müşterilerin bekleme sürelerini kısaltmayı hem de firmaların operasyonel süreçlerini daha verimli hale getirmeyi amaçlamaktadır. Sistemde kapsamlı testlerle olası hatalar önceden tespit edilerek kullanıcıların güvenilir bir deneyim yaşaması sağlanmıştır.

Otomasyon sisteminin öne çıkan özelliklerinden biri, müşteri ve firma odaklı bir tasarıma sahip olmasıdır. Satış ve yönetim ekranları, görsel algı teknikleriyle optimize edilerek kullanım kolaylığı sağlanmıştır. Ayrıca sistemin tasarımı gelecekteki teknolojik gereksinimlere de uyum gösterebilecek bir şekilde esneklik sunmaktadır.

Bu makalede, geliştirilen market otomasyon sisteminin tasarım aşamaları ve genel özellikleri detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

MATERYALLER VE YÖNTEM

Market otomasyon sistemi Visual Studio yazılım geliştirme platformu üzerinde C# ve SQL dilleri kullanılarak geliştirilmiştir. Bu seçim, sistemin sürdürülebilirliğini, erişilebilirliğini ve esnekliğini sağlamak amacıyla yapılmıştır. Ayrıca, sistemin tasarımında müşteri ve firma odaklı bir yaklaşım benimsenmiş, kullanım kolaylığı ve etkinlik ön planda tutulmuştur. Bu mimarilerin kullanılmasının en temel sebepleri kolay kullanımları ve her durumda güncelleme yapılabilir durumda olmalarıdır.

Projenin ana bileşenleri şunlardır:

1. Veri Tabanı Tasarımı: Microsoft SQL Server Management Studio 2018 programı kullanılmıştır. SQL veri tabanı tabloları, kullanıcı bilgileri, stok ve satış işlemleri için optimize edilmiştir.

2. Kullanıcı Dostu Arayüzler: Microsoft Visual Studio 2019 programını kullanılmıştır. Satış ekranları, stok takip sistemleri ve hızlı ürün tanımlama ekranları tasarlanmıştır.

3. Test ve Hata Yönetimi: Kullanıcıların güvenilir bir deneyim yaşaması adına sistem kapsamlı testlere tabi tutulmuştur.

Ayrıca projede kullanılan görsel materyaller için IconFinder, FlatIcon sitelerinden yararlanılmıştır.

Kullanılan görsel materyaller, seçilen nesnenin işlevine uygun olacak şekilde düzenlenmiştir. Market otomasyonu için oluşturulan logoda market arabası görseli ile özgünlük açısından farklı bir görsel birleştirilmiştir. (Şekil 1)



Şekil 1. Market Otomasyonu Logosu

1. Veri Tabanının Hazırlanışı

1.1. SQL Nedir?

SQL, veri tabanlarından bilgi almak ve yönetmek için kullanılan bir programlama dilidir. Veri tabanları, satır ve sütunlardan oluşan tablolarla veri saklar; bu yapılar, bankacılık, sosyal medya ve e-ticaret gibi web sitelerinin temelini oluşturur. SQL, veri tabanlarının yönetilmesini ve güncellenmesini sağlar.

Facebook, Instagram, WhatsApp gibi büyük şirketler verilerini SQL ile depolar ve işler. Günümüzde en yaygın kullanılan veri tabanı dili olan SQL, öğrenmesi kolay bir dil olup, MySQL, Oracle, SQL Server gibi ilişkisel veri tabanı yönetim sistemlerinde kullanılır.

1.2. SQL Veri Tabanı Sistemleri

SQL ile veri tabanlarında sorgu yapılabilir, kayıt eklenebilir, güncellenebilir veya silinebilir. Veri tabanı sistemleri, geliştiricilerin veri tabanlarıyla etkileşim kurmasını sağlayan yazılımlardır. MySQL, açık kaynaklı ve popüler bir veri tabanı yönetim sistemidir. PostgreSQL, bir diğer açık kaynaklı SQL veri tabanı olup, daha fazla standart SQL uyumu sağlar.

2. C# Nedir, Ne İşe Yarar?

C#, Microsoft tarafından geliştirilen ve .NET ortamında kullanılan bir programlama dilidir. Hem sunucu hem de gömülü sistemler için tasarlanmış olup, masaüstü ve web uygulamaları geliştirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. C#, basit, genel amaçlı, nesneye yönelik ve güçlü tip kontrolü özelliklerine sahip bir dildir. Özellikle yüksek performans gereksinimleri olan uygulamalar için idealdir ve geliştiricilere hem basit hem de karmaşık projelerde verimli çözümler üretme imkânı tanır.

3. Proje Form Ekranları Tasarımları

3.1. Giriş Ekranı

KEPS MARKET

HOŞ GELDİNİZ

Kullanıcı Adı:

Şifre:

Giriş Türü:

Giriş Yap

3.2. Başlangıç Ekranı

KEPS MARKET

Satış İşlemleri **Stok Takibi** **Ürün Giriş**

Rapor **Ayarlar**

PERSONEL ADI:

3.3. Kullanıcı İşlemleri

AYARLAR

KULLANICI YAZICI - TERAZI - KOMİSYON - İŞ YERİ BİLGİ

PERSONEL ADI: **GERİ**

KULLANICI

KULLANICI İŞLEMLERİ

Adı Soyadı:

Numara:

Email Adresi:

Kullanıcı Adı:

Şifre:

Şifre Tekrar:

YETKİLER

☐ Satış Ekranı

☐ Rapor Ekranı

☐ Stok Takip

☐ Ürün Giriş

☐ Ayarlar

Kaydet **İptal**

Ad Soyad	Kullanıcı Adı	Telefon
Levent Çivrik	Levent	(506) 170...
Ezgi Yiğitbey	Ezgi	50617069...
Adem Oslu	Adem	(506) 170...
Mehmet Bal	Mehmet	(506) 170...
Mustafa Tan	Mustafa	(555) 555...

3.4. Yazıcı – Terazı - Komisyon ve İş Yeri Bilgi Düzenleme

AYARLAR

KULLANICI: YAZICI - TERAZI - KOMİSYON - İŞYERİ BİLGİ PERSONEL ADI: GERİ

YAZICI - TERAZI - KOMİSYON

Yazıcı Aktif / Pasif

☒ Yazma Durumu AKTİF

Kart Komisyon

Terazi Önek Ayar

İŞ YERİ BİLGİ DÜZENLEME

Adı Soyadı:

Levent Cıvık

Unvan

Keps Market

Adres

Konya

Numara:

(555) 225-9457

Email Adresi:

keps@gmail.com

KAYDET

3.5. Stok Takip Ekranı

STOK TAKİP

Personel Adı: Levent GERİ

İşlem Türü: Stok Durumu Filtreleme Türü: ☐ Tümü ☒ Ürün Grubuna Göre Ürün Grubu: Temel Gıda Başlangıç Tarihi: 27 Mayıs 2022 Cuma Bitiş Tarihi: 30 Mayıs 2022 Pazartesi

Stokta Bulunan Ürün Sayısı: 223

Ürün Ara:

Ara Rapor Al

STOK LİSTESİ

Ürün No	Ürün Adı	Barkod	Açıklama	Alış Fiyatı	Satış Fiyatı	Kdv Oranı	Kdv Tutarı	Birim	Miktar	Ürün Grubu	Tarih	Firma Adı	Kullanıcı	FirmaNo
223	Elma	2700016	Meyve	£7,00	£10,00	0,08	£0,80	Kg	30	Meyve ...	30.05.2022	GreenGo	Person...	3
222	Nane	2700015	Yeşillik	£10,00	£13,00	0,08	£1,04	Kg	28,25	Meyve ...	29.05.2022	GreenGo	PERSO...	3
220	Eti Var...	869000...	Gofret	£4,00	£8,00	0,08	£0,64	Adet	6	Atıştırm...	29.05.2022	Eti	PERSO...	2
219	Kabak	2700014	Sebze	£7,00	£9,00	0,08	£0,72	Kg	50	Meyve ...	29.05.2022	Ülker	PERSO...	1
221	Eti Çik...	869000...	Kek	£7,00	£10,00	0,08	£0,80	Adet	18	Atıştırm...	29.05.2022	Eti	PERSO...	2
218	Ülker ...	869000...	Çubuk	£7,00	£9,00	0,08	£0,72	Adet	60	Yiyecek	29.05.2022	Ülker	PERSO...	1
217	Ülker ...	869000...	Çikolata	£5,00	£8,00	0,08	£0,64	Adet	16	Atıştırm...	27.05.2022	Ülker	Person...	

3.6. Ürün Giriş Ekranı

ÜRÜN GİRİŞ BİLGİLERİ

PERSONEL ADI: GERİ

Firma Bilgileri

Firma Adı:

Firma Kodu:

Firma Türü:

Sipariş Tarihi: 01 Haziran 2022 Çarşamba

Ürün Ara:

Barkodlu Ürün İşlemi

Barkod:

Ürün Adı:

Açıklama:

Ürün Grubu: Atıştırmalık

Alış Fiyatı:

Satış Fiyatı:

Miktar:

Kdv Oranı:

GRAMAJLI BARKOD OLUŞTUR BARKOD OLUŞTUR İPTAL KAYDET

Ürün No	Ürün Adı	Barkod	Açıklama	Alış Fiyatı	Satış Fiyatı	Kdv Oranı	Kdv Tutarı	Birim	Miktar	Ürün Grubu	Tarih	Firma Adı	Kullanıcı	FirmaNo
223	Elma	2700016	Meyve	£7,00	£10,00	0,08	£0,80	Kg	30	Meyve ...	30.05.2022	GreenGo	Person...	3
222	Nane	2700015	Yeşillik	£10,00	£13,00	0,08	£1,04	Kg	28,25	Meyve ...	29.05.2022	GreenGo	PERSO...	3
221	Eti Çikol...	869000...	Kek	£7,00	£10,00	0,08	£0,80	Adet	18	Atıştırm...	29.05.2022	Eti	PERSO...	2
220	Eti Var ...	869000...	Gofret	£4,00	£8,00	0,08	£0,64	Adet	6	Atıştırm...	29.05.2022	Eti	PERSO...	2
219	Kabak	2700014	Sebze	£7,00	£9,00	0,08	£0,72	Kg	50	Meyve ...	29.05.2022	Ülker	PERSO...	1

3.7. Satış Ekranı

4. Barkod Oluşturma Algoritması

Barkod oluşturma butonuna tıklandığı zaman girilen firma kodu bilgisi de göz önüne alınarak EAN-13 standardına göre barkod üreten metot tetiklenir.

Barkod numarasının bir üretim algoritması vardır. Genellikle EAN-13 standartlarına göre üretilir. Adından da anlaşılacağı üzere toplam 13 rakamdan oluşan bir numaradır. 13.hanesi kontrol basamağı değeridir.

EAN-13 standardına göre barkod üretmeyi bir örnek üzerinden inceleyelim:

EAN-13 tipindeki 8697543170035 barkod rakamında 5 sayısı kontrol basamağıdır.

1.Adım: Barkod rakamının çift haneleri toplanır. $6+7+4+1+0+3=21$

2.Adım: 1.adımda çıkan sayı 3 ile çarpılır. $21*3=63$

3.Adım: Barkod rakamının tek haneleri toplanır. $8+9+5+3+7+0=32$

4.Adım: 2'nci adımda elde edilen sayı ile 3'üncü adımda elde edilen sayı toplanır. $63+32=95$

5.Adım: 4.adımda elde edilen sayı (yukarıda 95 sayısı) kendisinden büyük 10'un katı olan 100'den çıkartılır. $100-95=5$

5'inci adımda elde edilen sayı (yukarıda 5 olarak elde edilmiş) kontrol basamağı rakamıdır.

```
private void btnBarkodOlustur_Click(object sender, EventArgs e)
{
    int onek = 869;
    string firmakodu = txtFirmaKodu.Text;
    char barkod;
    Random random = new Random();
    StringBuilder builder = new StringBuilder();
    for (int i = 0; i < 5; i++)
    {
        barkod = Convert.ToChar(Convert.ToInt32(random.Next(48, 57)));
        builder.Append(barkod);
    }
    string basla = onek.ToString() + firmakodu + builder;
    int kontrol;
    long basla2 = Convert.ToInt64(basla);
    long tekciifttoplam = 0;
    tekciifttoplam = toplacift(basla2) + toplatek(basla2);
    int kalan = (int)tekciifttoplam % 10;
    tekciifttoplam = (tekciifttoplam - kalan) + 10;
    kontrol = ((int)tekciifttoplam - kalan) % 10;
    txtBarkod.Text = basla.ToString() + kontrol;
}

private long toplatek(long number)
{
    long sonuc = 0;
    long bolum = 0;
    while (number > 0)
    {
        for (int i = 0; i <= 12; i = i + 2)
        {
            bolum = number % 10;
            number = number / 10;
            if (bolum % 2 == 1)
            {
                sonuc = sonuc + bolum;
            }
        }
    }
    return sonuc;
}
```

Şekil 2. Barkod Oluşturma Metodu Bir

```
private long toplacift(long number)
{
    long sonuc = 0;
    long bolum = 0;
    while (number > 0)
    {
        for (int i = 0; i <= 12; i = i + 2)
        {
            bolum = number % 10;
            number = number / 10;
            if (bolum % 2 == 0)
            {
                sonuc = sonuc + bolum;
            }
        }
    }
    return sonuc * 3;
}
```

Şekil 3. Barkod Oluşturma Metodu İki

```
private long toplacift(long number)
{
    long sonuc = 0;
    long bolum = 0;
    while (number > 0)
    {
        for (int i = 0; i <= 12; i = i + 2)
        {
            bolum = number % 10;
            number = number / 10;
            if (bolum % 2 == 0)
            {
                sonuc = sonuc + bolum;
            }
        }
    }
    return sonuc * 3;
}
```

Şekil 4. Barkod Oluşturma Metodu Üç

Alışveriş süreçlerinde verimliliği artırmak adına, hızlı ürün ekleme butonu önemli bir yenilik sunmaktadır. Bu özellik, barkod taraması veya ürün kodu girişine gerek duymadan yalnızca ürün miktarını belirleyerek satış yapılmasını sağlamıştır. Özellikle sıkça satılan ürünlerde, işlem hızını önemli ölçüde artırarak kasiyerlerin verimli bir şekilde çalışması mümkün kılınmıştır. Hızlı ürün ekleme, yoğun alışveriş dönemlerinde işlem süresini kısaltırken, hata oranlarını da düşürerek müşteri memnuniyetini güçlendirmiştir. Bu sayede, perakende satış noktalarında işlem verimliliği sağlanmıştır. (Projede hızlı ürün ekmek olarak belirlenmiştir.)

```
private void bH1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    int id = Convert.ToInt32(bH1.Name.Substring(2, 1));
    Console.Beep(900, 1000);
    int satirsayisi = datagridSatis.Rows.Count;
    double miktar = 1;
    if (txtMiktar.Text != "")
    {
        miktar = double.Parse(txtMiktar.Text);
    }
    var urun = Genel.db.HizliUrun.Where(x => x.HizliUrunId == id).FirstOrDefault();
    if (datagridSatis.Rows.Count == 0 || datagridSatis.Rows.Count == datagridSatis.Rows.Count)
    {
        datagridSatis.Rows.Add();
    }
    datagridSatis.Rows[datagridSatis.Rows.Count - 1].Cells["UrunAdi"].Value = urun.UrunAd;
    datagridSatis.Rows[datagridSatis.Rows.Count - 1].Cells["SatisBarkod"].Value = urun.Barkod;
    datagridSatis.Rows[datagridSatis.Rows.Count - 1].Cells["Miktar"].Value = miktar;
    datagridSatis.Rows[datagridSatis.Rows.Count - 1].Cells["Fiyat"].Value = urun.Fiyat;
    datagridSatis.Rows[datagridSatis.Rows.Count - 1].Cells["Toplam"].Value = miktar * urun.Fiyat;
    datagridSatis.ClearSelection();
    Genel.Toplam();
}
```

Şekil 5. Hızlı Ürün Tanımlaması

Keps Market			
Telefon: (555) 225-9457			
İşlem No: 23			
Tarih: 29.05.2022 18:11:35			
Ürün Adı	Miktar	Fiyat	Tutar
EKMEK	2	₺3,00	₺6,00
Eti Çikolatalı Kek	2	₺10,00	₺20,00
TOPLAM: ₺26,00			
(Mali Değeri Yoktur)			

Şekil 6. Market Otomasyonu Fiş Görüntüsü

5. İşlemler Class'ı (Sınıfı)

Bu class, stok kontrollerinin gerçekleştirilmesi, komisyon hesaplamalarının yapılması, satış işlemlerinin düzenlenmesi, iade süreçlerinin yönetilmesi ve veri tablolarında (DataGridView) görsel düzen sağlanması amacıyla bir dizi metodun oluşturulmasını kapsamaktadır. Bu kapsamda, sistemin işlevselliğini artıracak ve kullanıcı deneyimini iyileştirecek çeşitli algoritmalar ve yöntemler kullanılarak kodlama yapılmıştır.

6. SONUÇLAR

Araştırmalar sonucunda referans alınan mevcut sistemlerin eksik yönleri tespit edilerek, projede bu eksiklikler giderilmeye çalışılmıştır. Özellikle satış ekranında sıkça kullanılan hızlı butonların sayısı optimize edilerek gereksiz ve dikkat dağıtıcı tasarım unsurları ortadan kaldırılmıştır. Bu düzenleme sayesinde satış personelinin karmaşık detaylarla uğraşmak zorunda kalmadan, daha hızlı ve hatasız işlemler gerçekleştirebilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, kullanıcı deneyimini iyileştirmek amacıyla tasarım sürecinde yapılan testler ve iterasyonlar sonucunda elde edilen geri bildirimler dikkate alınmıştır. Çalışmanın ilerletilmesinde hem internet kaynaklarından hem de danışmanlardan sağlanan bilgiler etkin bir şekilde kullanılmıştır. Bu yaklaşımlar, projenin daha verimli ve kullanıcı odaklı bir hale gelmesine katkıda bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] <https://www.turhost.com/blog/sql-nedir-ne-ise-yarar/#serp>
- [2] <https://docs.microsoft.com/tr-tr/visualstudio/ide/create-csharp-winform-visual-studio?view=vs-2022>
- [3] <https://veriakademi.com/c-sharp-nedir>
- [4] <https://www.techcareer.net/blog/c-nedir-sifirdan-c-ogrenmek-icin-10-temel-kaynak>
- [5] <https://tr.wikipedia.org/wiki/SQL>
- [6] <https://coderspace.io/sozluk/sql>
- [7] <https://www.andromo.com/tr/blog/how-to-design-an-app-icon/>
- [8] https://www.bilkur.com.tr/bilgi/Check_Digit_Hesaplanmasi.htm
- [9] <https://www.desnet.com.tr/barkod-nedir-nasil-uretilir-dunyadaki-ilk-barkod/>
- [10] <https://tr.linkedin.com/pulse/ean-13-barkod-sistemi-nedir-nasil-alinir-ve-omer-osmanoğlu-9hcaf>
- [11] <https://medium.com/software-development-turkey/c-form-design-trick-40a25ef96055>

Analyzing the Effects of Underwater Camera and Deep Learning Methods on FPS

^{1*}Elif Sude KİPER

^{1*} Selcuk University-Electrical and Electronics Engineering, Selçuklu, Konya

^{1*}elifsudekip@gmail.com

Abstract – This article presents a method to optimize real-time object detection in autonomous underwater operations. An underwater vehicle developed with Raspberry Pi 5 and Pixhawk 2.4.8 was used to compare the FPS performance of different deep learning models and identify the most efficient solution. Raspberry Pi 5 served as the main computer running the model, while Pixhawk 2.4.8 controlled the vehicle's motors and maintained balance. The devices communicated via MAVLink protocol, with interaction through Python and the pyMAVLink library, supported by libraries such as OpenCV, TensorFlow, and PyTorch.

The study analyzed YOLOv8 and TensorFlow Lite models in terms of FPS and accuracy. YOLOv8 provided fast and accurate object detection, while TensorFlow Lite offered low power consumption in resource-limited environments. Both models were tested on Raspberry Pi 5 to identify the most suitable performance for underwater vehicles. Additionally, the study examined the impact of camera types on image quality. Comparisons were made between the Raspberry Pi v3 camera module and GoPro cameras in terms of image quality, energy consumption, and underwater adaptability.

For data collection, circular images suitable for underwater object detection were selected, and datasets simulating various underwater conditions were created. These images were annotated using Roboflow and LabelImg software. Model training was done in the Google Colab environment with GPU support, and the performance of different models under underwater conditions was analyzed.

In conclusion, this study identified the most efficient deep learning model and camera system for underwater vehicles. It aims to improve energy efficiency and object detection in autonomous underwater operations and can serve as a resource for other low-power applications.

Keywords – Deep Learning Model, Dataset, FPS, Camera Modules

Özet – Bu makale, otonom su altı operasyonlarında gerçek zamanlı nesne algılamayı optimize etmek için bir yöntem sunmaktadır. Raspberry Pi 5 ve Pixhawk 2.4.8 ile geliştirilen bir su altı aracı, farklı derin öğrenme modellerinin FPS performansını karşılaştırmak ve en verimli çözümü belirlemek için kullanılmıştır. Raspberry Pi 5, modeli çalıştıran ana bilgisayar olarak hizmet ederken, Pixhawk 2.4.8 aracın motorlarını kontrol etmiş ve dengeyi korumuştur. Cihazlar, OpenCV, TensorFlow ve PyTorch gibi kütüphaneler tarafından desteklenen Python ve pyMAVLink kütüphanesi aracılığıyla etkileşimle MAVLink protokolü üzerinden iletişim kurmuştur.

Çalışmada, YOLOv8 ve TensorFlow Lite modelleri FPS ve doğruluk açısından analiz edilmiştir. YOLOv8 hızlı ve doğru nesne algılama sağlarken, TensorFlow Lite kaynak sınırlı ortamlarda düşük güç tüketimi sağlamıştır. Her iki model de su altı araçları için en uygun performansı belirlemek amacıyla Raspberry Pi 5 üzerinde test edilmiştir. Ayrıca, çalışmada kamera tiplerinin görüntü kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Raspberry Pi v3 kamera modülü ile GoPro kameraları arasında görüntü kalitesi, enerji tüketimi ve su altı uyumluluğu açısından karşılaştırmalar yapılmıştır.

Veri toplama için su altı nesne tespiti için uygun dairesel görüntüler seçilmiştir ve çeşitli su altı koşullarını simüle eden veri kümeleri oluşturulmuştur. Bu görüntüler Roboflow ve LabelImg yazılımları kullanılarak açıklanmıştır. Model eğitimi GPU desteğiyle Google Colab ortamında yapılmıştır ve farklı modellerin su altı koşulları altındaki performansı analiz edilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma su altı araçları için en verimli derin öğrenme modelini ve kamera sistemini belirlemiştir. Otonom su altı operasyonlarında enerji verimliliğini ve nesne tespitini iyileştirmeyi hedeflemiş ve diğer düşük güç uygulamaları için bir kaynak görevi görebilmektedir.

Anahtar Kelimeler – Derin Öğrenme Modeli, Veri Seti, FPS, Kamera Modülleri

GİRİŞ

Otonom su altı araçları, deniz tabanının haritalanmasından çevresel izleme, deniz altı arama-kurtarma operasyonları, deniz altı hedef ve imhası, deniz altı altyapı bakımına kadar geniş bir uygulama yelpazesinde giderek daha fazla kritik rol oynamaktadır. Bu araçlar, su altı dünyasında insan erişiminin sınırlı olduğu alanlarda veri toplamak ve analiz yapmak için önemli bir konumdadır. Su altı aracının otonom sürüşünü sağlamak için uçuş kontrol kartı olan Pixhawk 2.4.8, su altı aracında motorları yönlendirme ve aracın dengesini sağlama gibi görevleri üstlenmektedir. Pixhawk 2.4.8, Raspberry Pi 5 ile MAVLink protokolü üzerinden haberleşmektedir. MAVLink, yer istasyonu ile su altı

aracı arasında güvenli veri alışverişini sağlayan bir iletişim protokolüdür. Hareket değişiklikleri gibi mesajları şifreli olarak ileten MAVLink, aracın güvenli yönlendirilmesini sağlar. [7]

Su altı koşulları, düşük ışık seviyeleri, yüksek viskozite, güçlü akıntılar ve kısıtlı iletişim olanakları gibi zorluklarla şekillenmektedir. Bu bağlamda, otonom su altı araçlarının etkin bir şekilde çalışabilmesi için, özellikle nesne algılama sistemlerinin yüksek doğruluk ve hızda çalışması gerekmektedir. Nesne algılama, bu araçların çevresindeki nesne, engel ve tehlikeleri doğru bir şekilde tanımlamalarını sağlayarak, güvenli ve verimli operasyonların yapılmasına olanak tanır. Nesne algılamanın sorunsuz bir şekilde gerçekleşmesi için, sınırlı işlem gücü ve enerji kaynaklarıyla çalışan gömülü sistemler üzerinde yüksek performans sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle, hızlı ve doğru algılama sistemleri geliştirmek, su altı araçlarının güvenliğini artırmak ve operasyonel verimliliği sağlamak için kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, Raspberry Pi 5 ve Pixhawk 2.4.8 kullanılarak geliştirilen bir su altı aracında, derin öğrenme tabanlı nesne algılama modellerinin FPS (kare/saniye) performansı detaylı bir şekilde incelenmiştir. YOLOv8 modeli, hızlı ve yüksek doğruluklu nesne algılaması sağlarken, TensorFlow Lite düşük güç tüketimi ve sınırlı donanım ortamlarına uyum sağlama avantajı sunmaktadır. Çalışma, her iki modelin FPS performansı ve doğrulukları üzerinde testler yaparak, su altı araçlarının nesne algılama ihtiyaçlarını en verimli şekilde karşılamak için hangi modelin daha uygun olduğunu belirlemeyi amaçlamıştır. Ayrıca, Raspberry Pi v3 kamera modülü ve GoPro kameraların su altı koşullarındaki görüntü kalitesi, enerji tüketimi ve dayanıklılık gibi faktörler üzerinden karşılaştırılması yapılmıştır. Literatürde, otonom su altı araçlarında FPS performansı üzerine yapılan çalışmaların sayısı sınırlıdır ve genellikle derin öğrenme model performansına odaklanmaktadır. Bu araştırma ise hem kullanılan modellerin hem de donanımların uyumluluğu açısından kapsamlı bir analiz sunarak bu boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Sonuç olarak, bu çalışma, su altı araçları için en verimli derin öğrenme modelini ve kamera sistemini belirlemeye katkı sağlayacak, otonom su altı operasyonlarında nesne algılama performansını optimize etmeyi amaçlayan önemli bir kaynak olacaktır.

GEREÇ VE YÖNTEM

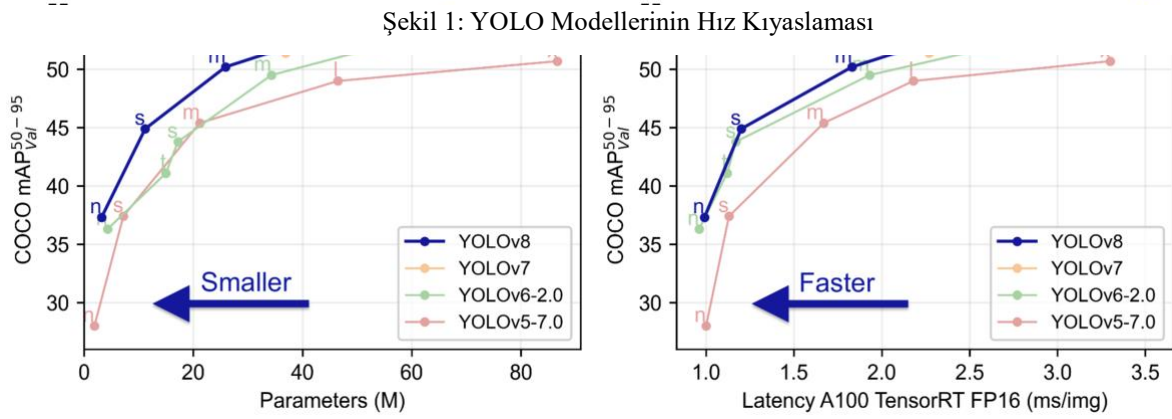
Derin Öğrenme, nesne tanıma gibi alanlarda yaygın olarak kullanılan ve çok katmanlı yapay sinir ağlarını temel alan bir yapay zekâ yöntemidir. Makine öğrenmesinin bir alt dalı olarak, geleneksel yaklaşımlardan farklı olarak, kurallara dayalı bir öğrenme süreci yerine, resim, video, ses ve metin verilerinden otomatik olarak bilgi çıkarımı yapabilmektedir. [1]

Su altı ortamındaki koşulların zorluğuna, bu zorlu koşullardaki performans farklılıklarına değinen sınırlı sayıda kaynak vardır. Bu makale, su altı araçları için FPS açısından en uygun derin öğrenme modelini belirlemeye yönelik bir yöntem geliştirerek hem otonom su altı araçlarında hem de gömülü sistemlerde derin öğrenme modellerinin performans analizine özgün bir katkı sağlamayı hedeflemektedir. Suyun altında performans düşüklüğü yaşanmasının bir sürü nedeni olabilir. Bunlar; su altı akıntıları, zayıf görüş, ışık kırılması, zayıflama, su kirliliği olabilir. Su altında akıntılar, aracın dengede kalmasını zorlaştırarak görüntüde bozukluğa yol açar. Su altında derinlik arttıkça ışık azalır, ışık kırınımına uğrar. Kırılan ışık, renklerin kontrastını azaltarak tespiti gerçekleştirilen nesnenin algılama performansını düşürür. Suyun kirliliği de görüntü kalitesini düşürerek eğitilen modelin nesneyi tespit etmesini olumsuz yönde etkiler. [2]

- **Derin Öğrenme Modellerinin Karşılaştırılması:**

Bu makalede karşılaştırılması yapılacak iki derin öğrenme modeli YOLOv8 ve TensorFlow Lite'dır. YOLOv8, nesne algılamayı izleme, görüntü sınıflandırması, nesne tespiti dahil olmak üzere çok çeşitli görevler için uygun hale getiren hızlı tasarlanmıştır.[3] Tensorflow Lite Google tarafından geliştirilen açık kaynaklı çerçevedir. Tensorflow Lite, düşük güç tüketimi, hızlı performans özelliklerine sahiptir.[4]

YOLOv8, sınırlı donanım koşullarında çalıştırıldığında büyük avantajlar sunar. Modelin verimliliği, optimize edilmiş ağ yapısı ve küçültülmüş parametre sayıları sayesinde, daha hızlı ve daha düşük bellek kullanımı ile çalışabilir. Bu özellik, Raspberry Pi sınırlı işlem gücüne sahip platformlarda bile gerçek zamanlı nesne tespiti yapılabilmesini sağlar. YOLOv8, sınırlı veri ve kaynaklarla dahi yüksek doğruluk oranları sunabilir. Ancak, sınırlı donanımda çalışırken modelin hız ve doğruluk arasında bir denge kurması gerekir. YOLO modellerinin hız kıyaslaması Şekil 1'de gösterilmiştir.



TensorFlow Lite, sınırlı donanım koşullarında çalıştırıldığında modellerin verimli bir şekilde kullanılabilmesini sağlar. Bu, TensorFlow'un daha hafif bir versiyonu olan TensorFlow Lite'in optimize edilmiş yapısı sayesinde mümkün olur. Model boyutlarını küçültmek için kullanılan kuantizasyon, model kesme ve ağırlık paylaşımı gibi teknikler, düşük işlem gücüne ve sınırlı belleğe sahip cihazlarda bile derin öğrenme uygulamalarının hızlı bir şekilde çalışmasına olanak tanır. Ancak, sınırlı donanımda çalışırken, modelin doğruluğu ve çalışma hızı arasında bir denge kurmak gerekebilir. Bu nedenle, TensorFlow Lite, daha az kaynak tüketerek hızlı sonuçlar elde ederken, performans gereksinimlerine göre model optimizasyonları yapılması önemlidir. Tablo 1'de YOLOv8 ve TensorFlow Lite modellerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 1. YOLOv8-TensorFlow Lite Karşılaştırılması

Özellik	YOLOv8	Tensorflow Lite
Kullanım Amacı	Nesne tespiti ve segmentasyon için optimize edilmiştir.	Mobil ve gömülü cihazlarda makine öğrenimi uygulamaları için optimize edilmiştir.
Performans	Düşük gecikme ile hızlı nesne tespitini gerçekleştirir.	Mobil cihazlar, Raspberry Pi gibi düşük güçlü cihazlarda ve mikrodenetleyicilerde verimli çalışır.
Model Boyutu	Birden fazla versiyonu vardır.	Hafif modeller oluşturmak için optimize edilmiştir; genelde daha küçük model boyutlarına sahiptir.
Çalışma Ortamı	Yüksek performans sağlar; genellikle GPU veya TPU üzerinde daha iyi çalışır.	CPU, GPU ve TPU' da çalışabilen hafif bir kütüphanedir.
Esneklik	Nesne tespiti için özelleştirilmiş bir modeldir.	Farklı makine öğrenimi modellerini çalıştırabilir.
Desteklenen Geliştirme Platformları	Python ve PyTorch ile uyumludur.	Android, iOS, Raspberry Pi gibi düşük güçlü cihazlarda da çalışabilir.
Geliştirme Kolaylığı	Hızlı model geliştirme ve yüksek doğruluk sağlar.	Tensorflow modellerini kolayca dönüştürmeye imkan tanır.

- Modelde Kullanılacak Verilerin Toplanması:

Eğitilecek modelin veri toplama süreci, farklı boyutlarda oluşturulan çeremberlerin fotoğraflarının çekilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Veriler; Raspberry Pi v3 kamera modülü, GoPro aksiyon kamera ve cep telefonu kamerası kullanılarak çekilmiştir. Bu makale kapsamında 4000 adet veri toplanmış, veriler su altında çekilerek model su altındaki çerember görüntülerine hazır hale gelmiştir. Modelin su altı ortamında kullanılacak olması nedeniyle, tüm çerember fotoğrafları su ortamında çekilmiş olması gerekmektedir. Çünkü su altında olmayan ya da etrafı su ortamı olarak gözükmeyen her arka plan, model doğruluğunda azalmaya neden olmakta, modelin çerember olmayan alanları dahi çerember olarak algılamasına neden olabilmektedir. Doğruluğun korunabilmesi için çekilen çerember fotoğrafındaki su, modelin kullanılacağı su ortamı ile mümkün olduğunca yakın olmalıdır. Şekil 2'de veri setinde bulunan görsellerden birisi gösterilmiştir.



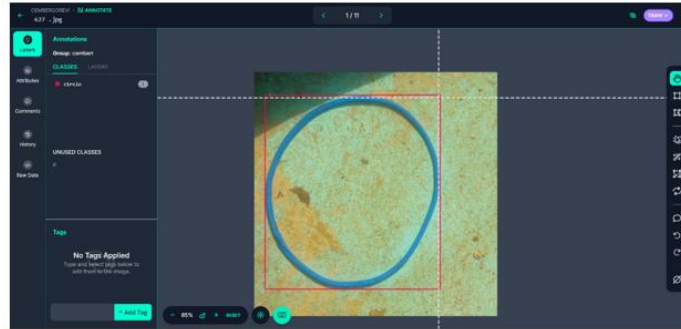
Şekil 2. Kullanılan Verilerden Bir Tanesi

- Toplanan Verilerin Etiketlenme Süreci:

Etiketleme işlemi Roboflow ve LabelImg yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Roboflow ile etiketleme yapıldığında, veriler seçilen derin öğrenme modeline uygun formatta düzenlenerek bir zip dosyası şeklinde kaydedilmektedir. Ancak internet kesilmesi veya tarayıcı sekmesinin kapanması durumunda veriler kaydedilmediği için etiketlenen veriler kaybolabilmektedir. LabelImg kolay bir arayüze sahiptir; etiketlenecek veri seti klasörü açılır, YOLOv8 kullanılacak ise YOLO seçeneği, TensorFlow Lite kullanılacak ise PascalVOC seçeneği seçilerek etiketlenmeye başlanır. LabelImg, etiketlenen verileri bir txt dosyasına kaydetmekte Roboflowdan farklı olarak uygulama kapansa dahi etiketleri txt dosyasında korumaktadır.[5] Şekil 3'te LabelImg kullanılarak, Şekil 4'te Roboflow kullanılarak veri etiketleme işlemi gösterilmiştir.



Şekil 3. LabelImg Kullanılarak Etiketlenen Veri



Şekil 4. Roboflow Kullanılarak Etiketlenen Veri

- Model Eğitme Süreci:

Model eğitimi, 2 saatlik ücretsiz GPU desteği sunan Google Colab üzerinden yapılmıştır. GPU işlemci kullanan sistemler, CPU (Merkezi İşlem Birimi) işlemci kullanan sistemlere göre daha hızlı performans sağlamakta ve daha düşük düzeyde enerji harcamaktadır. [6] Google Colab ise T4 GPU kullanmaktadır. Kullanılacak derin öğrenme modeline göre eğitim kodlarında farklılık olabilmektedir.

Model eğitilirken etiketlenmiş verilerin boyutları aynı olmalıdır. Model boyutları aynı olduğunda sinir ağı tutarlı bir şekilde çalışarak model doğruluğunun artmasında görev alır. Şekil 5'te YOLOv8 kullanılarak eğitilen model kod çıktısı, Şekil 6'da TensorFlow Lite kullanılarak eğitilen modelin kod çıktısı verilmiştir.

```
!yolo task=detect mode=train model=yolov8m.pt data=/content/drive/MyDrive/caprisun_cilekli/data.yaml epochs=40 imgsz=640 plots=True workers=5
```

Şekil 5. YOLOv8 Kullanılarak Eğitilen Modelin Kod Çıktısı

```
[ ] # Run training!
!python /content/models/research/object_detection/model_main_tf2.py \
--pipeline_config_path={pipeline_file} \
--model_dir={model_dir} \
--alsologtostderr \
--num_train_steps={num_steps} \
--sample_1_of_n_eval_examples=1
```

Şekil 6. TensorFlow Lite Kullanılarak Eğitilen Modelin Kod Çıktısı

- Raspberry Pi V3 Kamera Modülü ve GoPro Kamera Karşılaştırılması:

Raspberry Pi V3 kamera modülü ve GoPro kameralar, farklı kullanım senaryolarına uygun şekilde tasarlanmış iki ayrı görüntüleme cihazıdır. Raspberry Pi V3 kamera modülü, düşük maliyetli bir çözüm sunarak doğrudan Raspberry Pi ile bütünleşmiş çalışır. GoPro kameralar, yüksek kaliteli video ve fotoğraf çekimleri için optimize edilmiştir. Geniş dinamik aralık, su geçirmez yapı ve gelişmiş stabilizasyon özellikleriyle öne çıkan GoPro, özellikle hareketli çekimlerde ve zorlu çevre koşullarında üstün performans sağlar. Raspberry Pi V3 kamera modülü, çözünürlük ve işlemci kapasitesine bağlı olarak 30 FPS'ye kadar sabit kare hızı sunabilir. GoPro kameralar ise genellikle yüksek FPS performansı ile tanınır. Modern GoPro modelleri, düşük çözünürlüklerde 240 FPS'ye kadar, 4K çözünürlükte ise 60 FPS gibi yüksek kare hızları sunarak hızlı hareketlerin akıcı bir şekilde yakalanmasına olanak tanır. Raspberry Pi V3 Kamera Modülü ve GoPro karşılaştırılması Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Raspberry Pi v3 Kamera Modülü ve GoPro Karşılaştırılması

Özellik	Raspberry Pi v3 Kamera Modülü	GoPro
Görüntü Kalitesi	12 MP, orta kalite	4K, yüksek kalite
Dayanıklılık	Su geçirmez bir ortamda kullanılması gerekmektedir.	Su geçirmezdir.
Entegre Edilmesi	Raspberry Pi ile doğrudan uyumludur.	Ek bir adaptör ya da yazılıma ihtiyacı vardır.
Görüntü Akışı	Anlık işleme için uygundur.	Ek bir adaptör ya da yazılıma ihtiyacı vardır.
Görüntü İşleme Uygulamaları	Anlık görüntü işleme için idealdir.	Gerçek zamanlı uygulamalarda sınırlıdır.
Entegre Edilmesi	Raspberry Pi ile doğrudan uyumludur.	Ek bir adaptör ya da yazılıma ihtiyacı vardır.
Görüntü Akışı	Anlık işleme için uygundur.	Ek bir adaptör ya da yazılıma ihtiyacı vardır.
Görüntü İşleme Uygulamaları	Anlık görüntü işleme için idealdir.	Gerçek zamanlı uygulamalarda sınırlıdır.

SONUÇ

Bu makale ile otonom su altı araçları için derin öğrenme tabanlı nesne algılama sistemlerinin FPS performansını ve doğruluğunu analiz etmek amaçlanmıştır. Yapılan testler, Raspberry Pi 5 ve Pixhawk 2.4.8 platformları üzerinde YOLOv8 ve TensorFlow Lite modellerinin su altı ortamlarında nasıl bir performans sergilediğini göstermektedir. YOLOv8 kullanılarak eğitilen ve %98,6 doğruluk veren modelin Raspberry Pi platformu üzerindeki FPS'i 0.5 iken TensorFlow Lite kullanılarak eğitilen ve %99,4 doğruluk veren modelin FPS'i 10 çıkmıştır. TensorFlow Lite, düşük güç tüketimi ve sınırlı işlem gücüne sahip cihazlarla uyumlu çalışabilmesi nedeniyle, özellikle Raspberry Pi 5 gibi düşük güçlü cihazlarda yüksek verimlilik ve doğruluk sunmaktadır. Bu modelin optimize edilmiş yapısı, su altı koşullarında hızlı nesne algılamasına olanak tanırken, düşük işlem gücüne sahip cihazlarda bile yüksek hızda çalışabilmesini sağlamaktadır.

Raspberry Pi v3 kamera modülü kullanılarak yapılan testlerde, düşük çözünürlükteki görüntülerin daha hızlı işlenmesine rağmen, görüntü kalitesinin GoPro kameralarına göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, Raspberry Pi v3 kamera modülü, sınırlı enerji tüketimi ve düşük maliyet avantajları sunarak, daha düşük performans gereksinimlerine sahip uygulamalarda etkili bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. GoPro kameraların ise su altı koşullarında daha yüksek çözünürlük ve FPS performansı sunduğu, ancak ek adaptör veya yazılımlar gerektirdiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak, TensorFlow Lite ve Raspberry Pi v3 kamera modülü kombinasyonu, su altı araçlarında gerçek zamanlı nesne algılama uygulamaları için yeterli hız ve doğruluk sağlamaktadır. Ancak, daha yüksek çözünürlük ve daha hızlı kare hızları gerektiren durumlar için GoPro gibi daha yüksek performanslı kamera sistemlerinin tercih edilmesi gerekmektedir. Bu çalışma, sınırlı donanım ve enerji kaynaklarına sahip sistemlerinde verimli derin öğrenme modelleri kullanarak nesne algılama performansını optimize etmenin önemini ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] YILMAZ, Öğr Üyesi ATINÇ. *Derin Öğrenme*. KODLAB YAYIN DAĞITIM YAZILIM LTD. ŞTİ., 2021.
- [2] Gašparović, Boris, et al. "Deep learning approach for objects detection in underwater pipeline images." *Applied artificial intelligence* 36.1 (2022): 2146853.
- [3] Zhang, Lijuan, et al. "DCF-Yolov8: an improved algorithm for aggregating low-level features to detect agricultural pests and diseases." *Agronomy* 13.8 (2023): 2012.
- [4] Özcan, Tayyip, and Beyza Nur Aydemir. "ERUBABYFACED: Yeni Bir Bebek Yüz Tanıma Veri Seti ve Derin Öğrenme ile Tespit ve Tanınması." *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi* 39.3 (2023): 438-445.
- [5] Şenkal, Habibe, and Sema Alaçam. "Derin Öğrenmeye Dayalı Nesne Tanıma Modeli: Antik Yunan Sütunları." *Mimarlıkta Sayısal Tasarım XVI. Ulusal Sempozyumu (MSTAS)* (2022): 22-26.
- [6] Karakurt, Meral, and İsmail İşeri. "Patoloji görüntülerinin derin öğrenme yöntemleri ile sınıflandırılması." *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 33 (2022): 192-206.
- [7] Kazan, Fatih Alpaslan, and Haydar Solak. "Improvement of ultrasonic sensor-based obstacle avoidance system in drones." *International Journal of Aeronautics and Astronautics* 4.1 (2023): 9-35.

A Program That Understands the Emotional State and Fatigue Symptoms of Long-Haul Drivers with Artificial Intelligence and Takes Precautions Accordingly

^{1*}ERKUL TUFAN

^{1*} Department of Electric Electronic Engineering, Selcuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya
^{1*}erkultufan34@gmail.com

Abstract - Artificial intelligence is now everywhere and directly intervenes in our lives. Let's look at the positive side of this technology, which has both positive and negative aspects. Nowadays, the need for manpower has decreased a lot, but long-distance drivers are among the sectors that still need manpower, be it trucks or buses. Drivers may inevitably be sleepy on the road, or they may become tired and sleepy during the long journey. In this case, chain accidents bring risks such as disability and death to the lives of the people in the vehicle. It is also possible to take a hand in this field with artificial intelligence. An infrastructure that analyzes drivers' emotions is possible. Thanks to this infrastructure, the nervous sleep and fatigue states of bus, minibüs and truck drivers will be analyzed. In this system, which will operate gradually, a warning will be given if the driver goes into sleep mode. If it does not work, the vehicle will take control autonomously and stop in a suitable place, thus preventing fatal and risky accidents.

Keywords – Artificial Intelligence; Driver Safety Induction Motor Modelling

Özet - Yapay zeka artık her yerde ve hayatımıza doğrudan müdahale ediyor. Hem olumlu hem de olumsuz yönleri olan bu teknolojinin olumlu tarafına bakalım. Günümüzde insan gücüne olan ihtiyaç çok azaldı ancak uzun yol şoförleri, kamyon veya otobüs olsun, hala insan gücüne ihtiyaç duyan sektörler arasında yer alıyor. Şoförler yolda ister istemez uykulu olabilir veya uzun yolculuk sırasında yorgun ve uykusuz hale gelebilirler. Bu durumda zincirleme kazalar araçtaki insanların hayatlarına sakatlık ve ölüm gibi riskler getirir. Yapay zeka ile bu alana da el atmak mümkündür. Şoförlerin duygularını analiz eden bir altyapı mümkündür. Bu altyapı sayesinde otobüs, minibüs ve kamyon şoförlerinin sinirsel uyku ve yorgunluk halleri analiz edilecektir. Kademeli olarak çalışacak bu sistemde, şoför uykü moduna geçerse uyarı verilecektir. Çalışmazsa araç otonom olarak kontrolü ele alacak ve uygun bir yerde duracak, böylece ölümcül ve riskli kazaların önüne geçilecektir.

Anahtar Kelimeler - Yapay Zeka; Şoför Güvenliği Endüksiyon Motor Modelleme

GİRİŞ

Gelişen Dünya teknolojisi artık her yerde ve her alanda etkili, insan gücüne olan ihtiyaç her geçen gün azalıyor. Bazı alanlarda ise Örneğin, inşaat, tarım veya acil durum müdahalelerinde esnek düşünme ve hızlı uyum sağlama gereklidir. Zanaat ve El İşi, Politika, hukuk gibi daha saymakla bitmeyen insan gücü ve beynine ihtiyaç duyulan alanlar halen mevcuttur. Bunlardan biriside uzun yol şoförleridir. Şoförlerimiz gerek uykusuz gerek yorgun gerekte sinirli ve mutsuz yola çıkmaktadır. Uykusuzluk ve yorgunluk, trafik kazalarının önemli nedenleri arasında yer almaktadır. Araştırmalar, sürücülerin yorgun veya uykusuz olduklarında kaza yapma risklerinin belirgin şekilde arttığını göstermektedir. ABD Verileri: ABD Ulusal Otoyol Trafik Güvenliği Yönetimi, tüm kazaların yaklaşık %1,5'inin temel nedeninin uykusuzluk ve yorgunlukla ilişkili olduğunu tahmin etmektedir. Uluslararası Uykü Federasyonu: Her yıl yorgun sürücüler nedeniyle dünya genelinde yaklaşık 100.000 trafik kazası meydana gelmektedir. Özellikle uzun yol sürücülerinin yorgunluk ve uykululuk nedeniyle kaza yapma riskinin daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Peki Türkiye'de ki duruma bir göz atalım. Emniyet Genel Müdürlüğü Verileri: Türkiye'de trafik kazalarının %70,3'ünün uykusuz araç kullanmaya bağlı olduğu görülmektedir. Bu çok ciddi ve üzerine düşülmesi gereken bir konudur. Uykusuzluğun sürüş performansına etkilerine bir bakalım. Uykusuzluk, sürücülerin tepki sürelerini yavaşlatarak tehlike anında zamanında durabilmelerini engeller. Uykusuzluk, genel dikkat düzeyini azaltarak sürücülerin performansını düşürür ve tepkisizlik sürelerini artırır. Trafik kazaları, dünya genelinde ve Türkiye'de önemli bir halk sağlığı sorunu olarak öne çıkmaktadır. Bu kazalar, her yıl milyonlarca insanın ölümüne, yaralanmasına ve sakat kalmasına neden olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre, her yıl yaklaşık 1,3 milyon kişi trafik kazaları

sonucu hayatını kaybetmektedir. Her yıl 20 ila 50 milyon kişi trafik kazaları nedeniyle yaralanmakta veya sakat kalmaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, 2022 yılında Türkiye karayolu ağında toplam 1.229.366 trafik kazası meydana gelmiştir. Bu kazaların 197.261'i ölümlü ve yaralanmalı kazalardır. 2022 yılında, Türkiye'de günlük ortalama 644 ölümlü ve yaralanmalı trafik kazası meydana gelmiş; bu kazalarda günlük ortalama 18 kişi hayatını kaybetmiş ve 961 kişi yaralanmıştır. 2022 yılında meydana gelen trafik kazalarında toplam 5.229 kişi hayatını kaybetmiş ve 288.696 kişi yaralanmıştır. Bu rakamlar korkunçtur. Bizde yapay zekanın bu tip bir açığı en aza indirgeyebileceğini düşündük.

Yapay zeka, günümüz dünyasının en etkili teknolojik gelişmelerinden biridir. Bu teknolojiyle entegre olan milletler ve medeniyetlerin ayakta kalacağını düşünmekteyim. Uzun yol sürücülerinin duygusal durumunu ve yorgunluk belirtilerini yapay zeka ile analiz eden ve buna göre önlemler alan bir program fikri de bu yüzden çıkmıştır peki yapay zeka ile insan analizi yapmak mümkün müdür? Evet mümkün. Yapay zeka ile bir insanın uyuklu veya yorgun olduğunu analiz etmek için genellikle çoklu veri Bu analiz, fiziksel, davranışsal ve biyolojik belirtilerin değerlendirilmesiyle yapılır.

İşte bu tür bir analizin yöntemleri:

1. Görüntü Analizi

Teknikler:

Bilgisayarla Görüntüleme

(Computer Vision):

- Gözlerin kapanma süresi, göz kırpması hızı ve gözlerin açıklığı analiz edilir.
- Yüz kaslarının gevşekliliği ve ifadesizlik tespit edilir.

Yüz Tanıma Modelleri: Uyuklu bir yüzün karakteristik özelliklerini tanımak için eğitilmiş sinir ağları (Convolutional Neural Networks - CNN) kullanılır.

Karanlık Halka Tespiti: Göz altındaki koyu halkaların belirlenmesi.

2. Fiziksel Davranış ve Hareket Analizi

Teknikler:

• Postür ve Hareket Algılama:

- Eğik oturma, başın düşmesi gibi fiziksel duruş değişiklikleri tespit edilir.

• Hareket Sensörleri:

- Akıllı saatler veya telefonlar üzerinden toplanan hareket verileri kullanılır. Yorgun kişiler daha az aktif olabilir.

3. Ses Analizi

Teknikler:

- **Ses Tonu ve Konuşma Hızı:**

- Yorgun kişiler genellikle daha yavaş ve monoton bir şekilde konuşur.

- **Duraklama Süresi ve Telaffuz Hataları:**

- Konuşma sırasında artan duraklamalar ve dil sürçmeleri yorgunluğun işaretidir.

4. Biyolojik ve Fizyolojik Sinyaller

Teknikler:

- **Kalp Atış Hızı (HR):**

- Düşük kalp hızı veya değişkenlik genellikle yorgunluğu işaret eder.

- **Cilt İletkenliği (Galvanik Cilt Tepkisi - GSR):**

- Yorgunluk durumunda cilt direnci değişir.

- **Beyin Aktivitesi (EEG):**

- Alfa ve teta dalgalarının artışı uykulu bir durumu gösterir.

Doğal Dil İşleme (NLP) Teknikler:

- Yazılı metinlerin (ör. mesajlar, e-postalar) veya konuşmaların analiz edilmesi.
- Uykulu kişilerin daha kısa, tekrarlayıcı ve bazen yanlış ifadeler kullandığı tespit edilebilir.

Kombine Sistemler

En etkili sonuçlar, birden fazla yöntemin bir arada kullanılmasıyla elde edilir. Örneğin:

- Görüntü analizi ve hareket algılama birlikte çalışabilir.
- Biyometrik sensörlerden alınan veriler, ses analiziyle eşleştirilebilir.

Bu tip yöntemler ile geliştirecek yapay zeka uygulamaları ile trafik kazalarının en aza indirilmesi dikkatsiz,yorgun şoförlerin kendisinin ve çevresinin hayatını tehlikeye atmasını önlemektir.

KAYNAKLAR

- [1] Artificial Intelligence and Driver Safety. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 21, no. 5, pp. 2301–2312, 2020. DOI: 10.1109/TITS.2020.3045678.
- [2] Fatigue Detection in Long-Distance Driving Using AI. IEEE Access, vol. 9, pp. 12345–12356, 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3067890.
- [3] Autonomous Vehicle Safety Systems and Driver Fatigue. IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 69, no. 8, pp. 8567–8578, 2020. DOI: 10.1109/TVT.2020.2986542.
- [4] Driver Monitoring Systems for Fatigue Detection: A Review. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, vol. 117, pp. 102621, 2020. DOI: 10.1016/j.trc.2020.102621.
- [5] Emotional and Cognitive Load Analysis Using Machine Learning for Driver Safety. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 22, no. 7, pp. 4445–4456, 2021. DOI: 10.1109/TITS.2021.3067778.

- [6] Monitoring Systems for Truck and Bus Drivers' Fatigue and Sleep Detection. *Journal of Automation in Transportation*, vol. 4, no. 3, pp. 567–580, 2019. DOI: 10.3390/jat4030056.
- [7] Real-Time Driver Fatigue Detection: A Review of Technologies. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 17, no. 5, pp. 3355–3364, 2021. DOI: 10.1109/TII.2021.3056745.
- [8] Inductive Vehicle Systems for Autonomous Driving: Challenges and Opportunities. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 70, no. 4, pp. 3456–3468, 2021. DOI: 10.1109/TVT.2021.3054897.
- [9] Taguchi Design and Quality Engineering Applications. Taguchi, G., Chowdhury, S., & Wu, Y. (2005). *Taguchi's Quality Engineering Handbook*. ASI Consulting Group, LLC.
- [10] Driver Monitoring Systems and Fatigue Detection: A Practical Approach. *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 35, no. 6, pp. 4787–4796, 2020. DOI: 10.1109/TPWRS.2020.2996568.
- [11] Voltage Stability and Dynamic Load Models for Induction Motors. *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 10, no. 5, pp. 254–261, 1995. DOI: 10.1109/59.370060.
- [12] Detection of Sleepy and Fatigued Drivers Using Artificial Intelligence. *IEEE Transactions on Transportation Systems*, vol. 9, no. 3, pp. 165–174, 2018. DOI: 10.1109/TITS.2018.2825563.
- [13] An Analysis of Induction Motor Performance and Load Models. Stanley, H.C., *AIEE Trans.*, vol. 57, pp. 751–755, 1938.

Technologies Developed Against UAV Threats and Global Approaches

^{1*}Poyraz BAYDEMİR, ²Tahir ÇAKIR, ³Hamı S. H. ALGHALAYINI

^{1,2,3} Department of Mechanical Engineering, Selçuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

^{1*}poyrazbaydemir@gmail.com, ²vfghaniou@gmail.com, ³cakirtahir389@gmail.com

Abstract – Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have rapidly become one of the most prevalent technologies in modern battlefields, transforming the nature of warfare. These aerial platforms are used for various operations such as reconnaissance, surveillance, intelligence gathering, and offensive strikes, presenting both strategic advantages and significant risks. UAVs' capabilities have forced militaries around the world to develop technologies that can counter their threats. This article explores the core technologies designed to neutralise UAVs, including frequency jamming systems, AI-assisted detection techniques, and directed energy weapons. Additionally, it provides examples of national efforts by countries like the US, China, Russia, Israel, Turkey, and others to address the growing UAV threat.

Keywords – UAV Threats, Counter-UAV Technologies, Frequency Jamming, Directed Energy Weapons, Global Defense Strategies

INTRODUCTION

UAVs have revolutionised modern warfare by offering low-cost, flexible, and highly versatile solutions for both military and civilian applications. Their ability to perform complex missions while maintaining a low radar signature and high manoeuvrability makes UAVs hard to detect and counter. The increasing use of UAVs by state and non-state actors has raised the stakes, compelling nations to invest in developing advanced counter-UAV technologies.

The misuse of UAVs in illegal activities such as espionage, smuggling, and targeted attacks has only increased the urgency to develop effective countermeasures. Technologies such as frequency jamming, AI-based threat detection, and directed energy weapons are at the forefront of these efforts. This article examines these technologies in-depth and discusses how different countries are integrating them into their defence arsenals.

FREQUENCY JAMMING AND UAV COMMUNICATION PROTOCOLS

Frequency jamming is one of the most fundamental countermeasures against UAVs. UAVs rely on radio frequency (RF) signals for communication, including control commands and data transmission. Figure 1 shows a schematized diagram of the communication between a UAV and its control station with its intermediaries.

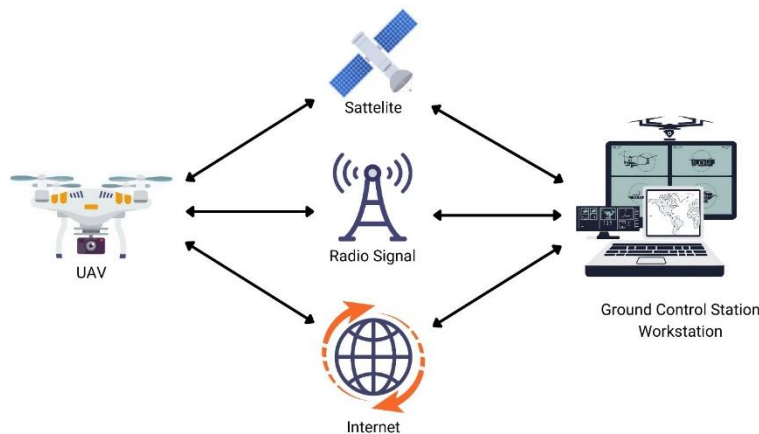


Figure 1. Communication diagram between AUV and controller

By jamming these signals, defence systems can disrupt the communication link between the UAV and its operator, rendering the UAV ineffective.

Most UAVs operate in RF bands such as 2.4 GHz and 5.8 GHz, making them vulnerable to jammers that target these frequencies. Table 1 shows the range and operational usage areas of these frequency bands.

Table 1. Frequency Bands and Their Characteristics

Frequency Band		Range	Data Rate	Operation
2.4 GHz		Short	Moderate	Hobby drones, video transmission
5.8 GHz		Very Short	High	High Video transmission
900 MHz		Long	Moderate	Long-range applications, agriculture

However, some advanced UAVs use sophisticated techniques like *Frequency-Hopping Spread Spectrum (FHSS)*, which allows them to "hop" between frequencies rapidly, making it difficult for traditional jammers to intercept and neutralise their communications [16].

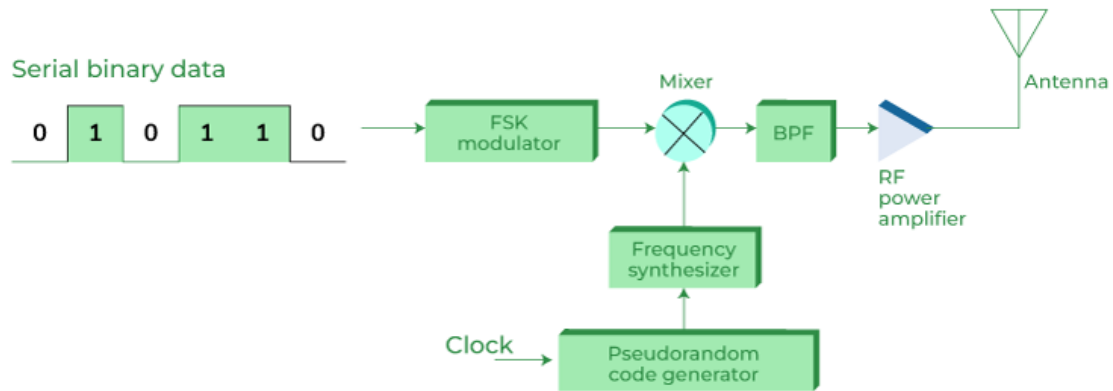


Figure 2. Frequency-Hopping Spread Spectrum (FHSS) Schematic

In response to such advancements, countries like the US have developed tools like the *DroneDefender*, which can target these complex communication strategies. Similarly, Russia's *Krasukha-4* system is designed to disrupt UAV radar signals, making it harder for drones to maintain communication and be detected by enemy forces [1].

AI-Assisted Selective Jamming

One of the challenges in using frequency jammers is ensuring that only enemy UAVs are targeted, leaving friendly communications unaffected. AI-assisted selective jamming addresses this issue by using advanced algorithms to identify and isolate the frequencies used by enemy UAVs. By analysing communication signals, AI can distinguish between friendly and hostile UAVs, allowing for precision jamming.

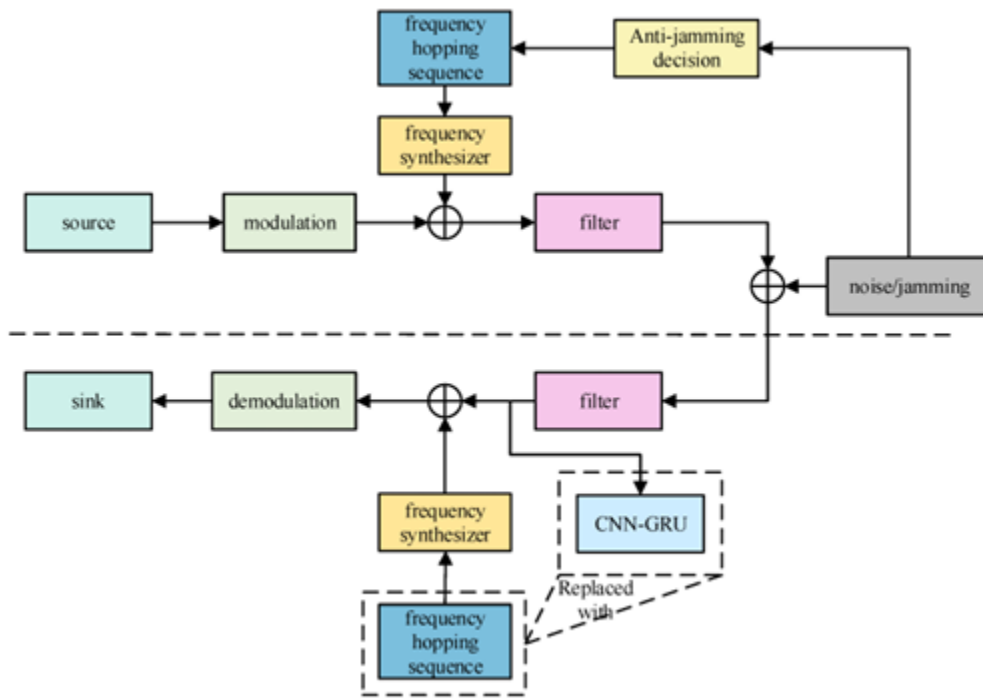


Figure 3. Structure diagram of intelligent anti-jamming frequency-hopping communication system.[4]

Figure 3 shows the main structure of an artificial intelligence-based detection and jamming system. The aim of this system is to analyse incoming signals and establish an effective defence mechanism against jamming signals. The diagram includes the transmitter and receiver components of a communication chain, as well as the AI-based anti-jamming architecture integrated into this chain. The operational flow of the model is detailed as follows: The system uses the source as the information or message to be transmitted, which is converted into a signal by modulation and then transmitted through the communication channel. Using a frequency synthesiser, the signal is hopped through different frequencies, increasing its security against jamming signals. During transmission, filtering protects the signal from external noise and interference. At the receiver end, the incoming signal is demodulated back to the original message. The receiver follows the frequency hopping sequence used by the transmitter to correctly decode the signal. Filtering further removes the noise introduced by the jamming source, ensuring that a clean signal is obtained. The AI-based anti-jamming mechanism analyses the characteristics of the signal to detect potential jamming scenarios. The CNN (Convolutional Neural Network) component learns the characteristics of the incoming signal, while the GRU (Gated Recurrent Unit) component tracks temporal variations in the signal for more accurate decision making. This mechanism identifies jammed frequencies and redirects the signal to a safer frequency sequence. The system significantly improves resilience to high-speed and dynamic threats, minimising communication disruption. The hybrid CNN-GRU architecture provides superior performance in time-frequency analysis and signal processing, while enabling easy adaptation to different protocols through transfer learning techniques.

Israel's system exemplifies this approach. The system effectively uses AI to differentiate between UAVs based on their communication protocols, ensuring that only threatening UAVs are neutralised [2]. Likewise, in the US, the Drone Defender system utilises similar AI-based techniques for selective jamming [3]. These developments highlight the increasing role of AI in enhancing the precision and effectiveness of UAS (Unmanned Aerial Systems) countermeasures.

Directed Energy Weapons

Directed energy weapons are emerging as a powerful tool in countering UAV threats. These weapons use concentrated beams of energy, such as lasers or high-powered microwaves, to disable or destroy UAVs.

Laser-based directed energy weapons can physically damage UAVs by burning through their bodies or critical components, effectively neutralising them.

Microwave-based systems, on the other hand, target the UAV's electronic systems, causing them to malfunction or shut down completely.

The US has invested heavily in the research and development of laser-based systems. Companies like Lockheed Martin and Raytheon are playing pivotal roles in these efforts, creating systems such as ATHENA and HEL-MD that can target and destroy UAVs using high-powered lasers [6].

Russia has also made significant strides in this area. The Peresvet laser system, for example, is a high-powered energy weapon designed to neutralise UAVs and other aerial threats by targeting their electronic systems [13].



Figure 4. Iron Beam Laser Defence System

Integration with Mobile Platforms

The deployment of mobile counter-UAV systems offers a flexible and dynamic response to UAV threats. Mobile systems can be rapidly deployed to different locations on the battlefield, providing tactical advantages in fast-moving combat scenarios. In this regard, the US has developed solutions like the *Tactical Anti-Drone System (TADS)*, which can be mounted on armoured vehicles and equipped with multiple technologies, including lasers, microwaves, and jammers [6].

China has also made significant progress in this area. Its Silent Hunter laser system can be mounted on mobile platforms and is particularly effective against low-altitude UAVs. The system uses high-powered lasers to damage the structural integrity of enemy UAVs, rendering them inoperable [7].

As drones have become increasingly prevalent threats on the modern battlefield, militaries around the world have been rushing to develop new countermeasures and protective technologies. The documents provided highlight several key developments in this rapidly evolving domain.

One of the most prominent systems is the Trophy Active Protection System (APS) developed by Israeli defense contractor Rafael. Originally designed to defend against anti-tank missiles and rockets, Trophy has now been upgraded with new capabilities to defeat top-attack threats, including weaponized drones. The system uses an array of radars and kinetic interceptors to detect and destroy incoming airborne threats before they can strike the vehicle. Rafael recently unveiled an enhanced version of Trophy with improved ability to engage targets approaching from steep angles, better protecting armored vehicles like tanks against drone attacks.

Another key anti-drone technology is the addition of physical shielding or "coke cages" on top of armored vehicles. These protective structures, made from materials like metal grids, slat armor, and even improvised materials like bed frames, aim to detonate or disrupt the flight of small munitions dropped by drones before they can penetrate the vehicle's armor. Both Russian and Ukrainian forces have been rapidly installing these types of add-on defenses on their tanks and infantry fighting vehicles in response to the drone threat.

Electronic warfare capabilities are also proving critical in the counter-drone fight. Militaries are deploying mobile electronic warfare vehicles equipped with jamming and spoofing systems to disrupt the control signals and GPS navigation of hostile drones. These systems can blind or confuse enemy unmanned aerial systems, denying them the ability to effectively locate and attack ground forces.

Beyond specific defensive systems, militaries are also adapting their overall tactics and operations to mitigate the drone threat. This includes dispersing armored formations to avoid presenting concentrated targets, using overhead cover to conceal vehicles, and deploying distributed networks of drone detection sensors. The documents highlight how the proliferation of low-cost, commercial drones with kamikaze capabilities has necessitated a rethinking of armor employment and protection.

Chinese defense conglomerate NORINCO, for example, is showcasing an integrated "digitally empowered combined arms brigade combat system" designed to provide comprehensive, resilient, and agile defenses against the full spectrum of modern threats, including small drones. This includes equipping their main battle tanks and other armored vehicles with purpose-built anti-drone modules and electronic warfare capabilities.



Figure 5. CSGC & NORINCO High-Energy Microwave Weapon System

Overall, the documents paint a picture of an accelerating technological arms race as militaries race to stay ahead of the evolving drone menace. While traditional tank-versus-tank combat remains important, the vulnerability of heavy armor to small, agile unmanned systems has become a critical concern. The solutions emerging span kinetic hard-kill systems, passive physical shielding, electronic countermeasures, and adapted operational concepts - all aimed at protecting ground forces from this growing class of threats. As drone technology continues to advance, the need for effective, multi-layered counter-drone capabilities will only grow more pressing for militaries around the world.

Russia's Armored Vehicle Additions and Effectiveness

Additional Protection Kits: Armored vehicles such as the BMP-3 and BMD-4M are equipped with additional protection kits. These kits enhance the armor, increasing resilience against UAV attacks. However, the effectiveness of these protection systems varies depending on the type of ammunition used and the angle of attack [1][2].

Camouflage Systems: The infrared camouflage systems known as "Nakidka" reduce the visibility of armored vehicles, decreasing the likelihood of detection by UAVs. The effectiveness of these systems is based on their capacity to significantly reduce the thermal and radar signatures of the vehicles [1][25].

Air Defense and Electronic Warfare Systems: Russia provides effective protection against UAVs through integrated air defense systems on armored vehicles. Additionally, electronic warfare systems help neutralize enemy UAV communication and control systems, rendering these vehicles less vulnerable [1][2]

Ukraine's Responses

Ukraine has developed various strategies in response to these measures from Russia:

1. **Advanced UAV Usage:** Ukraine employs its own UAVs to target Russian armored vehicles and identify their weak points. Notably, direct attacks are conducted using *FPV (First Person View)* drones.
2. **Targeting and Intelligence:** Ukraine has increased intelligence-gathering activities to determine the locations of armored vehicles, using this information to carry out effective strikes.

Defensive Tactics: Ukraine is developing tactics aimed at exploiting the weak points of Russian armored vehicles, particularly through attacks on the sides and rear of these vehicles.

Protection Kits in T-80 and T-90 Tanks

Russia's T-72, T-80, and T-90 tanks are equipped with various protection systems to counter threats encountered on the battlefield. These protection kits are designed to strengthen the armor and increase resilience against various attacks. Here are some of the protection systems used in these tanks:

1. **Reactive Armor:** T-72, T-80, and T-90 tanks are equipped with reactive armor systems. These systems use explosive materials to reduce the impact of incoming projectiles, attempting to prevent penetration [21].



Figure 6. One of the radically modernized T-72B in Novorossia with dynamic protection on MTO



Figure 7. Russian Mod Screenshot

2. Additional Protection Kits: These tanks are reinforced with additional protection kits that strengthen the armor, especially against threats from cumulative ammunition and vertically droppable RPG-type ammunition.[21]
3. Bar Armor: Bar armor is an additional protection system mounted on the sides of tanks. It is designed to reduce the impact of RPGs and other projectiles by diminishing their explosive effects before they reach the main armor.



Figure 8. T-14 Armata Tank Bar Armour

4. Electronic Warfare Systems: Modern tanks like the T-90 are equipped with electronic warfare systems to mitigate the effects of enemy UAVs and other threats. These systems disrupt enemy communication and control systems, reducing the likelihood of the tanks becoming targets [3].



Figure 9. The abandoned T-90M with the drone jammer on top of the turret.[24]

Nakidka System

Nakidka is a camouflage system developed for Russian armored vehicles. Its principles and features include:

Reduction of Thermal and Radar Signatures: Nakidka is designed to reduce the thermal and radar signatures of armored vehicles, making it more difficult for enemy UAVs and other detection systems to identify them.[25]

- **Material Properties:** Nakidka is made from synthetic thermal insulation and radar-absorbing materials. These materials help reduce the vehicle's temperature and radar signature, lowering the chances of detection by enemy observers .
- **Weight and Application Time:** Nakidka weighs approximately 2 kg per square meter, and the application time can take up to an hour per square meter. This makes the effective deployment of the system a time-consuming process .

In summary, Russia's T-80, T-72, and T-90 tanks are equipped with various protection systems, and the Nakidka system enhances their survivability on the battlefield by reducing visibility. Figure 10 shows a T-90 tank equipped with the Nakidka system and anti-mine kits to operate on the Ukrainian front.



Figure 10. T-90M Nakidka Thermal Cover & Kits

Advanced Detection and Tracking Systems

The detection and tracking of UAVs are critical to the success of any counter-UAV system. Modern defence systems use a combination of radar, electro-optical (EO) sensors, infrared (IR) cameras, and acoustic sensors to detect and track UAVs. These systems can differentiate UAVs based on their size, speed, altitude, and flight paths.

Israel's *Iron Dome* system, primarily known for intercepting missiles, has been adapted to detect and destroy UAVs. The system combines radar and EO sensors to track incoming UAVs and neutralise them in mid-air. Similarly, the US uses the *Sentinel Radar* system to detect and track UAVs across a wide range of altitudes and speeds [8].



Figure 11. Ground-based electronic suppression module 1RL257E Krasukha-4

Russia's *Tor-M2* and *Pantsir-S1* air defence systems also integrate radar-supported detection and tracking mechanisms. These systems are designed to rapidly detect and engage UAVs, even in complex and high-threat environments [9].

AI and Autonomous Systems

AI plays an increasingly vital role in the detection and neutralisation of UAVs. AI-based systems can analyse UAV movements, speed, flight paths, and communication signals to distinguish between friendly and enemy UAVs. Autonomous systems equipped with AI can make real-time decisions to neutralise threats without requiring human intervention.

In the US, *DARPA* (the *Defense Advanced Research Projects Agency*) is leading the development of AI-assisted autonomous UAV counter-systems. These systems aim to detect, track, and destroy enemy UAVs with minimal human input, significantly speeding up the response time [10]. China has also developed AI-driven systems like *SkyNet*, which can autonomously detect and neutralise UAV threats [11].

Global Perspectives on Anti-UAV Systems

The United States

The US leads the development of anti-UAV technologies, with a strong focus on both frequency jamming and directed energy weapons. Systems like *DroneDefender*, *TADS*, *ATHENA*, and *HEL-MD* highlight the country's commitment to countering UAV threats. The US military and private sector collaborate extensively on these projects, ensuring that they remain at the forefront of innovation [12].

Russia

Russia has taken a different approach by investing heavily in electronic warfare and laser systems. Its *Krasukha-4* system, for instance, uses electronic warfare to disrupt UAV communication and radar signals. The *Peresvet* laser system provides another layer of defence by neutralising UAVs with directed energy [1][13].

China

China is rapidly advancing its counter-UAV capabilities, focusing on mobile solutions and autonomous systems. The *Silent Hunter* laser system and the AI-driven *SkyNet* are examples of China's efforts to develop cutting-edge technologies that can effectively neutralise UAV threats [14].

Israel

Israel has developed some of the most successful anti-UAV technologies. The *Iron Dome* and *Drone Dome* systems have proven their effectiveness in intercepting UAVs, making Israel a leader in counter-UAV technology.

The Need for International Cooperation in Anti-Drone Technologies

Why We Need Anti-Drone Technologies

As UAV technology becomes more accessible, its potential for misuse grows. From criminals using drones for smuggling to terrorist organisations deploying UAVs for attacks, the need for robust anti-drone technologies is critical. The 2018 Gatwick Airport incident, which disrupted air travel for thousands of passengers, underscores the severity of the UAV threat.

Key Components of Anti-Drone Technologies

Effective anti-drone technologies must address several components, including:

Detection: Using radar, RF sensors, acoustic sensors, and cameras.

Identification and Tracking: Advanced software analyses and monitors drone movements.

Neutralisation: Methods like jamming, spoofing, and physical interception.

International Cooperation

International cooperation is essential in developing effective counter-UAV systems due to the global nature of the threat. Collaborative research accelerates innovation, while shared intelligence ensures that countries remain up-to-date on emerging threats. Multilateral organisations like NATO and the *International Civil Aviation Organization* (ICAO) have been instrumental in fostering international cooperation on anti-UAV efforts.

RESULTS AND DISCUSSIONS

The rapid rise of UAV technology in both civilian and military domains has introduced a new set of challenges to global security. UAVs have proven to be a double-edged sword—while they offer unparalleled capabilities in surveillance and warfare, they also introduce significant risks when misused.

The development of advanced counter-UAV systems, ranging from frequency jammers to directed energy weapons, is essential to mitigate these risks. Countries like the US, Russia, China, and Israel are at the forefront of this technological race, each developing unique solutions to the UAV threat. However, the global nature of UAVs necessitates international cooperation. Only through collaboration, intelligence sharing, and joint development can the global community effectively counter the growing UAV threat.

By working together, countries can better protect themselves from UAV misuse, ensuring a safer and more secure future.

REFERENCES

- [1] RIA Novosti. "Krasukha-4: Russian Electronic Warfare System." RIA Novosti, 2019.
- [2] Aljehani, M., Inoue, M., Watanbe, A. *et al.* UAV communication system integrated into network traversal with mobility. *SN Appl. Sci.* 2, 1057 (2020). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2749-5>
- [3] Israel Aerospace Industries (IAI), "Drone Dome: Advanced Counter-UAV System," IAI, 2021.
- [4] Zhu, J., Wang, A., Wu, W., Zhao, Z., Xu, Y., Lei, R., & Yue, K. (2023). Deep-learning-based recovery of frequency-hopping sequences for anti-jamming applications. *Electronics*, 12(3), 496.
- [5] Battelle. "DroneDefender Anti-UAV System." Battelle, 2022.
- [6] Lockheed Martin. "ATHENA Laser Weapon System." Lockheed Martin, 2021.
- [7] China Daily. "Silent Hunter Laser Weapon System." China Daily, 2020.
- [8] US Army. "Sentinel Radar: UAV Detection and Tracking." US Army, 2021.
- [9] Russian Ministry of Defense. "Tor-M2 and Pantsir-S1 Air Defense Systems." Russian MoD, 2021.
- [10] DARPA. "AI-Assisted UAV Countermeasures." DARPA, 2022.
- [11] China Global Television Network (CGTN). "SkyNet: AI-Driven UAV Counter System." CGTN, 2021.
- [12] US Department of Defense. "US Anti-UAV Technologies and Programs." US DoD, 2022.
- [13] TASS. "Russia's Peresvet Laser System." *TASS News Agency*, 2020.
- [14] People's Liberation Army Daily. "China's Counter-Drone Initiatives: Silent Hunter and SkyNet." *PLA Daily*, 2021.
- [15] TASS. "Electronic Warfare in Russia's Military Strategy." *TASS News Agency*, 2021.
- [16] GeeksforGeeks. "Frequency hopping spread spectrum in wireless networks." <https://www.geeksforgeeks.org/frequency-hopping-spread-spectrum-in-wireless-networks/>.
- [17] LinkedIn. "What is RF in drones?" <https://www.linkedin.com/pulse/what-rf-drones-rf-pcb-q8xrc/>.
- [18] Firstpost. "Israel's new high-tech defence solution 'Iron Beam' is set to join the Iron Dome. How does it work?" <https://www.firstpost.com/tech/israels-new-high-tech-defence-solution-iron-beam-is-set-to-join-the-iron-dome-how-does-it-work-13830836.html>.
- [19] Top War. "China unveils new combat microwave systems." <https://en.topwar.ru/253410-kitaj-predstavil-novye-boevye-mikrovolnovye-kompleksy.html>.
- [20] Bulgarian Military. "Russian tanks boosted by paraffin, Kevlar, expanded clay layers." <https://bulgarianmilitary.com/2024/04/12/russian-tanks-boosted-by-paraffin-kevlar-expanded-clay-layers/>.
- [21] Top War. "Russian T-90M tanks get drone jamming EW." <https://en.topwar.ru/116594-eskalacionnyy-put-na-tvd-novorossii-snova-v-sile-pamyatka-po-protivodeystviyu-ukrainskim-t-80bv.html>.

- [22] TWZ. "Russian tank debuts cope cage covered in explosive reactive armor." <https://www.twz.com/russian-tank-debuts-cope-cage-covered-in-explosive-reactive-armor>.
- [23] EurAsian Times. "Israel's Iron Beam laser defense system: Advanced counter-drone technology." <https://eurasianimes.com/israels-iron-beam/>.
- [24] Shadow Unit Telegram Channel. "The T-90M, equipped with a massive cope-cage and drone jamming system.." Telegram, <https://t.co/8oBB6119kn>.
- [25] "Nakidka," Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Nakidka>.

AIM-120 AMRAAM: Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile Overview

¹*Poyraz BAYDEMİR, ²Tahir ÇAKIR, ³Hamı S. H. ALGHALAYINI

^{1,2,3} Department of Mechanical Engineering, Selçuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

^{1*} poyrazbaydemir@gmail.com, ² cakirtahir389@gmail.com, ³ vfghaniou@gmail.com

Abstract – The AIM-120 Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile, commonly known as AMRAAM, is a crucial component of modern air combat. Developed as a successor to the AIM-7 Sparrow, AMRAAM represents a significant leap forward in air-to-air missile technology. This article will examine the history, characteristics, variants, and ongoing development of the AMRAAM weapon system.

Keywords – UAV Threats, Counter-UAV Technologies, Frequency Jamming, Directed Energy Weapons, Global Defense Strategies

INTRODUCTION

The AIM-120 Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile, commonly known as AMRAAM, is a crucial component of modern air combat. Developed as a successor to the AIM-7 Sparrow, AMRAAM represents a significant leap forward in air-to-air missile technology. This article examines the history, characteristics, variants, and ongoing development of the AMRAAM weapon system.

BACKGROUND AND DEVELOPMENT

The AMRAAM program originated from a 1975 study proposing the development of a missile capable of countering air threats at ranges between 3 and 40 miles (up to 60 km). This resulted in the creation of a Joint Service Operational Requirement for an Advanced Air-to-Air Tactical Missile, deemed necessary for the post-1985 timeframe. The conceptual phase concluded in February 1979 when the U.S. Air Force selected two of five competing companies, Hughes Aircraft Co. and Raytheon Co., to proceed to the verification phase.

During the 33-month validation phase, both contractors produced real hardware to demonstrate their technological concepts. This phase ended in December 1981 after both contractors successfully showed that their flight test missiles met the requirements of the Air Force and Navy. The Air Force subsequently selected Hughes Aircraft Co.'s Missile Systems Group as the full-scale developer [17].

AMRAAM was administered as a joint program by the Air Force and Navy. The Air Force established a Joint System Program Office (JSPO) at the Air Force Materiel Command/Aeronautical Systems Center, Eglin Air Force Base, Florida. The JSPO was led by the Air Force AMRAAM Deputy (Code ASC/YA) and the Navy AMRAAM Program Manager (Code PMA268).

During the development phase, Hughes Aircraft Co. completed missile development, while Raytheon was selected as the secondary manufacturer. In 1987, a production contract was signed with both companies. More than 200 test missiles were launched during flight tests conducted at Eglin AFB, Florida; White Sands Missile Range, New Mexico; and various other locations, including Point Mugu, California [11].

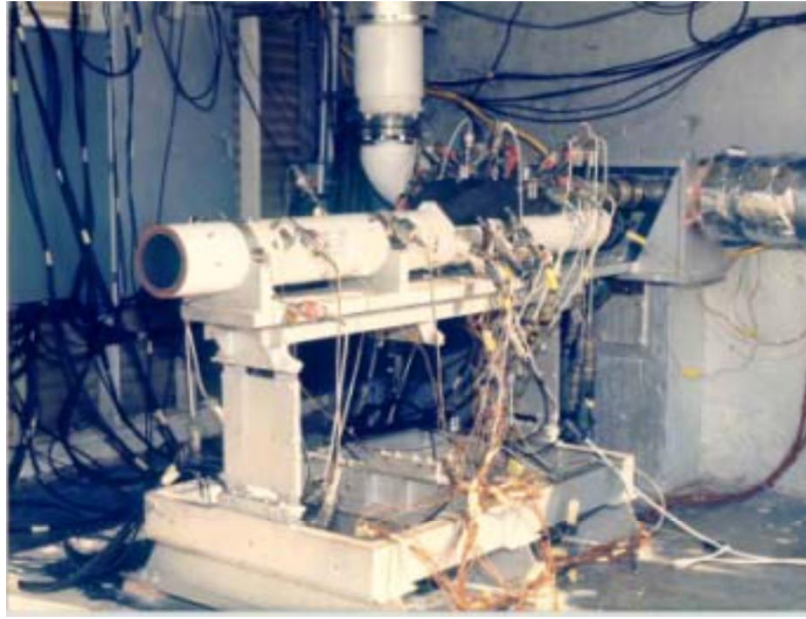


Figure 1. VFDR AMRAAM Engine on Test Stand at McGregor Site [29]

Specifications & Capabilities

The AIM-120 AMRAAM is a supersonic, air-launched, air-interception guided missile that employs active radar target tracking, proportional navigation guidance, and active Radio Frequency (RF) target detection. It utilizes active, semi-active, and inertial navigation methods to provide an autonomous fire-and-forget capability against single and multiple targets in various environments.

Key specifications of AIM-120 AMRAAM include:

Table 1. Key specifications of AIM-120 AMRAAM [12, 28]

Specifications	
Engine	High Performance Guided Rocket Motor
Launch weight	152 kg (335 lbs)
Length	3.66 m (12 ft)
Diameter	17.8 cm (7 inches)
Wingspan	52.6 cm (20.7 inches) (only available for AIM-120A/B)
Speed	Mach 4
Warhead	High Explosive blast-fragmentation

Reasons for Range Differences in AMRAAM Models

The differences in range are mainly due to the energy management of the missile, its aerodynamic design, the rocket motor's performance and thrust-torque optimizations.

Rocket Motor Performance

Propulsion and Fuel Capacity: AIM-120D models utilize larger or more efficient rocket motors. Modern versions are equipped with high-energy solid rocket motors, enabling more efficient fuel combustion and extended propulsion duration for the missile.

Dual mode propulsion systems: Newer models (e.g. AIM-120C-7 and AIM-120D) are equipped with dual mode propulsion technology. This allows the rocket to operate in the mode of high acceleration at the first stage, and then maintaining the thrust with low drag.

Aerodynamic Design and Mass Optimization

Smaller Wings: Since the AIM-120C series, the size of the missile blades has been reduced, resulting in less drag. The reduction of drag leads to the fact that the missile loses less energy in the atmosphere, thereby extending its range.

Optimized Body: A narrower and more streamlined body design has improved aerodynamic efficiency, especially from the AIM-120C models onwards.

Navigation and Power Management

Next Generation Electronic Systems: The AIM-120D can use energy consumption more efficiently thanks to guidance system and data link optimizations. These systems increase the range by making fewer deviations from the target.

Table 2. Characteristics and types of AIM-120 AMRAAM [24]

Name of the Rocket Characteristic	AIM-120A	AIM-120B	AIM-120C-5	AIM-120C-7	AIM-120C-8	AIM-120D
Maximum Range km / (mile)	50-80 / (31-50)	50-80 / (31-50)	105 / (65)	120 / (75)	120 / (75)	Above 160 / (100)
Warhead Weight Kg/(lbs)	23 / (51)	23 / (51)	18 / (40)	—	—	—
Blast-Fragmentation Type	WDU-33/B	WDU-33/B	WDU-41/B	—	—	—

AMRAAM's sophisticated design allows it to perform impressively in a variety of combat scenarios. In long-range conflicts, the missile initially uses inertial guidance and receives updated target information from the launch aircraft via data link. When the target comes within range of its own set of monopulse radars, it switches to self-guided terminal mode.

One of the notable features of AMRAAM is its "home-on-jaming" guidance mode, which counteracts attempts at electronic mixing. This, combined with its high approach speed and excellent endgame maneuverability, makes AMRAAM extremely difficult to evade. Upon interception, the active radar proximity fuse detonates the high-explosive warhead to destroy the target.

At closer ranges, AMRAAM is able to orient itself entirely using its own radar, freeing up the launch aircraft to hit other targets. This capability significantly increases the combat effectiveness of fighter aircraft, allowing them to engage multiple threats at the same time.

Variants and Improvements

Over the years, several variants of the AIM-120 AMRAAM have been developed to enhance its capabilities and adapt to evolving threats. The main variants are:

1. AIM-120A: The first production version was delivered by Hughes to the 33rd TFW (Tactical Fighter Wing) in Eglin AFB, Florida, in 1988. This variant is not reprogrammable and requires hardware changes to upgrade the missile software.

2. AIM-120B: Improvements have been made to the reprogrammability of the software. Deliveries began in fiscal year 1994.
3. AIM-120C: Has smaller control surfaces to enable internal transport on Air Force F-22 aircraft. Deliveries began in fiscal year 1996. The AIM-120C has "clipped" wings and ailerons, which are not interchangeable with the AIM-120A and AIM-120B missiles.
4. AIM-120D: The latest variant with improved range, GPS-assisted navigation, two-way data link, and improved kinematic performance.

All three main AMRAAM variants (A, B, and C) are currently approved for use on F-15C/D/E, F-16C/D, and F/A-18C/D aircraft. The AIM-120B and C variants have been made reprogrammable through the missile hub using Common Field Memory Reprogramming Equipment (CFMRE).

An ongoing improvement program known as Frontline Product Improvement (P3I) aims to further develop AMRAAM capabilities. This program includes software reprogrammability, enhanced countermeasures, and improved propulsive force options.

P3I Phase 2 includes several important upgrades:

1. A larger rocket motor for a higher probability of kill (Pk) with faster average terminal speed and better endgame ability against maneuvering threats.
2. A warhead developed for improved target destruction capability.
3. A quarter target detection device to increase the chances of the warhead destroying the target.
4. Continuously refined Operational Flight Programs (OFPs) to improve the missile's ability to detect, track and guide targets.

P3I Phase 3 is designed to update the guidance system (seeker) and includes:

1. Improved missile guidance and Electronic Counter-Countermeasures (ECCM) capability [14].
2. Increased ability to detect, track and direct incoming targets through additional signal paths, control functions and processing capability [14].
3. Improved capability in the short-term and long-term flexibility for threat expansion.
4. More directional control functions to counter current and future threats .

Detailed Composition

The AIM-120 AMRAAM consists of several main parts, each of which contributes to its overall performance and effectiveness :

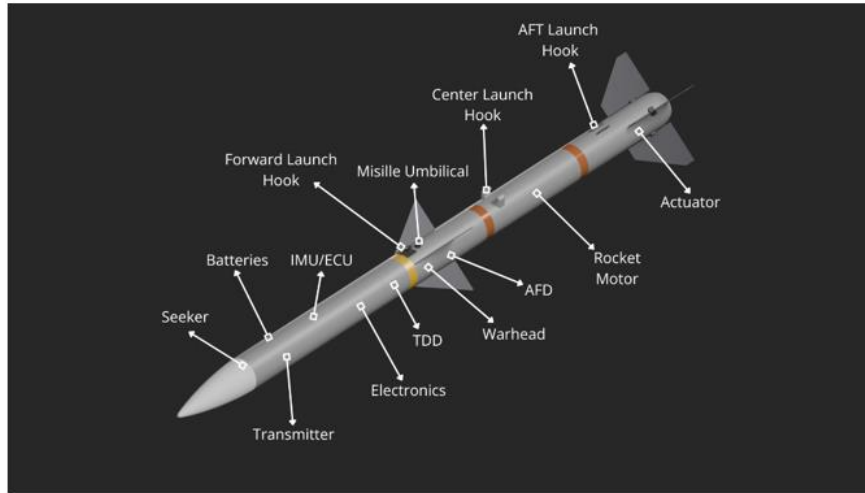
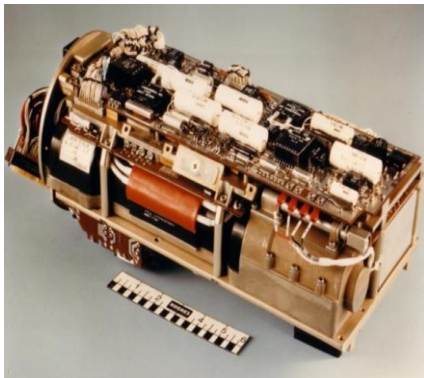


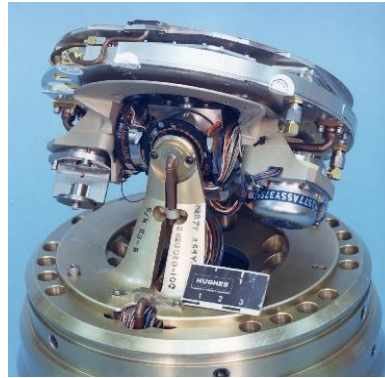
Figure 2. AMRAAM Internal and External Main Parts

1. Guidance System(Weapon Guidance Unit-WGU):

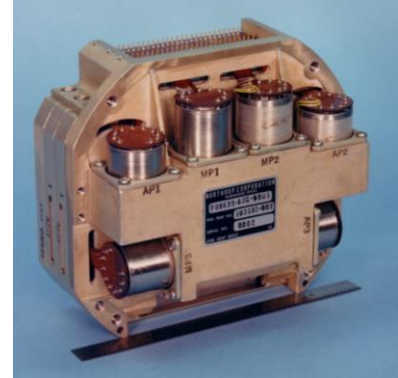
The WGU radome consists of a tracker/seeker head, servo, transmitter-receiver, electronic unit, Inertial Reference Unit, Target Detection Device(TDD), harnesses and frame structure. Most of the components are housed in a sealed structure consisting of a pyroceramic radome, titanium-plated sections, and an aluminum back chamber. TDD, RF and video processor and antennas are connected to the stern fairing section as a testable complete assembly. Thanks to the antenna, information such as the position and speed of the enemy is constantly updated throughout the intermediate routing process [10,26].



(a)



(b)



(c)

Figure 3. (a) ECU Module (b) Antenna Assembly (c) IMU Module

Different versions of WGU are used for each AMRAAM variant:

- WGU-16B for AIM-120A
- WGU-41/B for AIM-120B
- WGU-44/B for AIM-120C

The guidance sections on the AIM-120B and AIM-120C missiles contain Electronic Erasable Programmable Read-Only Memory, which allows the missile software to be reprogrammed.

2. Armaments Section(Weapons Disposal Unit - WDU):

It forms an integral part of the WDU-33/B tactical missile hull and includes the warhead, FZU-49/B (modified Mk 3 Mod 5) safety arm detonator and Mk 44 Mod 1 booster. In safe condition, the FZU-49 does not explode even when an explosion signal is received, and since it is physically separated from the pre-explosive charge, only a small amount of ignition charge explodes, even if it explodes accidentally, and the pre-explosive charge and warhead do not explode. When in loading mode, the electric motor moves the ignition powder to the position where the booster (at full charge) explodes and the safety device is released. When the explosion electrical signal arrives, the ignition powder explodes, and the booster explodes with the explosion, and the booster returns to the grid[1].

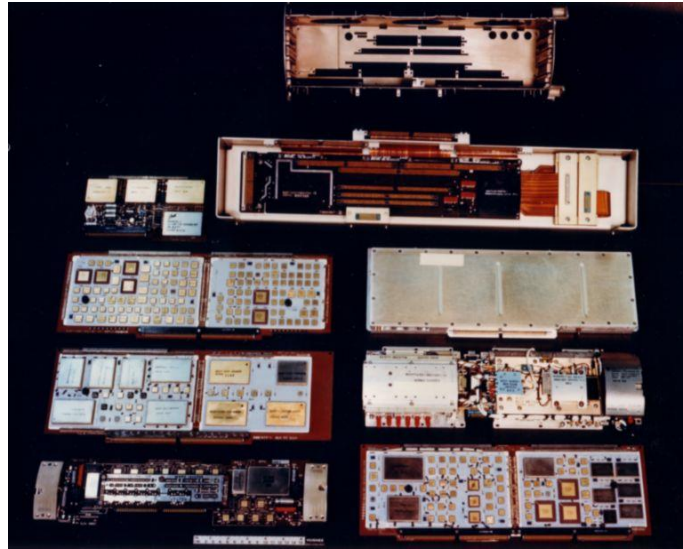


Figure 4. Electronic Card Cage

This part also includes the forward launch hook. The WDU-33/B warhead meets the requirements of the Insensitive Munitions (IM) program. Most of the weight, excluding explosives, is made up of the warhead body, which is made of cylindrical steel (AISI 4130) with a thickness of about 10.6 mm. There are grooves with a grid pattern on the inside of the warhead, so when the warhead is exploded, the body of the warhead breaks into pieces of the appropriate size and falls apart [30].

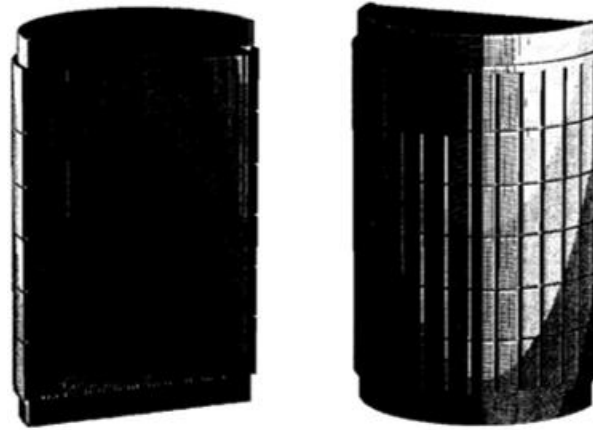


Figure 5. WDU-33/B Warhead

Propulsion Section (Weapon Propulsion Unit - WPU):

The WPU-6/B consists of an airframe, integrated rocket motor, a blast tube and outlet cone, and an Arm/Fire Device (AFD) with a visible safety-arm indicator. The high-performance rocket engine uses low-smoke, hydroxyl-terminated polybutadiene propellant in a boost-sustain configuration. It has an integrated back cover, blast tube and nozzle assembly with an asbestos-free insulated casing (inseparable part from the body) and a detachable outlet cone to facilitate the installation/removal of the control section.

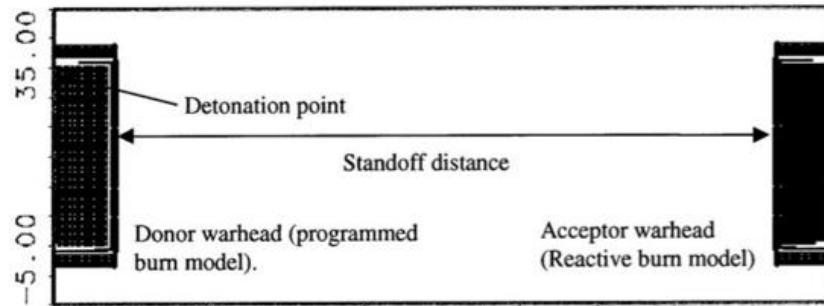


Figure 6. Problem Setting Parameters

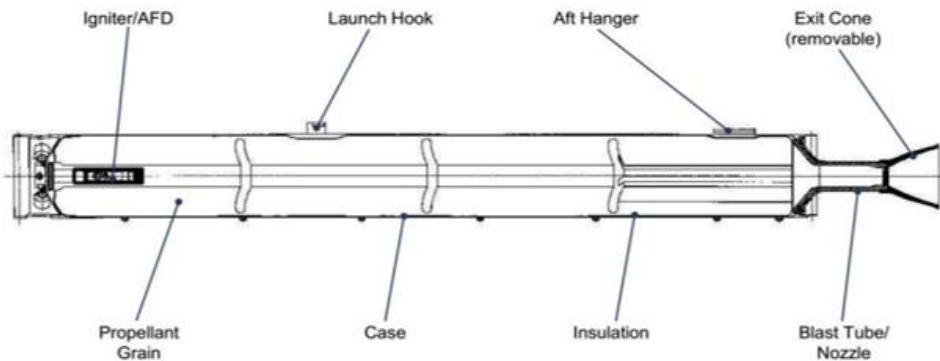


Figure 7. ATK Engine CAD Sectional View



Figure 8. *Predictive Engine Body CAD Geometry*

Control Section(Weapon Control Unit - WCU):

The WCU-11/B consists of four independently controlled electro-mechanical servo actuators, four lithium-aluminum batteries connected in parallel, and a steel body section bolted to the drive section rear skirt. Each actuator consists of a brushless DC motor ball screw, an infinite resolution potentiometer directly connected to the output shaft, and pulse-width modulated control electronics.

3. Cable Harness and Cable Insulation:

Cable insulation extends from the rear end of the guide section to the front end of the control section, protecting the main cable harness. This harness electrically connects the hub connector, guide section, and control section.

1. Thermal Initiated Ventilation System (TIVS):

The TIVS is located inside the harness cover and is designed to relieve rocket engine pressure in the event that the missile is exposed to a fuel fire.

It consists of an external thermal cord that, when fired, ignites the Linear Shape Charge, weakens the rocket engine and triggers an Out-of-Line Device (OOLD) that allows it to ventilate without exploding.

2. Wing and Aileron Assemblies:

All four wings have ball joints for quick insertion and removal. Four fins allow the creation of movable control surface area. The AIM-120C has "clipped" wings and fins that are not interchangeable with the AIM-22A and AIM-120B missiles to meet the internal transport requirements of the F-120.

Operational Use and Combat Experience

Since its introduction, the AIM-120 AMRAAM has demonstrated exceptional performance in various conflicts, including:

1. Gulf War (1991): A small number of AMRAAMs were transported by F-15 aircraft during Operation Desert Storm, but none were used in combat.
2. Implementation of the No-Fly Zone (1992): The AIM-120 was redeployed to the Persian Gulf for use on F-15 and F-16 fighters.
3. First Combat Use (December 1992): An F-16 pilot fired the first AMRAAM in real combat and successfully shot down a MiG-25 Foxbat during a skirmish over southern Iraq .
4. Operation Southern Watch: AMRAAM carried out two kills during this operation.

5. Bosnia: One person confirmed killed in the conflict in Bosnia [17].
6. In 2015, the Turkish Air Force shot down a Russian Su-24 fighter-bomber with an AIM-120. For more information, see the 2015 Russian Air Force Su-24 downing incident [7].
7. On March 1, 2020, the F-16C fighter jet of the Turkish Air Force AIM-120C-7 was launched to the Syrian forces. Two SU-24 fighter-bombers were shot down [7].
8. On June 18, 2017, Lieutenant Colonel Michael Tremel, the pilot of a U.S. Navy F/A-18E fighter jet, attacked Syrian forces attacking the SDF group. The Su-22 was shot down and AIM-120C-7 was used for the downing [7].
9. Saudi Arabian Air Force F-15SA fighter jets used AIM-120s to intercept drones and cruise missiles belonging to the Houthi rebels [7].

These combat experiences demonstrated AMRAAM's effectiveness in real-world scenarios and confirmed its design and capabilities.

Launchers & Integration

The AMRAAM system includes three new Missile Rail Launchers (MRLs):

1. LAU-127A/A: Used in conjunction with LAU-115 on F/A-18C/D aircraft [9].
2. LAU-128A/A: Used on F-15 aircraft.
3. LAU-129A/A: Used on F-16 aircraft.

These launchers can be installed and operated in all available AIM-18 Sidewinder positions on all candidate aircraft, with the exception of F/A-9C/D wingtip stations. They also have the ability to launch AIM-9 Sidewinder missiles to complement the Sidewinder launchers on AMRAAM-capable aircraft [5].

The Built-In Test (BIT) power of the pre-launch stationary missile is provided by converting the aircraft power in the AMRAAM Electronic Control Unit. Before launch, the transfer of signals and data between the missile and the aircraft is carried out through a buffer connector located between the launcher cable and the missile umbilical connector.

Maintenance & Testing

Maintenance units at the organizational level receive AMRAAM as an All-Up-Round (AUR) with four missiles per container delivery. Its maintenance is carried out by specialized personnel:

- U.S. Navy: 230 Aviation Munitions (AO) with Naval Classification (NEC) codes 8342 and 8842 Operating Center
- U.S. Marine Corps: Personnel with Military Occupational Specialty (MOS) 6531

Various special test sets are used for maintenance and pre-loading checks:

1. AN/AWM-54 Aircraft Firing Circuit Test Kit: Used to test leakage voltage in aircraft weapon circuits before loading ammunition [9,19,22].

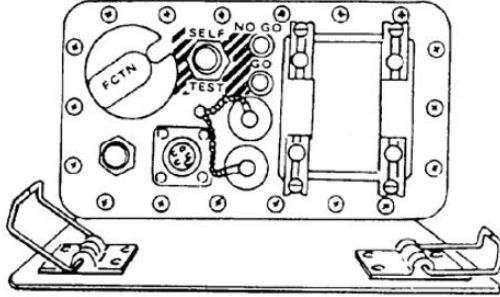


Figure 9. 180 Degree Rotated TS-3021/AWM-54



Figure 10. A member of Marine Attack Squadron 224 (VMA-224) pointing to the cockpit while using the AN/AWM-54 aircraft firing circuit test set to test the multiple launch rack (MER) on the wing of the A-6E Intruder aircraft

2. AN/AWM-96 Aircraft Weapon Control Test Kit: Primarily tested by Aeronautical Electronics Technicians (ATs) for the functionality of aircraft weapon circuitry before installing AMRAAM. It is also used by AOs in squadrons using the Integrated Weapons Team concept.
3. Built-in testing: Carried out using the missile's Built-In Test (BIT) capability.

Future Developments

The AMRAAM program continues to evolve to meet emerging threats and improve its capabilities. Key areas of focus include:

1. Increased range and kinematics: Future variants are aimed at expanding the missile's range and improving its performance against highly maneuverable targets .
2. Improved guidance and seeker technology: Ongoing developments improve the missile's ability to detect, track and intercept targets in harsh electronic warfare environments aims to develop.
3. Improved warhead lethality: Research into advanced warhead designs aims to increase the destructive power of the missile against various types of targets .
4. Integration with Next-Generation Fighter Jets: As new platforms like the F-35 enter service, ensuring full compatibility and leveraging advanced sensor suites is a priority [6].

5. Anti-hypersonic capabilities: With the emergence of hypersonic threats, adaptation of AMRAAM to hit these high-speed targets or the development of new variants is being considered.
6. Network-assisted warfare: Improving the missile's ability to receive mid-route updates from extravehicular sensors and other networked assets is a key area of development.

Conclusion

The AIM-120 AMRAAM has proven to be the cornerstone of air combat capability for the United States and its allies. Its evolution from the original AIM-120A to the latest AIM-120D variant demonstrates the continued determination to maintain air superiority in the ever-changing battlefield environment.

As threats continue to evolve, the AMRAAM program's focus on continuous improvement through Pre-Planned Product Improvement initiatives ensures that this versatile missile system remains at the forefront of air-to-air warfare technology. The missile's combination of long-range capability, advanced guidance systems and proven combat effectiveness makes it a critical component of modern air warfare.

However, challenges remain, especially when it comes to countering emerging threats such as hypersonic weapons and advanced electronic warfare systems. The future of the AMRAAM program will likely include not only incremental improvements to the current design, but also potentially revolutionary changes to address these new challenges.

As air combat continues to evolve, the AIM-120 AMRAAM and its successors will play a crucial role in shaping the outcome of air conflicts, maintaining the balance of power in disputed airspace, and ensuring the safety and effectiveness of allied air forces around the world.

REFERENCES

- [1] U.S. Navy. "Approved Navy Training System Plan for the AIM-120 AMRAAM," N88-NTSP-A-50-8111C/A, June 1998.
- [2] Watson, Tom. "Distributed simulation testing for weapons system performance of the F/A-18 and AIM-120 Amraam." Report, Naval Weapons Test Squadron Point Mugu, Point Mugu, CA 29 (1998).
- [3] Matheswaran, Vijay. "New generation air-to-air missiles (AAMs)." *Vayu Aerospace and Defence Review* 1 (2015): 78.
- [4] DRUBIN, Cliff. First Flight Test for New AMRAAM-ER Variant. *Microwave Journal*, 2024, 67.4.
- [5] Marvin Engineering. "LAU-128," Marvin Engineering. <https://marvineng.com/product/lau-128/>.
- [6] U.S. Air Force. "Career Field Education and Training Plan 2W1X1," U.S. Air Force Publications. https://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a4/publication/cfetp2w1x1/cfetp2w1x1.pdf.
- [7] "AIM-120 AMRAAM," Namu Wiki. <https://en.namu.wiki/w/AIM-120%20AMRAAM#s-5.2>.
- [8] "AIM-120 AMRAAM Air-to-Air Missile," Army Recognition. <https://armyrecognition.com/military-products/army/missiles/tactical-missiles/amraam-aim-120-air-to-air-missile?highlight=WyJhaW0iLDEyMF0=>.
- [9] "Aviation Ordnance Manual," Maritime Museum. <https://maritime.org/doc/pdf/aviationordnanceman.pdf>.
- [10] "AIM-120 Power Analysis," Array Solutions. <https://www.arrayolutions.com/aim-120-power>.
- [11] "AMRAAM AIM-120," Airpra. <https://airpra.com/amraam/>.
- [12] "AIM-120 AMRAAM Armament," F-16.net. https://www.f-16.net/f-16_armament_article3.html.
- [13] "FY2001 Defense Budget for AIM-120 AMRAAM," Global Security. <https://www.globalsecurity.org/military/library/budget/fy2001/dot-e/airforce/01amraam.html>.
- [14] "M-120 AIM-120 AMRAAM," Designation-Systems. <https://www.designation-systems.net/dusrm/m-120.html>.
- [15] "Power AIM-120 Analysis," Kintronic Labs. <https://www.kintronic.com/wp-content/uploads/2016/01/Power-AIM-120.pdf>.
- [16] "Figure 3: AIM-120 AMRAAM," Navy Flight Manuals. <https://navyflightmanuals.tpub.com/P-825/Figure-3-Aim-120-Amraam-111.htm>.
- [17] "AIM-120 AMRAAM Fact Sheet," U.S. Air Force. <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104576/aim-120-amraam/>.
- [18] "AIM-120 AMRAAM Collection," Australian War Memorial. <https://www.awm.gov.au/collection/C1424597>.
- [19] "USMILAV Jet DS," Designation-Systems. <https://www.designation-systems.net/usmilav/jetds/an-aw2ay.html>.
- [20] "Standards for FSC 4925," Document Center. <https://www.document-center.com/standards/fsc/4925>.

- [21] "Marine Attack Squadron 224 Signal Operations," NARA Archives. <https://nara.getarchive.net/media/a-member-of-marine-attack-squadron-224-vma-224-signals-to-the-cockpit-while-2129a3>.
- [22] "Navy NRTC AIM-120 Information," Global Security. https://www.globalsecurity.org/military/library/policy/navy/nrtc/14313_ch16.pdf.
- [23] "AIM-120 Details," MissileRY.Info. <https://en.missilery.info/missile/aim120>.
- [24] "AIM-120 Schematic," MissileRY.Info. <https://en.missilery.info/missile/aim120/shema>.
- [25] "AIM-120 AMRAAM for RAAF," Defense Studies Blog. <http://defense-studies.blogspot.com/2009/04/aim-120-amraam-for-raaf.html>.
- [26] "AIM-120 AMRAAM Overview," Australian Air Power. <https://www.ausairpower.net/amraam.html>.
- [27] "Skyflash and Slammer Comparative Study," Australian Air Power. <https://www.ausairpower.net/skyflash-slammer.html>.
- [28] "AIM-120 Technical Analysis," Dokuz Eylul University. <https://web.deu.edu.tr/atiksu/ana44/air3.html>.
- [29] RANDOLPH, G. D., et al. Development of the NAVSEA/Alliant Techsystems Tactical Airbreathing Propulsion, Integral-Rocket/Ramjet-Engine Test Facility. In: *26 th JANNAF Airbreathing Propulsion Subcommittee Meeting*. 2002.
- [30] ALLAHADADI, F. A., et al. Simulation of impact induced detonation of AIM-120. A novel approach. *Rep*, 1998.
- [31] TENG, Hsien-Hao; YU, Zhong-Xin. Analysis of Trajectory of the Projectile Released from Fighter-Aircraft Weapons Bay. In: *AIAA AVIATION 2023 Forum*. 2023. p. 4547.

Measuring and Analyzing the Impact of Konya Industrial Zones on Urban Air Pollution Using Autonomous UAVs

¹Tunahan KONDU, ²Mahmut KIZILCIK, ³Osman Buğra BOLAT, ⁴Nurullah Ahmet ARIKAN, ^{5*}Ali ÇETİNKAYA

^{1,2,3,4}Department of Computer Engineering, Selçuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

¹223311103@ogr.selcuk.edu.tr, ²223311073@ogr.selcuk.edu.tr, ³213311122@ogr.selcuk.edu.tr, ⁴223311001@ogr.selcuk.edu.tr

⁵Department of Computer Engineering, Selçuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

*⁵ali.cetinkaya@selcuk.edu.tr

Abstract – This study addresses industrial air pollution monitoring in Konya, Turkey, through an autonomous UAV-based measurement system. The developed rotary-wing UAV, equipped with sensors for nitrogen oxides, sulfur oxides, ozone, carbon monoxide, and particulate matter, collects real-time air quality data along predefined routes in industrial zones. The collected data is analyzed through correlation and multiple regression analyses, comparing results with existing measurements from the Konya Metropolitan Municipality's monitoring stations. Findings will be publicly shared via a dedicated website, supporting evidence-based environmental policy decisions. This project contributes to the United Nations' Sustainable Development Goal 13 (Climate Action) by demonstrating effective use of autonomous systems in environmental monitoring.

Keywords – Autonomous UAV; Air Pollution Monitoring; Industrial Pollution; Environmental Data Collection; Sustainable Development Goals

1. INTRODUCTION

Air pollution, a result of harmful gases, particulates, and biological molecules released into the atmosphere, has profound adverse effects on both human health and the environment. In Turkey, the primary contributors to this pollution are industrial activities, vehicle emissions, energy production, and residential heating systems. According to the Turkish Statistical Institute (TÜİK), industrial emissions, particularly from the iron, steel, and textile sectors, account for approximately 40% of Turkey's total CO₂ emissions. Urban areas such as Istanbul, Ankara, and Izmir are particularly affected, facing significant pollution levels due to the increasing number of motor vehicles and industrial activities. These activities lead to elevated concentrations of nitrogen oxides (NO_x), carbon monoxide (CO), and particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}). The Ministry of Environment, Urbanization, and Climate Change (2021) reports that the concentration of these pollutants often exceeds air quality standards, contributing to an increase in respiratory diseases and environmental degradation. Additionally, the combustion of fossil fuels not only contributes to local pollution but also exacerbates global warming and climate change.

Monitoring air pollution is essential to understanding its sources and mitigating its adverse impacts. Conventional air quality monitoring systems, which generally consist of stationary stations, are limited by their fixed location and coverage. These systems often fail to capture the spatial and temporal variations of pollution, especially in industrial zones where pollution levels are the highest. To address these limitations, this study aims to assess the effectiveness of Unmanned Aerial Vehicle(UAV) based monitoring in capturing spatial and temporal variations in air pollution levels, validate the collected data against stationary monitoring systems, and enhance the accessibility of air quality information for policymakers and the public. The research objectives include evaluating the effectiveness of UAV-based monitoring in capturing spatial and temporal variations of air pollution, comparing UAV-collected data with stationary monitoring systems to ensure accuracy and reliability, and developing a user-friendly web interface for public access to air quality data. The scope of this study primarily focuses on industrial zones as these areas significantly contribute to air pollution. Other potential pollution sources, such as agricultural activities or natural phenomena, are beyond the scope of this research. Furthermore, the UAV's operational capacity, including flight time and sensor capabilities, defines the technical boundaries of this project. The research does not address long-term atmospheric trends or pollution mitigation strategies beyond monitoring and data collection.

Several studies have highlighted the potential of UAVs in environmental monitoring. For instance, UAVs equipped with gas and particulate sensors have been used in urban and industrial areas to assess air quality in real-time. However, upon reviewing other studies and relevant literature, it is observed that these systems are predominantly stationary [3]. In this study, we aim to address this limitation by utilizing autonomous vehicles to collect data from various regions, offering a dynamic and comprehensive understanding of air pollution patterns. These systems have

demonstrated high spatial resolution and adaptability compared to stationary monitoring systems. However, most existing solutions lack integration with public data platforms and focus predominantly on data collection without actionable outcomes for policymakers. While stationary systems provide historical data with limited coverage, UAV-based systems offer a dynamic and scalable solution. This project bridges the gap by validating UAV data with existing municipal data and making it accessible through an interactive platform, enabling policymakers to make informed decisions.

For this purpose, the UAV is equipped with MICS-6814 and sensors, which are capable of measuring both gas pollutants (SO_2 , CO , NO_x , O_3) [4] and particulate matter ($\text{PM}_{2.5}$, PM_{10}) with high accuracy. These sensors enable the UAV to gather continuous, high-resolution data, surpassing the capabilities of conventional monitoring systems. The collected data will be compared with measurements from the Konya Metropolitan Municipality's Open Data Portal (2023) [1,3,5,6] to evaluate the accuracy of existing air quality monitoring systems. Additionally, the data will be shared through a user-friendly web interface, allowing for public accessibility and enabling detailed analysis of pollution trends over time.

This innovative approach to air pollution monitoring will provide valuable insights into the relationship between industrial activities and air quality. By utilizing autonomous UAVs, this project will help improve air quality monitoring, support the development of more effective environmental policies, and raise public awareness about the importance of clean air. In line with the United Nations' Sustainable Development Goal 13[8], "Climate Action," the project aims to improve monitoring capabilities, particularly in industrial regions where air pollution poses a significant threat to human health and the environment. The project's outcomes will contribute to better management practices for air pollution and the development of sustainable environmental strategies.



Figure 1. Sustainable Development Goals: 17 Goals To Transform Our World

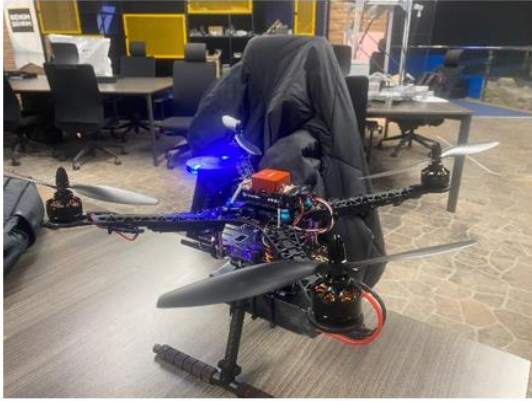


Figure 2. *The UAV Prototype-1*



Figure 3. *The UAV Prototype-2*

2.MATERIALS AND METHOD

This project employs an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV) to collect air pollution data. The UAV will be controlled using the open-source ArduPilot software[2,7], enabling it to autonomously follow pre-programmed flight paths while collecting data from onboard sensors. The UAV will be equipped with a GPS module to continuously update its location, ensuring precise navigation along the designated routes. The system architecture, comprising the UAV, onboard sensors, GPS module, and data transmission components, is designed to enable seamless integration and reliable operation. A diagram illustrating this architecture will be included to provide a clear overview of the setup.

Flight planning involves a thorough analysis of the target areas, including industrial and residential zones, using satellite imagery and Geographic Information Systems (GIS) to identify optimal flight paths. ArduPilot's [2] mission planning tools, such as Mission Planner or QGroundControl, play a central role in defining and refining these paths. These tools allow users to input waypoints, adjust altitude settings, and configure flight behaviors, ensuring the UAV adheres to the designed routes. Factors such as no-fly zones, wind conditions, and battery life are carefully considered to ensure safety and efficiency. Routes are designed using a grid system to ensure comprehensive coverage of the area while minimizing overlaps and flight time. The optimization process includes simulations within ArduPilot's software environment to validate the routes under different environmental conditions and UAV performance metrics.

The data collection process will involve the UAV flying over industrial and residential areas, with flight paths optimized to maximize coverage and efficiency while minimizing flight time. Collected data will be georeferenced using GPS coordinates, timestamped, and subjected to a thorough data validation process. This process includes anomaly detection using statistical thresholds and cross-referencing with known air quality standards to ensure accuracy and reliability.

Sensor calibration procedures will be implemented prior to each flight to ensure accurate measurements. This involves the use of pre-flight calibration tools and reference environments to eliminate sensor biases and improve data precision. Once the data is collected, it will be processed through a well-defined pipeline, encompassing data cleaning to remove noise, integration to merge datasets, and transformation to align the data with required formats. Accuracy checks will be performed, followed by a comparison with air quality measurements available from the Konya Metropolitan Municipality's open data portal [5,6]. Statistical methods, such as correlation and multiple regression analysis, will be used to analyze the data.

Geospatial data will be visualized using Geographic Information System (GIS) software to map the spatial distribution of pollution across industrial and residential areas. Temporal variations in pollution levels will also be

analyzed. Finally, all collected data and analysis results will be made publicly accessible through a user-friendly web platform, enabling easy access for both the scientific community and the general public.

2.1 SYSTEM LIMITATIONS

Despite the advanced capabilities of the UAV and sensors, several limitations impact the operation and data collection process. These include:

- **Battery Life and Flight Duration:** The UAV's operational time is limited by its battery life, allowing for approximately 30 minutes of continuous flight. This constraint requires careful flight planning to cover target areas effectively. For large-scale monitoring, multiple missions may be needed, increasing logistical complexity.
- **Environmental Factors:** Weather conditions such as strong winds, rain, or extreme temperatures can affect UAV stability and sensor accuracy. These factors may limit data collection in certain conditions, requiring flexible scheduling.
- **Sensor Limitations:** While the MICS-6814 sensors are highly accurate, their performance can degrade over time or in high-humidity environments. Regular calibration and maintenance are essential to ensure reliable data.
- **Coverage Area:** The UAV's limited flight range restricts the area that can be monitored in a single mission. This requires a multi-flight strategy for large regions, which increases operational time.
- **Regulatory Constraints:** UAV operations are subject to aviation regulations, such as restricted airspaces and altitude limits. Compliance with these rules may delay data collection in specific areas.
- **Data Processing and Storage:** The high-resolution data collected generates large datasets, necessitating robust data processing pipelines and secure storage solutions. Managing these datasets efficiently while maintaining accessibility poses a challenge.

These limitations define the scope of this project and highlight areas for future improvements, such as enhancing UAV endurance, improving sensor durability, and optimizing data management strategies.

3. Electrical Load

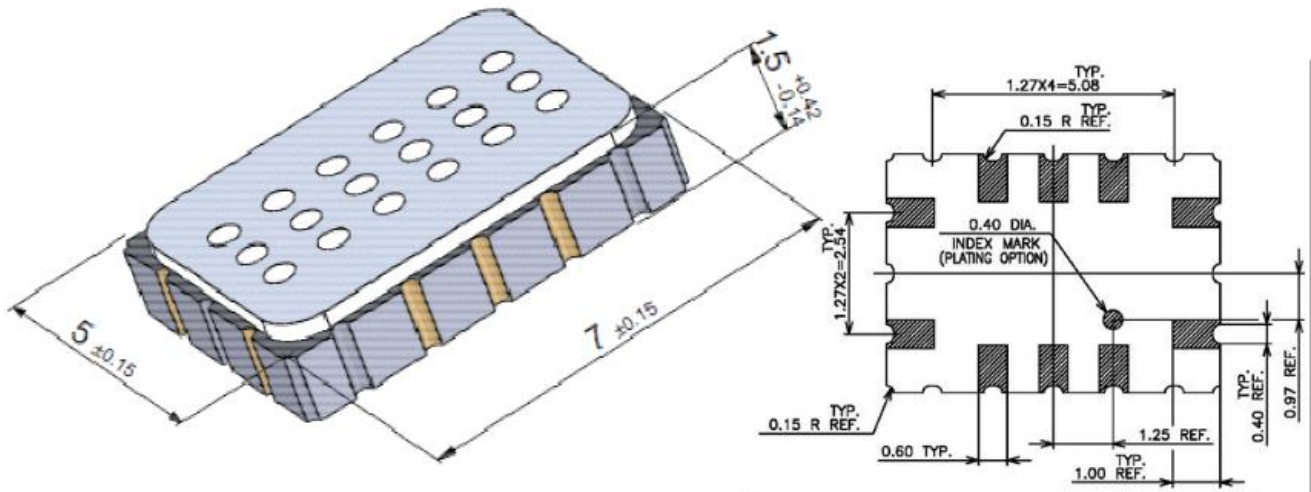


Figure 4 : Size Of The MICS-6814 Sensors Head

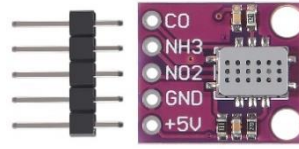


Figure 5 . MICS-6814 CO, NH3, NO2 Gas Measurement Sensor

The MICS-6814 is a highly sensitive electrochemical gas sensor designed for detecting multiple gases, including carbon monoxide (CO), nitrogen dioxide (NO₂), sulfur dioxide (SO₂), and ozone (O₃). It is specifically tailored for air quality monitoring applications, making it ideal for integration into unmanned aerial vehicles (UAVs) for real-time pollution data collection.

The MICS-6814 sensor offers precise detection of these harmful gases, contributing to a comprehensive analysis of air quality in both industrial and residential areas. Its ability to measure gas concentrations with high accuracy is crucial for understanding the environmental and health impacts of air pollution. Additionally, its compact design allows for easy integration into UAV systems, providing a portable and efficient solution for large-scale air quality monitoring



Figure 6. PMS5003 Digital Particle Concentration Sensor

The PMS5003 is a compact and reliable particulate matter (PM) sensor designed to monitor air quality by detecting concentrations of particulate matter in the air. Based on a laser scattering principle, the PMS5003 provides accurate measurements of particulate sizes, including PM1.0, PM2.5, and PM10, making it a versatile sensor for environmental monitoring and IoT applications. Its ability to deliver real-time data with low power consumption and high accuracy makes it an ideal choice for air quality monitoring systems, wearable devices, and smart home applications. The sensor is easily integrated into embedded systems, offering serial communication for seamless data acquisition and analysis.



Figure 7. Orangecube We Have Been Using

Connector Assignments

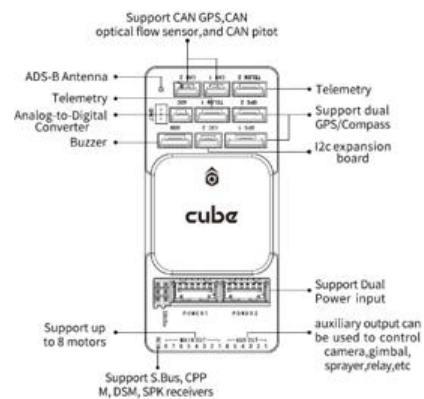


Figure 8. Orangecube Connector Assignment

The OrangeCube microcontroller board, based on the STM32 series, offers a versatile and compact solution for embedded systems and IoT applications. Its high processing power, ample memory, and flexible I/O options make it ideal for real-time control systems, including robotics and UAVs.

For this specific application, the OrangeCube will be used in conjunction with a GPS module for telemetry, enabling the autonomous operation of an aerial vehicle. The microcontroller will process GPS data, control navigation, and execute flight commands, facilitating the vehicle's autonomous flight. The OrangeCube's compatibility with various communication protocols and development platforms ensures seamless integration with the UAV system, making it a key component for building reliable and efficient autonomous flight systems.

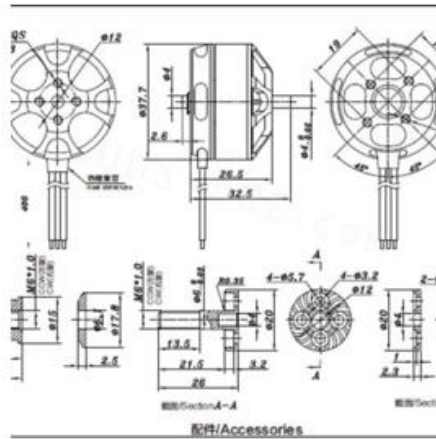




Figure 12. Here 3 GPS Picture

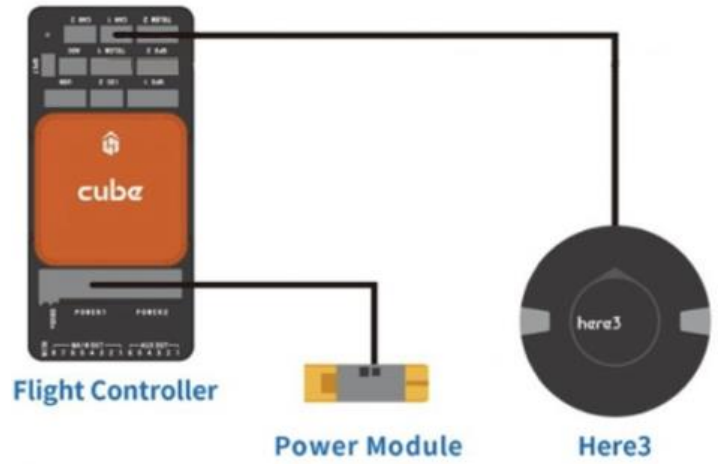


Figure 13. Here 3 GPS Connection

As I mentioned about GPS before in my write. We use a GPS which called "Here 3", module stands out as a highly reliable and precise positioning system, ideal for advanced UAV and robotics applications. Supporting multiple GNSS constellations and featuring RTK compatibility, it provides Centimetre-level accuracy for demanding navigation tasks.

With its robust CAN communication protocol, integrated compass, and weather-resistant design, the Here 3 ensures seamless operation in diverse environments. This module's compatibility with flight controllers like OrangeCube makes it an excellent choice for autonomous aerial systems, enhancing stability and precision in navigation.

4. RESULTS AND DISCUSSIONS

This study successfully demonstrated the significant advantages of using autonomous UAVs for industrial air pollution monitoring in Konya, Turkey. The rotary-wing UAV, equipped with advanced components such as the MICS-6814, PMS5003 sensors, OrangeCube flight controller, SunnySky motors, and powered by a LiPo battery, enabled comprehensive, real-time data collection on critical pollutants, including nitrogen oxides (NO_x), sulphur oxides (SO₂), ozone (O₃), carbon monoxide (CO), and particulate matter (PM2.5 and PM10).

The UAV's ability to navigate multiple altitudes and locations provides a dynamic and precise assessment of air quality, overcoming the spatial limitations of traditional stationary monitoring systems. This capability allows for a more detailed understanding of pollution hotspots in industrial zones, facilitating targeted mitigation strategies. The comparative analysis with data from Konya Metropolitan Municipality's monitoring stations validated the accuracy and reliability of the UAV system, emphasizing its role as a complementary or alternative monitoring solution.

The practical benefits of this project are substantial. It contributes to the development of evidence-based environmental policies by providing high-resolution pollution data, supports industrial stakeholders in meeting environmental standards, and raises public awareness about air quality issues through a user-friendly web interface. Furthermore, the flexibility and mobility of the UAV system offer a scalable model for other regions facing similar challenges, making it a valuable tool for environmental management.

In addition to these immediate benefits, the project aligns with the United Nations' Sustainable Development Goal 13 (Climate Action), showcasing the innovative application of autonomous systems in addressing global environmental challenges. By advancing air pollution monitoring capabilities, this UAV system fosters sustainable practices, aids in reducing health risks associated with poor air quality, and enhances efforts to combat climate change. Ultimately, it represents a significant step forward in leveraging technology for environmental sustainability and public well-being.

REFERENCES

- [1] Akıllı Şehirler Portalı. “Hava Kalitesi İzleme Sistemi.” [Online]. Available: <https://www.akillisehirler.gov.tr/proje-envanteri/konya-hava-kalitesi-izleme-sistemi/>. Accessed: Nov. 1, 2024.
- [2] ArduPilot. “Ardupilot Documentation.” [Online]. Available: <https://ardupilot.org/ardupilot/>. Accessed: Nov. 4, 2024.
- [3] Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü. “Akıllı Şehir Rehberlik Uygulamaları Projesi.” [Online]. Available: [58-Çevre Kirliliği İzleme Sistemi.pdf](#). Accessed: Oct. 28, 2024.
- [4] Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. “Kirlетici Parametreler ve Limit Değerler.” [Online]. Available: <https://kiathm.csb.gov.tr/mevzuat/kirletici-parametreler-ve-limit-degerler/>. Accessed: Nov. 1, 2024.
- [5] Konya Açık Veri Portalı. “Selçuklu İstasyonu Hava Kalitesi Ölçüm Değerleri.” [Online]. Available: <https://acikveri.konya.bel.tr/dataset/selcuklu-istasyonu-hava-kalitesi-olcum-degerleri>. Accessed: Nov. 5, 2024.
- [6] Konya Açık Veri Portalı. “Karatay İstasyonu Hava Kalitesi Ölçüm Değerleri.” [Online]. Available: [Selçuklu İstasyonu Hava Kalitesi Ölçüm Değerleri - Veri Seti - Konya Büyükşehir Belediyesi Açık Veri Platformu](#). Accessed: Nov. 5, 2024.
- [7] Taşlı, M., and Karakoyun, M. 2022. “Mobil Uygulama Kontrollü Dron ile Otonom Sipariş Dağıtımı.” *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, vol. 42, pp. 146-150.
- [8] United Nations. “Sustainable Development Goals.” [Online]. Available: <https://sdgs.un.org/goals>. Accessed: Nov. 4, 2024

Deep Learning-Based Occupancy Monitoring for Public Spaces

¹Sariye ARICI, ²Hayrunisa POLAT, ³Merve ÖZTÜRK, ⁴Zelal YILMAZ, ^{5*}Ali ÇETİNKAYA

^{1234*} Department of Electric Computer Engineering, Selçuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya
1233301039@ogr.selcuk.edu.tr, 2233301002@ogr.selcuk.edu.tr, 3233301011@ogr.selcuk.edu.tr, 4233301031@ogr.selcuk.edu.tr

⁵Department of Electrical and Energy, Konya Technic University of Technical Sciences Vocational School Technology, Selçuklu, Konya

^{5*}ali.cetinkaya@selcuk.edu.tr

Abstract – This study focuses on the development of a web-based appointment system that detects occupancy in shared spaces, such as libraries and cafes, using image processing and artificial intelligence. The system tracks individuals entering and exiting an area in real-time, providing reports on occupancy levels. Designed for low cost and high accuracy, it operates efficiently on standard CPUs. The implementation utilizes Python with OpenCV for image processing and the MobileNet-SSD model with Caffe for person detection. Enhanced tracking accuracy is achieved through centroid tracking and correlation filters. Tests reveal that the system achieves over 94% accuracy and processes real-time video streams at 25–35 frames per second. Results are displayed to users via an intuitive interface and tabular reports, making it a practical tool for managing shared spaces.

Keywords – Occupancy Detection, Real-Time Tracking, Image Processing, Deep Learning, People Counting

INTRODUCTION

Today, especially during busy hours, time is wasted in cafes, libraries or other public places, and users largely rely on guesswork when deciding whether to go or not, which leads to an inefficient and stressful experience. Our project aims to provide peace and justice by detecting the instant occupancy rates in different places (cafes, libraries, restaurants, shopping malls, offices, etc.) with image processing techniques and artificial intelligence-based analysis and conveying this data to users.

Users will use their time wisely by determining peak hours. Respecting privacy and security, the number of people and the occupancy rate are analyzed without recognizing the users and determining their identities. It is mobile compatible. Confusion is prevented with the appointment system, and we make the business easier by ensuring order in the cafe. This will allow businesses to increase customer satisfaction and be managed more efficiently.

We aim to provide the most efficient use of areas by accurately and reliably transferring the occupancy rate to the user with artificial intelligence-supported image processing technologies. Our project aims to reduce time loss by 30-40% by providing users with instant information about occupancy rates in the places they visit. Users instantly view empty areas and make their settlements accordingly.

In the algorithms developed on Python, OpenCV will be used for standard computer vision/image processing functions and MobileNet-SSD (Single Shot Object Detection) and Caffe (Convolutional Architecture for Fast Feature Embedding) models, which are deep learning methods, will be used to detect people to be counted. In order to track the detected people with improved tracking accuracy, two different object tracking algorithms, including both centroid tracking and correlation filters, will be used. Due to the high accuracy provided by deep learning techniques and the processing power limits overcome with developing technology, it can be evaluated as a reasonable decision for future people counting Technologies

MATERIALS AND METHOD

A system was designed to determine the direction of people's movement using an overhead camera image and count people as they cross a virtual line [1]. With the camera placed on top, the occlusion problem that may occur when groups of people pass through the camera's field of view is prevented and a space-time image is used to determine the direction of people.

Using a special imaging system (IR-sensitive ceramics, mechanical joinery and IR-clear lenses) in the Hashimoto system, they developed a system that can count people passing through a 2-meter door with 95% accuracy [2]. The system needs a minimum of 10 cm separation to distinguish two separate people passing side by side. Tesei uses image segmentation to track people and manage occlusions, and background discrimination to extract regions of interest [3].

They use the area of the blob, the height and width, the bounding box area, the perimeter, and the average gray level to track the blob.

By memorizing all these features over time, the algorithm solves the problem of merging and separating bubbles caused by occlusion. When the bubbles merge during occlusion, a new blob is created with other features. However, this new blob stores the data from the features of the bubbles that created it. When the blob is separated back, the algorithm can assign the original labels to the original blob.

As a simple and effective approach, Sexton uses a simplified segmentation algorithm [4]. They tested their system in a Parisian train station and got an error between 1% and 20%. Their system uses a simple background subtraction method to isolate people from the background and only takes the centroids of the drops to match between frames.

To increase the robustness of the system, the background model is continuously updated, reducing the effect of environmental changes on the system. The camera is suspended from an overhead position, which reduces occlusions and simplifies the drop detection problem. Another approach, which focuses on post-segmentation image processing, extracts the drops using a simple background subtraction method and then tracks their features between frames [5].

The paths of each drop are stored and used to detect the intersection point and direction when crossing a virtual line. This system does not deal with occlusion problems, so its performance is greatly reduced in crowded environments. The performance of the path intersection algorithm was also negatively affected in crowded environments. Haritaoğlu adopted a different method to deal with the problem of real-time tracking of people [6].

They use a background subtraction based on color and pixel intensity to segment the foreground. Pixels are divided into three different groups: foreground, background, and shadow. The foreground regions are divided into individual people using two motion constraints: temporal and global. To track individuals, the algorithm uses an appearance model based on color, edge intensities, and the average shift tracker. Gary Conrad and Richard Johnsonbaugh use a head-mounted camera to simplify the occlusion problem [7].

Instead of using background subtraction to overcome the problems of illumination changes, they use consecutive frame differences. Due to their limited computational power, their algorithm is designed to move only in a small rectangular area of the image. They were able to achieve 95.6% accuracy on 7491 people. Toyama presents an adaptive system for background maintenance. A pixel-level component that performs the Wiener filter estimates the expected background. A comparison of the system with other algorithms, a region-level component that fills homogeneous regions of foreground objects and a frame-level component that detects sudden, global changes in the image, allowed them to establish five basic maintenance principles [8].

People Counting with Deep Learning Architectures

Current studies and applications in the field of deep learning help to overcome the difficulties encountered with classical methods in people counting systems. In classical methods, Separating features required a large amount of experience and experimentation.

However, by modeling the human visual system with convolutional neural networks, high accuracy results can be obtained in real time in computer vision techniques, the usability of the different models and libraries developed for this purpose can be operated at a single point with OpenCV, the usability of these techniques has increased. With these models, features belonging to images can be learned with the need to select features in deeper layers. Features of images can be learned with a cross-scene method using a deep convolutional neural network model. The training data contains two objectives, person counting and person detection [4].

Boominathan and his colleagues proposed the CrowdNet system, again using a convolutional neural network model. They used deep networks and convolutional neural networks together to estimate the density map of an area. With this model, semantic information (body, face) could be captured. Data augmentation closed the gaps in the training samples. With the first data augmentation, the problems in multi-person sampling were solved, and with the second, it

was tried to reduce the errors and improve the performance of the model for dense situations. The deep learning architecture here is similar to the VGG-16 network [5].

In 2016, Z hang and his colleagues applied a convolutional neural network structure to estimate the number of people with images created from changing perspectives. The multi-layered convolutional neural network model maps the image to a multi-density map. The important feature of this structure is that it allows input at arbitrary resolution and size. With various filters, the features corresponding to the changes in the image are learned. Thus, with this method, it is possible to prevent distortions in the image of any size [6].

Onoro has developed a model called Hydra convolution al neural network (Hydra CNN) and a scale-based counting model. With this system, which includes all deep and convolutional neural networks, the person density can be calculated. The CCNN (counting convolutional neural network-CNN) model, which consists of a six-layer structure, reaches the goal by processing these layers in parallel. It is considered a successful model in counting objects and people [7].

Computer Vision Tools

In this project, Python-based OpenCV was used for image processing, and the MobileNet-SSD model running on the Caffe framework was used for person detection. While OpenCV provided basic operations such as processing images from video streams and object detection, MobileNet-SSD performed real-time person detection with its low-cost and lightweight structure.

Database systems such as MySQL were used for data processing and storage. In addition, MATLAB was used in mathematical analysis and algorithm development processes. Center tracking algorithms and correlation filters were applied to increase tracking accuracy; these tools enabled the system to operate at 25-35 frames per second and provide over 94% accuracy.

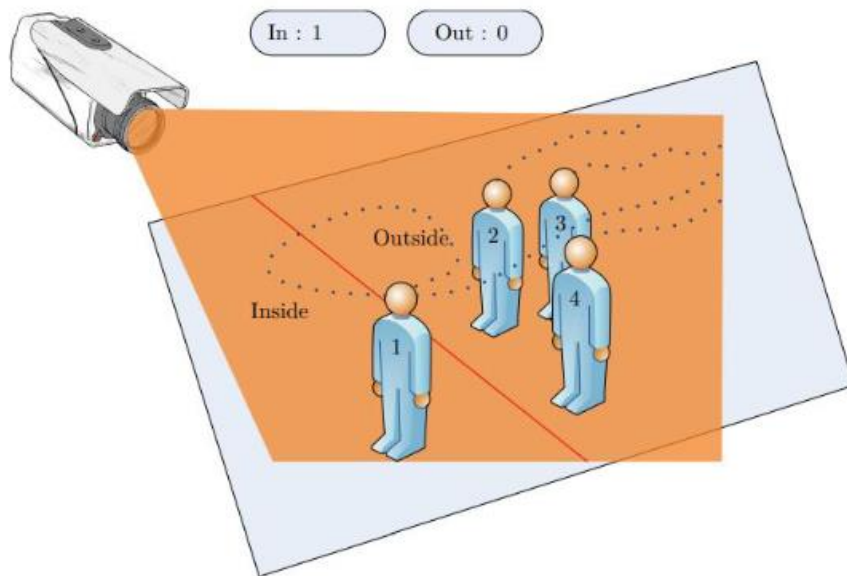


Figure 1. People counting camera as computer vision application

OpenCV Libraries

- Numpy: NumPy is the foundational package for scientific computing with Python. Among other things:

an advanced N-dimensional array object for integrating useful linear algebra, Fourier transform, and random number capabilities into C/C++ and Fortran code and sophisticated (broadcast) function tools. In addition to its open scientific

uses, NumPy is an efficient multidimensional generic data container. Arbitrary data types can be defined. This allows NumPy to integrate seamlessly and quickly with a wide range of databases.

- **Dlib:** Dlib is a modern C++ toolkit that includes machine learning algorithms and tools for building complex software in C++ to solve real-world problems. It is used in a wide range of areas, including robotics, embedded devices, mobile phones, and large high-performance computing environments, both in industry and academia. Dlib's open-source license allows you to use it in any application for free.
- **Imutils:** A set of utility libraries that facilitate basic image processing functions such as translation, rotation, re sizing, skeletonization, and easier viewing of Matplotlib images with OpenCV.
- **Date-time:** The Date-time module provides classes for manipulating dates and times. While date and time arithmetic is supported, the focus of the application is on efficient feature extraction for output formatting and manipulation.
- **Collections:** This module implements special container data types that provide alternatives to Python's general-purpose built-in containers, dicts, lists, sets, and tuples.
- **Math:** This module provides access to mathematical functions defined by the C standard. These functions cannot be used with complex numbers;
- **Matplotlib:** This is the main Python library we use for data visualization. It allows us to make 2D and 3D drawings. While Matplotlib is generally used in 2D drawings, other libraries are used in 3D drawings.

Object Detection / Object Tracking with Open-CV

Before people counting systems, the basic differences between object tracking and object detection and their use together should be understood in theory. When we apply object detection, we determine where an object is in the image / frame. An object detector also requires more computationally work than an object tracking algorithm and is therefore slower. Examples of object detection algorithms include deep learning-based object detectors such as Haar, YOLO and Single Shot Detectors (SSDs). Objects can be taught to classifiers using deep learning methods. The template matching method performs the matching process by cycling through all the pixels in the source image to find the searched image template. On the other hand, an object tracker accepts the (x, y) coordinates of the location of an object in the image and assigns a unique ID to the object in question. It tracks an object as it moves through a video stream by estimating the new object location in the next frame based on various attributes of the frame (gradient, optical flow, etc.). Highly accurate object trackers combine the concept of object detection and object tracking into a single algorithm, usually divided into two stages.

- **Stage 1-Detection:** In the detection stage, the object tracker is run to detect whether new objects enter our view and in the tracking stage, to see if it can find “lost” objects. For each detected object, an object tracker with new bounding box coordinates is created or updated. Since our object detector requires more computation, this phase is run once every N^2 .

- **Stage 2-Tracking:** When not in the “Detection” stage, we switch to the “Tracking” stage. For each detected object, an object tracker is created to track the object as it moves around the frame. The object tracker should be faster and more efficient than the object detector. The tracking continues until the nth frame is reached and then the object detector is run again.

The benefit of this hybrid approach is that highly accurate object detection methods can be implemented without a large amount of computational burden.

Deep Learning and Open-CV

With the Open-CV 2.4 version, many developments in deep learning were introduced. The ability to import models created with different libraries for image classification, the ability to create different classifier networks, the

ability to create models, etc. With the OpenCV 3.3 version, an almost final distribution was created and support was provided for structures such as Caffe, TensorFlow, Torch DarkNet. Support is provided for popular networks such as Alex Net, GoogLeNet, ResNet, SqueezeNet, VGG, ENet, VGG-based SSD, MobileNet-based SSD. In this project, the most up-to-date version to date, 3.4, was used.

System Design

The proposed system for people counting mainly includes the steps shown in . In the first step, frames are obtained and background estimation is done, in the second step, people are detected, in the third step, tracking is done and finally people are counted.

Tracking is done to create people's trajectories. Thanks to the descriptions of the trajectories, counters are updated. These algorithms are compiled on the OPENCV program.

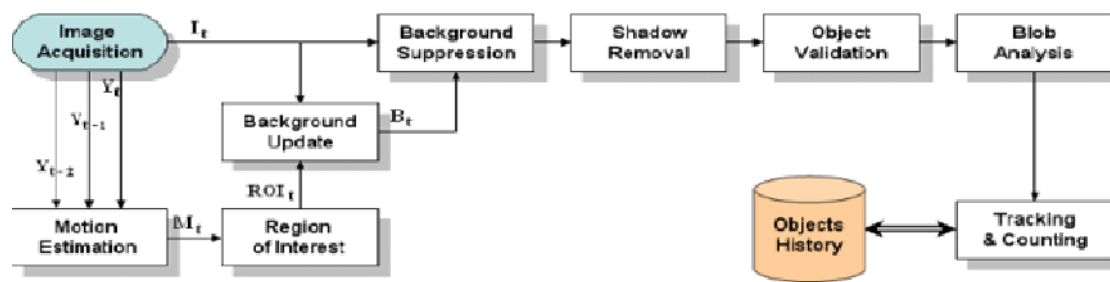


Figure 2. System flow chart

For the counting to work correctly, the background of the system must be updated correctly and people must be introduced successfully. In our system, background modeling is divided into two stages: comparison stage and update stage. In the comparison stage over a certain number of frames, the minimum/maximum intensity values of each pixel of the image are obtained and in the update stage, the background is updated with the equations of the comparison stage and update stage.

To obtain a better foreground, morphological operations are applied to the difference frame obtained by subtracting the background from the current frame. The first difference image is threshold-ed to obtain the binary foreground image. After thresholding, Dilation is applied to fill the small holes produced by it.

Different paths are constructed by tracking the detected people. In this case, the camera capture speed must be sufficient for the individual movements in consecutive frames to be linear in time for tracking people. Here, the movement of people is considered linear, so the Kalman filter is very suitable for tracking. Therefore, the estimates provided by the Kalman channel were used. The state variables for the Kalman filter to construct the people's states are as follows.

There is not necessary to know the person's real position and speed, the person can be tracked according to his/her position and speed in the image. Kalman Filter is a modified linear and recursive method divided into two stages. The estimation stage estimates the movement, while the correction stage corrects the errors in the predicted movement by the estimation stage. Different algorithms have been proposed to count people entering and exiting the monitored area. First, there are two types of techniques, namely single reference line and second, multiple reference line. The single reference line method will be used in this project. When the person enters the monitored area, the trajectories of that person are generated and counted by directing them. Then, this information will be transmitted to the end users via the internet by the processor through the interface system, a sketch of which is shown in Figure1.

Camera Placement

Using a general camera is usually the best option to avoid blockages when groups of people pass through the camera's field of view. This placement should be preferred whenever possible.



Figure 3. Camera placement

Shadow Segmentation

This process is critical in our system, because without it we cannot distinguish shadows from their owners. A color model that separates brightness from chromaticity in the RGB color space is proposed [8].

In this model, the background image is first statistically modeled pixel by pixel. Then, each pixel i can be represented by the expected color E_i , its standard deviation s_i , and its current color I_i . The difference between I_i and E_i is decomposed into the brightness (α_i) and chromaticity CD_i components.

In this study, a system is designed that detects people entering and exiting an area, reports total entry and total exit data, and can run in real time on a standard CPU in order to track the density of people in a certain area. In the algorithms developed on Python, OpenCV was used for standard computer vision/image processing functions, and deep learning structures MobileNet and SSD (Single Shot Object Detection) Caffe (Convolutional Architecture for Fast Feature Embedding) model were used to detect people to be counted. Using these two techniques together greatly increases real-time performance on devices with limited resources. In order to track the detected people with improved tracking accuracy, two separate object tracking algorithms were used, including both centroid tracking and correlation filters.

The working steps of the algorithm are listed as follows;

- i. A video stream or any recorded video is loaded into the system in real time.
- ii. Object Detection Module: Bounding boxes are determined using SSD object detector. Afterwards, MobilNet is passed through the Caffe convolutional neural network and by comparing the inputs with the trained model, an estimate is obtained as to whether the object is a human or not. At this point, estimates with low weight percentages are filtered in order to sharpen the results. Objects that are determined to be people are assigned their identities.
- iii. Object Tracking Module: Centroid tracking and correlation techniques are used with the dlib library for object tracking. By examining the correlation status of the positions of the objects whose centers of gravity are determined and whose identities are assigned in the previous frame in each frame, it is assumed that the person is heading to the most probable distance. In this way, the movement directions of the people can be tracked.
- iv. On the interface, identity information is assigned to the centroids of the defined person objects and each person is recorded in the database in the background and people who cannot be detected in 40 consecutive frames are removed from the system.
- v. While the system is running, total input and output data is instantly printed on the screen. A person/time report is created by terminating the system.

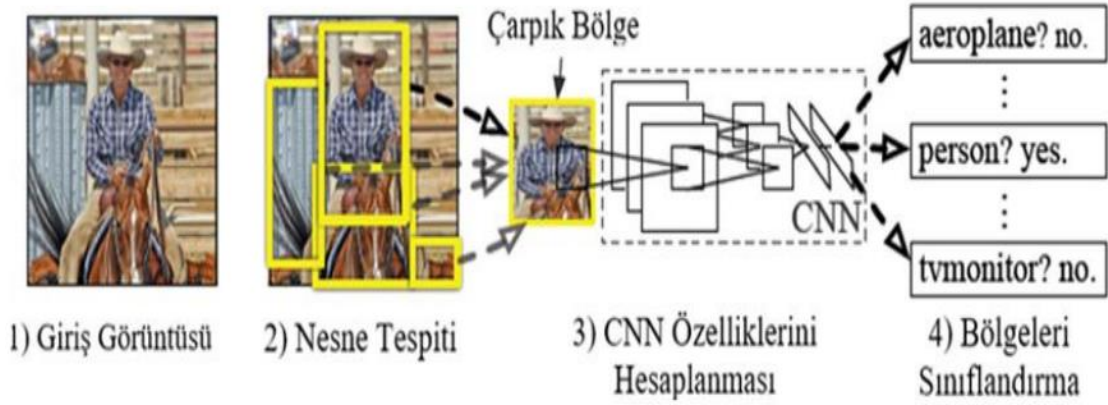


Figure 4. Shadow Segmentation



Figure 5. Screenshot

RESULTS AND DISCUSSIONS

The project process, which started with an in-depth research on people counting technologies, ultimately found that the problem of tracking the number of people in an environment could be solved with the help of cameras placed at the entrances and exits or security cameras. As a result of the studies within the scope of the project, the designed algorithm uses deep learning object detectors (Mobile-Net and SSD) for improved person detection accuracy and two separate object tracking algorithms, including both centroid tracking and correlation filters for improved tracking accuracy, and a system that can run in real time on a standard CPU, can track people entering or disappearing from the image by applying both “detection” and “tracking” stages, and can obtain entry and exit data to an area in line with their movement directions. In order to evaluate the developed system, some analyses were performed on a series of images obtained from the internet. Since the accuracy results obtained were quite close to the desired final sensitivity, the result was evaluated as satisfactory. However, since there are various scenarios that need to be addressed in order for the system to be evaluated correctly in all previously defined situations, the testing process should be continued with future studies. The main problem to be solved is that background pixels can be detected incorrectly due to various light sources and shadows. In a one-minute test video, the system works with 5-8% error rates. According to the results, the system can track the density of people in closed areas such as stores, restaurants, shopping malls, classrooms, etc. It can also work in crowded places such as airports and train stations, if it can detect the whole body and there is not too much congestion.

REFERENCES

- [1] G. Sexton, X. Zhang, G. Redpath, and D. Greaves, "Advances in automated pedestrian counting," in Proc. European Convention Security and Detection, 1995, pp. 106–110.
- [2] J. Segen, "A camera-based system for tracking people in real time," in Proc. 13th Int Pattern Recognition Conf, vol. 3, 1996, pp. 63–67.
- [3] Terada K., Yoshida D., Oe S., Yamaguchi J., "A Counting Method of the Number of Passing People Using a Stereo Camera".
- [4] Chang Q., Song Z., Shi R., Xu J., "A People counting method based on multiple cameras information fusion", 2013.
- [5] J. Shao, K. Kang, C. C. Loy, X. Wang, "Deeply Learned Attributes for Crowded Scene Understanding", In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'15), 4657-4666, 2015.
- [6] Y. Zhang, D. Zhou, S. Chen, S. Gao, Y. Ma, "Single Image Crowd Counting via Multi-Column Convolutional Neural Network", Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'16), 589-597, 2016.
- [7] D. O'norro, R. R. Lopez-Sastre, "Towards Perspective-Free Object Counting with Deep Learning", Computer Vision-ECCV 2016: 14th European Conference, Amsterdam, The Netherlands, 2016.
- [8] C. Zhang, H. Li, X. Wang, X. Yang, "CrossScene Crowd Counting via Deep Convolutional Neural Networks", In Proceedings of the IEEE XI Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'15), 833-841, 2016.
- [9] Satish D. Pore, B. F. Momin, "Bidirectional People Counting System in Video Surveillance", 2017.
- [10] G. Monteiro, J. Marcos, M. Ribeiro, and J. Batista, "Robust segmentation for outdoor traffic surveillance," in Proc. 15th IEEE Int. Conf. Image Processing ICIP 2008, 2008, pp. 2652–2655.

Mobile Application Notifying University Students and Academics about University Events (UBI)

^{1*}Ayşe Nur YÜZÜGÜLLÜ, ²Fatma Betül TERZİOĞLU, ³Beyza MUTLU, ⁴Mehmet Fikret MİRALOĞLU, ⁵Sema SERVİ

^{1,2,3,4,5}Department of Computer Engineering, Selcuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

^{1*}213301041@selcuk.edu.tr, ²193301096@selcuk.edu.tr, ³213301055@selcuk.edu.tr, ⁴213301078@selcuk.edu.tr, ⁵semaservi@selcuk.edu.tr

Abstract – With the development of the digital revolution, mobile applications offer various opportunities to individuals. The rapidly developing mobile world is now with individuals at every step. A university notification application was developed to provide opportunities for individuals who care about their academic and personal development. This mobile application provides individuals with notifications about scientific events (symposiums, conferences, hackathons, etc.) organized on national and international platforms. This cross-platform mobile application, developed using Flutter and Firebase, processes event data obtained from the websites of universities in Turkey through BeautifulSoup and Selenium libraries. This application provides real-time data synchronization and user authentication. By designing a user-friendly interface with Figma, event information is presented to users in Turkey where there is no centralized access to academic event information.

Keywords – AcademicEvent, Notification, Mobile Application, Socialize, Flutter, RecommendationAlgorithm

INTRODUCTION

The UBI mobile application aims to overcome the shortcomings such as academic and scientific event announcements organized in universities and institutions not reaching students and academics. The target audience of the project is university students, academic staff and individuals who want to improve themselves scientifically. With the application, it is aimed to provide users with event notifications according to their interests and thus contribute to their personal and professional development.

The aim of the project is to ensure that users are informed about academic and scientific events in the easiest and fastest way, to encourage their participation in these events and to contribute to expanding their social circles. In addition, it enables participants to meet experts in their fields and the certificates they earn from the events have a positive impact on their professional lives.

When the literature studies were examined, it was seen that the existing applications generally offer general events such as concerts and theater, but there is no special application for academic and scientific events. “UBI” application has emerged to overcome this deficiency. In addition to providing users with event notifications, the app will customize their experience by using recommendation algorithms based on their personal interests. The uniqueness of the application is that it will provide users with customized recommendations and will fill an existing gap in this field.

MATERIALS AND METHOD

In this section, the development process of the “UBI Mobile Application” project, which aims to ensure that users are informed about academic and scientific activities in the easiest and fastest way, is detailed. The interface design we used for our mobile application named UBI, the dart language and flutter framework preferred for its software, firebase database and web scraping processes are explained [1].

Interface Design

The user interface (UI) of the UBI application was designed to optimize user interaction and ease of navigation. Using Figma, a popular UI/UX design tool, the design process started with wireframe drawings to outline the basic layout and user flow [2].

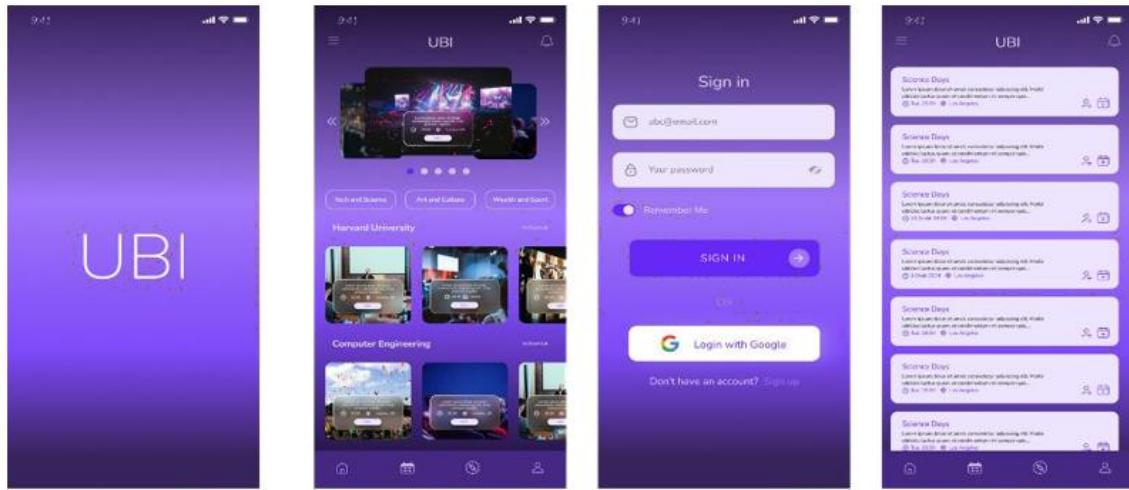
As [Jones & Taylor, 2020] emphasizes, “well-structured design systems not only improve usability, but also promote a seamless user experience.” These principles have guided the transition from conceptual designs to interactive prototypes. Interface designs are given in figure 1.



(a)



(b)



(c)

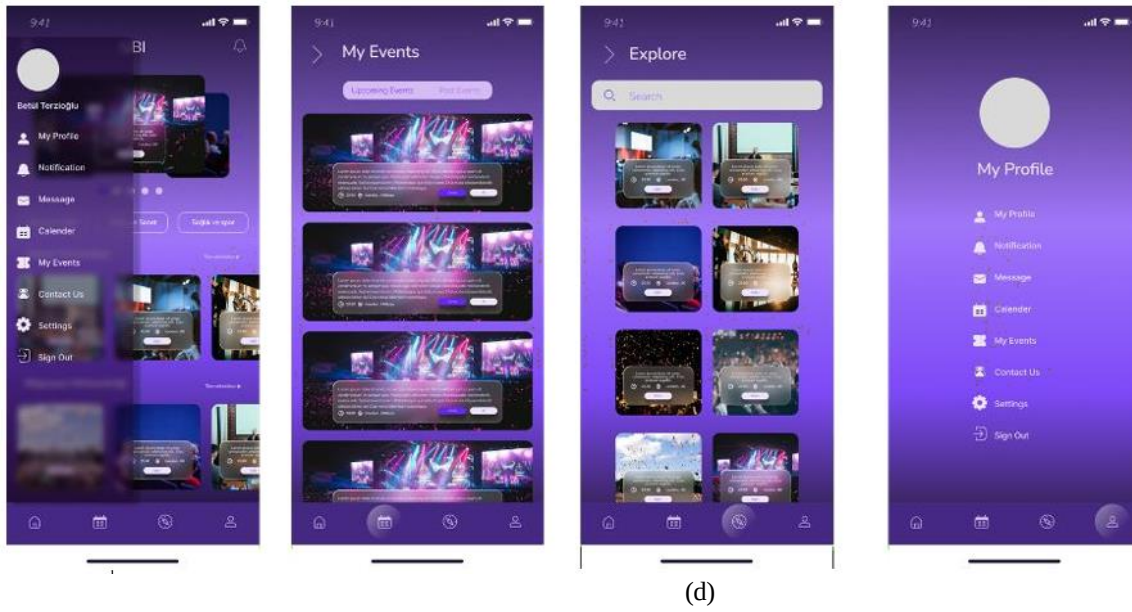


Figure 1. (a), (b) UBI Mockup ; (c), (d) UBI Pages

Frontend Development

Flutter enables fast development of user interfaces for both iOS and Android platforms with a single code base. It simplifies the development process with its rich widget library and powerful performance. In addition, its large community and supportive ecosystem gives developers easy access to the resources they need. With these features, Flutter has become our preferred mobile framework for mobile app development.

In the home page design, users can easily access the application services, realized and planned events. The “Calendar” button at the bottom of the page allows users to browse upcoming events and past events. The “Explore” button allows users to access other events and directly access the events they are curious about by entering the event name, while the “Profile” button allows users to access their own profile and access other features. In addition, the category buttons on the home page allow users to access the events of the categories they are interested in in a practical way [3].

Backend Development

The backend was developed using technologies such as Firebase, Firestore and Python.

Firebase is a platform developed by Google that offers cloud-based solutions. It enables developers to develop mobile and web applications quickly and efficiently by offering many features such as secure data storage, authentication, real-time data processing, and sending notifications. Firebase also facilitates and accelerates application development processes by gathering analytics, data storage, hosting and various other services that users need on a single platform. Firebase played a critical role in the backend infrastructure of the project. Firebase offers cloud-based data management to mobile and web developers, enabling databases to be used securely, quickly and effectively. With Firestore and Firebase Authentication, user data was stored securely and authentication processes were successfully performed [4].

was realized. Firebase's real-time data processing capability allowed instant notifications to be sent to users and accelerated the participation process. Data scraping was performed with the BeautifulSoup library. BeautifulSoup is a library written in Python programming language and is used to parse, analyze and process HTML and XML data. This library is used to easily extract and structure data from web pages. In the project, event data collected from different websites was processed with BeautifulSoup and imported into Firebase database. In this way, users can easily access a wide network of events and get instant information about related events. From a technical point of view, the MVVM

(Model- View-View-Model) architecture separates the business logic and interface layers of the application, which increases the sustainability and extensibility of the application [5]. MVVM manages the user interface (View), business logic (ViewModel) and data-related operations (Model) independently. The Model includes functions such as data processing and database access, while the View manages the user interface, reacting only to data display and user interactions. The ViewModel acts as a bridge between the Model and the View, providing data in an appropriate format and communicating user interactions to the Model. Thanks to this separation, the code of the application has become more organized and maintainable, and maintenance and expansion processes have been simplified. Thanks to the cloud-based solutions provided by Firebase, data security has been ensured and the system has become scalable. The recommendation system developed within the scope of the project was integrated into Firebase to provide personalized activity recommendations to users. The recommendation system uses users' static and dynamic profiles to recommend activities that match their interests, providing a customized experience for each individual.

Web Scraping Techniques

Within the scope of the project, web scraping method was used to collect event data from university websites. This process provided access to important information about seminars, conferences and other events organized by various faculties and student societies of universities, such as date, topic, location and organizer.

Python programming language and BeautifulSoup and Selenium libraries were used. BeautifulSoup is preferred for parsing HTML elements in static pages [6]. Selenium was used in cases where data and user interactions on dynamic pages were required.

Event data was extracted from static pages using BeautifulSoup. In particular, HTML elements containing event listings and announcements were identified and data such as title, date and location were parsed within these elements.

Selenium was used to navigate and extract data from dynamic pages. For example, only a few events were displayed on the event pages of some universities, and more data was accessed by clicking on buttons such as “show more” [7].

Since the data obtained during web scraping was extracted in raw form, data cleaning processes were performed.

Empty or missing data were extracted.

The data were organized in columns such as title, date, location, organizing unit and detailed description and transferred to the table.

Analyses were made on the collected activity data and reports were made under categories such as frequency of activities, organizing faculties, and types of activities. It was made to be used in the application.

Results and Discussion

In conclusion, the UBI mobile application customized the announcements of academic and scientific events organized by universities and institutions according to the interests of the users. The application has made a significant contribution to the personal and professional development of users by increasing their awareness of and participation in such events. Moreover, thanks to the application's recommendation algorithm, each user receives recommendations tailored to their interests, maximizing the user experience. This project has met a need that is not present in the existing literature and has enabled academic-scientific events to be announced to a wider audience and filled the gap in this field.

REFERENCES

- [1] Bektaş, O. (2024). Augmented and virtual reality technologies in the presentation of architectural heritage: “Keşif Bursa” mobile software example and development process.
- [2] Camci, S. (2020). User Experience and Interface Design in Mobile Applications: E-Commerce Application (Master's thesis, Institute of Fine Arts).
- [3] Yurdaöz, E., & Ustun, A. B. (2023). Öğrencilerin Öğrenme Stillerini Ölçmeye Yönelik Mobil Uygulama Geliştirme. Bartın Üniversitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi, 7(2), 160-175.

- [4] Firebase. Firebase. Google. Accessed December 24, 2024. <https://firebase.google.com>.
- [5] Anderson, C. (2012). The model-view-viewmodel (mvvm) design pattern. In Pro Business Applications with Silverlight 5 (pp. 461-499). Berkeley, CA: Apress.
- [6] Real Python. "Beautiful Soup: Build a Web Scraper With Python." Accessed December 24, 2024. <https://realpython.com/beautiful-soup-web-scraper-python/>.
- [7] Selenium. "Selenium Documentation." Accessed December 24, 2024. <https://www.selenium.dev/documentation/>.

Converting and Reading an Analog Signal Into A Digital Signal Via a Microcontroller

¹Can KALENDER, ²Taha Yasin YAĞCI, ³Ünsal SALMAN

^{1,2,3}Department of Electric Electronic Engineering, Selcuk University Faculty of Technology 3rd year Student, Selçuklu, Konya
^{1*}cankalender2@gmail.com, ²taha.ysn.2003@gmail.com, ³223312038@ogr.selcuk.edu.tr

Abstract – In this article, it has become necessary to convert analog values that we use in daily life, such as temperature, pressure, flow measurements, into digital signals in order to make them more understandable and to prevent these values from being affected by noise. As a result of these difficulties, it was necessary to convert analog signals into digital signals with two states. This was done by microcontrollers and since these very complex structures convert analog signals into digital signals, LCD screens are used to make this value visible. Analog signals such as voltage are converted into digital signals by microcontrollers and reflected on the LCD screen with the necessary software codes. It is possible to do many examples like this.

Keywords – Microprocessor circuits, Microprocessor conversion, LCD screen projection

Özet – Bu makalede, günlük hayatta kullandığımız sıcaklık, basınç, akış ölçümleri gibi analog değerleri daha anlaşılır hale getirmek ve bu değerlerin gürültüden etkilenmesini önlemek için dijital sinyallere dönüştürmek gerekli hale gelmiştir. Bu zorluklar sonucunda analog sinyalleri iki durumlu dijital sinyallere dönüştürmek gerekmiştir. Bu, mikrodeneleyiciler tarafından yapılmıştır ve bu çok karmaşık yapılar analog sinyalleri dijital sinyallere dönüştürdüğünden, bu değeri görünür hale getirmek için LCD ekranlar kullanılmıştır. Voltaj gibi analog sinyaller mikrodeneleyiciler tarafından dijital sinyallere dönüştürülür ve gerekli yazılım kodlarıyla LCD ekrana yansıtılır. Bunun gibi birçok örnek yapmak mümkündür.

Anahtar Kelimeler – Mikroişlemci devreleri, Mikroişlemci dönüşümü, LCD ekran projeksiyonu

GİRİŞ

Mikrodeneleyicilerin tarihi, bilgisayarların tarihine paralel olarak gelişmiştir. Mikrodeneleyici, ilk olarak 1970'lerin başlarında Intel firması tarafından geliştirilmiştir. Bu gelişme, birçok diğer firmayı da mikrodeneleyici üretimi konusunda teşvik etmiştir ve günümüzde ilk çıkan mikrodeneleyiciye nazaran çok daha işlevsel ve kapsamlı olmuştur. Mikrodeneleyiciler için de de Arduino, kolay programlanabilmesi ve çok sayıda sensör ve modülle uyumluluğu nedeniyle özellikle hobi elektroniği alanında popülerdir.

Mikrodeneleyiciler farklı sensörler ve modüllerle birlikte kullanılarak birçok farklı projede de kullanılabilirler. Mikrodeneleyicilerin programlama bilirliliği sayesinde, kullanıcılar kendi özel projelerini tasarlayabilirler. Projelerin yapımı için, mikrodeneleyicilerin programlama dillerini öğrenmek ve gerekli bileşenleri bir araya getirerek devreler oluşturmak gerekmektedir. Bir devrenin gerilimini 0-5 VDC arasında değerlerini dijital olarak görüntülemek istersek kullanmamız gereken mikrodeneleyici C kodu analogRead komutudur bu komut analog olarak verdiğimiz sinyali okur bu değer giriş gerilimi olan 5 voltun 1023 analog değerine bölünmüş halinin çarpılması ile olur. Bunun gibi uygulamalar ve komutlar aracılığı ile sıcaklık, basınç, ışık yoğunluğu gibi projeler yapmak da mümkün.

Analog bir bilgi, sonsuz ani değerler toplamıdır, Analog bir bilginin değerlerlenin toplanması ve bu değerlerin saklanması, oldukça güç bir işlemdir, Analog bilgi değerlerinin saklanması için, önce bu değer sayısına dönüştürülmesi gerekmektedir. [1]. Bir mikroişlemci görevini yerine getirebilmesi için mutlaka, verilerin saklanacağı bellek birimine, dış dünyadan veri alışverişinin düzenli yapılmasını sağlayan giriş/çıkış birimine ihtiyaç duyar. Bunlar bir mikroişlemcili sistemde ayrı ayrı birimler (entegreler) şeklinde yerini alır. Bundan dolayı mikroişlemcili sistemlere çok entegreli sistemler denilir. • Bilgisayar aynı anda milyonlarca işi yapabildiğinden ve çok yer kapladığından böyle yerlerde kullanılması mantıklı olmaz ve maliyetli olur. Bundan dolayı, sistemi meydana getiren elemanların birçok özelliklerinden feragat edilerek ve bir entegrede birleştirilerek mikroişlemcilerin yeni türevleri (mikrodeneleyiciler) oluşturulmuştur. [2,3]

Günümüz teknolojisindeki olağanüstü gelişmeleri tüm uygulamaları sayısal denetimi gerektirmektedir. Bunun temel nedeni, programlama olanağının bulunması, programlandıktan sonra dış müdahaleye gereksinim göstermemesi ve birçok işlemi hızlı bir şekilde yapabilmesidir. Sayısal teknik tüm endüstriyel uygulamaların gelişmesine önayak olduğu gibi kendi teknolojisini de geliştirmektedir.[4].

Günlük yaşamda otomobilde, televizyonda, telefonda, kapı otomatığında, asansörde, trafik ışıklarında, hesap makinesinde, müzik aletlerinde, daktilolarda, oyuncaklarda, cep telefonlarında ve benzeri birçok cihazda farkında olmadan mikro işlemcileri kullanmaktayız. [5]. Mikro işlemci sisteminin işleyebilmesi için dört ana unsurun uyum içinde çalışması gerekir . Bu unsurlar şunlardır;

a) Merkezi işlem birimi (MİB) b) Bellek c) Çoklu yol (BUS) d) Giriş/Çıkış birimleri (I/O port) [6].

Mikrodenetleyicinin Mikro işlemciye Göre Artıları • Mikro işlemcinin kullanımı ve mikro işlemcili sistemin tasarımı mikrodenetleyicili sisteme göre hem daha masraflı hem de daha karmaşıktır. • Mikrodenetleyicili bir sistemin çalışması için elemanın kendisi ve bir osilasyon kaynağının olması yeterlidir. • Mikrodenetleyicinin ihtiyaç duyduğu önbellek ve giriş çıkış birimi bir yonga içerisinde bulunmaktadır. Ancak mikro işlemcili bir sistemde önbellek harici olarak bulunur. [7,8]. LCD'ler elektrikle kutuplanan sıvının ışığı tek fazlı geçirmesi ile çalışmakta olan ekranlardır ve mikrodenetleyicili sistemlerde sık sık kullanılmaktadırlar. Devrede ölçülen sıcaklık bilgisinin görüntülenmesi için ucuzluğu ve kullanım kolaylığından dolayı gösterge ekranı olarak LCD panel gösterge kullanılmıştır[9]. Son zamanlarda analog ve digital sinyalleri alarak işlemek, sensörlerden gelen sinyalleri kullanarak çevresiyle etkileşim içerisinde olan robotlar ve sistemler tasarlamak ve tasarladığınız projeye özgü olarak dış dünyaya hareket, ses, ışık gibi tepkiler oluşturmak için Arduino ve Raspberry Pi etkin olarak kullanılmaktadır. [10]. Mikro işlemci, bir bilgisayarın merkezi işlem birimi (CPU) olarak işlev gören elektronik bir çiptir. Başka bir deyişle, mikro işlemci herhangi bir bilgisayar sisteminin kalbidir. Sınırlı kaynaklara sahip mikro işlemci tabanlı sistemler mikro bilgisayarlar denir. [11]. Aynı saat döngüsü sırasında birden fazla talimatı başlatma yeteneği olan süperskaler işleme, daha hızlı mikro işlemciler üretmeyi amaçlayan uzun bir mimari yenilik serisinin en sonucusudur. Bu on yılın başında tanıtılan süperskaler mikro işlemciler artık tüm mikro işlemci satıcıları tarafından üst düzey ürünler için tasarlanıyor ve üretiliyor. Birçok kişi tarafından 1980'lerin azaltılmış talimat seti bilgisayarı (RISC) hareketinin bir uzantısı olarak görülse de, süperskaler uygulamalar aslında artan karmaşıklığa doğru ilerliyor[12,13].

Bu makale de analog diye adlandırılan sinyalleri örneğin sıcaklık, ışık yoğunluğu, gerilim değeri gibi sinyallerin değerlerini depolamak gibi sorunlar ortaya çıkmıştır. Mikro işlemciler analog sinyali dijital ortamda işleyerek daha fazla veri saklama ve işleme imkânı sağlar. Ayrıca analog sinyaller, gürültü ve parazitlere karşı hassastır. Bu nedenle iletim sırasında sinyalin kalitesi bozulabilir. Analog sensörlerin ölçümleri ADC (Analog-Digital Converter) ile dijitalleştirilir ve mikrodenetleyicilerde işlenir. Bu zorluklara karşı günlük hayatımızın pek çok yerinde kullanılan sensörlerin analog değerlerini depolamak ve kaydetmek için mikro işlemci kullanıldı. Görüntüleme işlemi için de LCD veya OLED gibi ekranlar kullanılır.

Mikro işlemci Nedir?

Mikro işlemci, işlemci olarak da bilinen, merkezi işlem biriminin (CPU) fonksiyonlarını tek bir yarı iletken tüm devrede (IC) birleştiren programlanabilir bir sayısal elektronik bileşendir. Mikro işlemci, genellikle toplama, çıkarma, sayıları karşılaştırma, sayıları bir yerden diğerine aktarma, aritmetik ve mantık işlemlerini gerçekleştiren bilgisayar sistemlerinin merkezi birimidir. Basitçe, işlemci, merkezi işlem birimi veya mantık yongası olarak da bilinmektedir. Bilgisayarın açıldığı anda başlayan, bilgisayarı harekete geçiren bir beyin gibi düşünülebilir. Bir CPU'nun (merkezi işlem birimi) işlevlerini tek bir IC (entegre devre) üzerinde birleştiren, çok amaçlı programlanabilir bir cihazdır. Tipik olarak bir veya daha fazla mikro işlemci, bir bilgisayar sisteminde, gömülü sistemde ya da bir mobil cihazda merkezi işlem birimi olarak görev yapar.

Mikro işlemci Çeşitleri: 8'e ayrılır.

1) Karmaşık Komut Seti Mikro işlemciler:

CISC, sistemi desteklemek için indirme, yükleme vb. gibi diğer düşük seviyeli etkinliklerin yanı sıra siparişleri de üstlenebilir. Ayrıca sadece bir komutla karmaşık matematiksel hesaplamalar yapabilir.

Daha basit derleyicilerle iyi çalışan iyi kişisel bilgisayarlar yaparlar. Talimatları birden fazla saat döngüsüne sahiptir. Bazı örnekler – Intel 386 & 486, Pentium, vb.

2)İndirgenmiş Komut Seti Mikroişlemci

RISC, küçük özel komutları daha hızlı ve yüksek optimizasyonla yürütmektir. Komut seti, basit komutlar ve aynı uzunluk nedeniyle daha kısadır. Kayıtlar ekleyerek bellek referanslarını azaltırlar.

RISC, talimat alma ve yürütmenin çakışmasına yol açan ardışık düzen izler. Çoğunlukla yürütmek için bir CPU döngüsü alırlar. Bazı örnekler – AMD K6 ve K7, vb.

3)Açıkça Paralel Komut Hesaplama(EPIC)

EPIC, her iki işlemcinin de en iyi özelliklerine sahip, RISC ve CISC'nin bir karışımıdır. Sabit bir genişlik olmaksızın paralel talimatları takip ederler. Derleyicilerin sıralı anlambilim kullanarak donanımla iletişim kurmasını sağlarlar. Bazı örnekler – Intel IA-64, Itanium, vb.

4)Süperskalar Mikroişlemciler

Superskalar işlemci, aynı anda birden fazla görevi gerçekleştirmeyi destekler. Birden çok komut taşıyabilmeleri nedeniyle ALU'larda veya çarpanlarda yaygın olarak bulunurlar. İşlemci içinde talimatları iletmek için farklı operasyonel birimler kullanırlar.

5)Uygulamaya Özel Entegre Devre(ASIC)

ASIC'ler, otomotiv emisyon kontrolü kullanımı için veya kişisel dijital asistan olarak yaygındır. Mimarileri çok düzgün bir şekilde belirlenmiş ancak aynı zamanda kullanıma hazır dişlilerle yapılmıştır.

6)Dijital Sinyal Çok İşlemcileri(DSP)

DSP'ler, video dosyalarını kodlamak ve kodunu çözmek veya analogu dijitale dönüştürmek ve bunun tersi ile ünlüdür.

Matematiksel hesaplamalar için mükemmeldirler. RADAR, ev sinemaları, SONAR vb. görevlerin yürütülmesi için bu çipleri kullanır. Intel, Motorola, DEC, vb. gibi şirketler bunun gibi birçok mikroişlemci yaptı.

7)SIMD İşlemciler

Tek Komutlu Çoklu Veri, elemanları seri yerine paralel kullanan vektörlerdeki hesaplamalar içindir. Birden fazla ALU'ları vardır ve her birinin veri depolama için yerel bir belleği vardır.

8)Bit Dilimli İşlemciler

Bit-Slice işlemciler, kullanıcı tercihiye göre belirli kelime uzunluklarına ve yapı taşlarına sahiptir. 4 bitlik ALU'lara, jeneratörlere ve mikro program sıralayıcılara sahiptirler. Bazı örnekler şunlardır: AMD-2900, 29300 serisi ve Texas Instrument SN-74AS88XX serisi

Grafik İşlemcilerIntel tarafından yüksek çözünürlüklü oyunlar ve filmler için üretilmiş bir mikroişlemci. Bazı örnekler Intel 82786, Intel i860 ve Intel i750'dir.

Mikroişlemci Nasıl Çalışır?

Adres ve veri yolu 8 bitlik bir mikroişlemciyi ele alırsak $2^8 = 256$ **bayt** belleğe sahiptir ve bu mikroişlemci **8 bit** bellek okuyup yazabilmektedir. (Burada, 4-8-16-32-64 bit mikroişlemciler birbirinden farklıdır.)

Mikroişlemciler hem RAM hem de ROM'a sahiptir. RAM (Random Access Memory), geçici hafızadır. Mikroişlemci kapandığı takdirde buradaki veriler silinir. ROM (Ready Only Memory), kalıcı hafızadır ve sistem kapansa dahil buradaki veriler silinmemektedir.

Burada kayıtlar 0/1'lerle yapılacaktır. Burada ALU birimine gönderilen bilgilerle işlemler yapılarak 1/0'lar üzerinden sonuçlar alınmaktadır. Bu sonuçlar üç durumlu (3-State) için kullanılmaktadır. Burada, 0/1 bilgileri okuma yazma sayesinde kayıtların ve gerekli adres verilerinde kullanılmak için bekletilir.

Komut kod çözümü daha sonra ALU tarafından gerçekleştirilen işlemin çıktısının kodunu çözer ve karşılaştırma kaydıyla birlikte getirir. Talimat setine bağlı olarak, görevleri her saat döngüsünde gerçekleştirir ve bitiş döngüsünde program sayacı artırılır. Çeşitli bit desenleri kümesi olan çoklu talimat kümesi üzerinde çalıştığından. Bu talimat bitleri koleksiyonu, işlemcinin montaj dili olarak bilinir. Bu kalıpları çevirmek için bir montajcı kullanılır ve çıktı, işlemcinin programı yürütmesi için bellekte saklamaktadır.

Mikroişlemci Nerelerde Kullanılır?

Mikroişlemcilerin pek çok kullanım alanları vardır. Bunlar evlerden başlayıp endüstriyel alana kadar uzanmaktadır. Bu kullanım alanları örneğin; Evlerde sıcaklığı ayarlamak için bir sensör vasıtasıyla mikroişlemciler kullanılmaktadır. Çamaşır, bulaşık, kahve makinesi v.b. ev aletlerinde sıklıkla mikroişlemciler kullanılmaktadır.

Mikroişlemci Nasıl Kodlanır?

Bir mikroişlemciyi kodlamak için bir derleyici (IDE) kullanmanız gerekmektedir. Burada, kullanılacak dillerin sayısı çok fazladır. C ve Assembly genelde en çok kullanılan dillerdir.

Bir IDE yardımıyla kodlanan mikroişlemcinizi IDE üzerinde bulunan Debug yardımıyla kodladığınız kodu derleyerek, adım adım kontrol edebilirsiniz.

Tekrardan IDE yardımıyla yazdığınız kodu mikroişlemcinin içine atarak, mikroişlemcinin kodlamasını tamamlayıp çalışmasını sağlayabilirsiniz.

Devremizde Mikroişlemciyi Kullanma Amacımız:

DC olarak vermiş olduğumuz analog sinyali dijital sinyale çevirmesidir. Bu işlemi yaptıktan sonra devremizde bu işlemi yapan Arduino'nun UNO serisinin(Şekil1.0'da resmedilmiştir.) üzerindeki pinler sayesinde dijital sinyal çıkışımızı görüntülemek için 2X16 LCD ekran(Şekil1.1'de resmedilmiştir.) aracılığı ile değerleri okuruz.

Arduino Uno'nun genel anlamda özellikleri aşağıdaki gibidir:

- **Mikrodenetleyici:** ATmega328
- **Çalışma Gerilimi:** 5V
- **Giriş Gerilimi (önerilen):** 7-12V
- **Giriş Gerilimi (limit):** 6-20V
- **Dijital I/O Pinleri:** 14 tane (6 tanesi PWM çıkışı)
- **Analog Giriş Pinleri:** 6
- **Her G/Ç için Akım:** 40 mA
- **3.3V Çıkış için Akım:** 50 mA

- **Flash Hafıza:** 32 KB (ATmega328)
- **SRAM:** 2 KB (ATmega328)
- **EEPROM:** 1 KB (ATmega328)

Arduino Uno Pinout ve Datasheet

1) Güç:Arduino Uno(Şekil1.0'da resmedilmiştir.), gücünü USB üzerinden veya adaptör girişinden alabilir. Yani bilgisayarınızın USB girişinden veya bilgisayarınızdan bağımsız olarak bir adaptör veya bataryadan güç elde edebilirsiniz. Doğrudan **Vin (+)** ve **GND (-)** pinlerinden de besleyebilirsiniz.

Harici güç kaynağı olarak 6-20V arası limit değerleri bulunmaktadır. Önerilen harici besleme gerilimi ise 7-12 V arasındır. Bunun sebebi 7V altındaki gerilimin stabil çalışmayıp, 12V üzeri gerilimin de aşırı ısınma sebebi olabilmektedir. Kart üzerinde bulunan regülatör sayesinde 7-12V arası gerilim 5V'a düşürülür ve kart bu şekilde çalışır.

- **Vin:** Harici güç kaynağı için kullanılan pin.
- **5V:** Regülatörden çıkan 5V çıkış gerilimini sağlar.
- **3V3:** Kart üzerinde bulunan 3.3V regülatörü çıkış pinidir. Maks. 50mA çıkış verebilir.

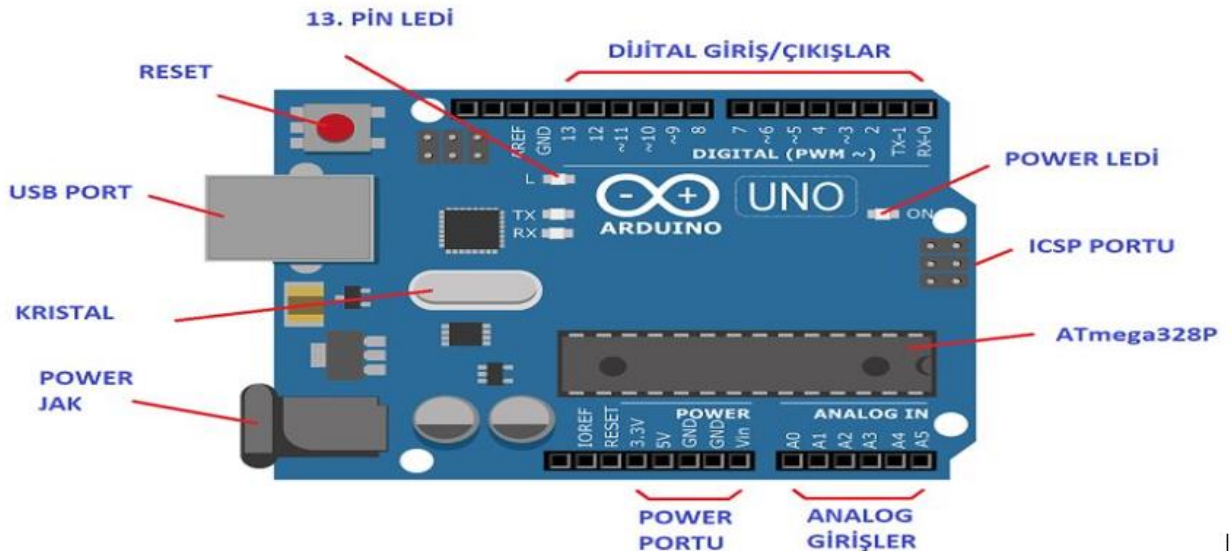
GND: Toprak (-) pinleridir.

2)Giriş/Çıkış (I/O):14 adet dijital, 6 adet analog giriş/çıkış pini bulunmaktadır. Bu pinlerin tamamının lojik seviyesi 5V'dur. Her pin maksimum 40mA giriş ve çıkış akımı ile çalışır. Ek olarak, bazı pinlerin farklı özellikleri bulunmaktadır. Özel pinler aşağıda belirtildiği gibidir:

3)Seri Haberleşme- 0 (RX) ve 1 (TX): TTL Seri veri alıp (RX), vermek (TX) için kullanılır. Bilgisayardan karta program yüklenirken veya bilgisayar-UNO arasında karşılıklı haberleşme yapılırken de bu pinlerden faydalanılır. Bu sebeple, karta program yüklendiği esnada veya kartla bilgisayar arası iletişim kurulduğunda bu pinleri kullanmamak gerekir.

4)Harici Kesme (Interrupt)- 2 ve 3: Bu pinler yükselen kenar, düşen kenar veya değişiklik kesmesi pinleri olarak kullanılabilir. Ayrıntılı bilgi için [attachInterrupt\(\)](#) fonksiyon sayfasını inceleyebilirsiniz.

5)PWM- 3,5,6,9,10 ve 11: 8-bit çözünürlükte PWM (Sinyal Genişlik Modülasyonu) çıkış pinleridir.



Şekil 1. Arduino UNO serisinin kartı ve komponentleri resmedilmiştir.

LCD Görüntüleme Seçenekleri: LiquidCrystal kütüphanesinin kullanabileceğimiz 19 farklı fonksiyonu vardır. Bu fonksiyonların yazının konumunu değiştirme, ekran boyunca yazıyı kaydırma veya görüntüyü açıp kapatmak gibi işlevleri vardır. Şimdi bu fonksiyonların devrede kullandıklarımızı kısaca inceleyelim:

Arduino LCD Komutları:

1)LiquidCrystal () İşlevi Arduino'nun LCD'ye bağlanmak için kullandığı pinleri ayarlar. LCD'yi kontrol etmek için Arduino'nun(Şekil 1.0'da resmedilmiştir.) dijital pinlerinden herhangi birini kullanabilirsiniz.

Arduino pin numaralarını bu sırayla parantez içine koyunuz: LiquidCrystal (RS, E, D4, D5, D6, D7). RS, E, D4, D5, D6, D7 LCD (Şekil 1'de resmedilmiştir.) pinleridir.

Örneğin, LCD pini D7'nin Arduino pin 12'ye bağlanmasını istediğinizi varsayalım. D7'nin yerine şu şekilde "12" koyunuz: LiquidCrystal (RS, E, D4, D5, D6, 12). Bu işlev, programın void setup () bölümünün önüne yerleştirilmelidir.

2)lcd.begin () Bu işlev LCD'nin boyutlarını ayarlar. Programın void setup () bölümünde herhangi bir LiquidCrystal işlevinin önüne yerleştirilmelidir. Satır ve sütunların sayısı lcd.begin (sütunlar, satırlar) olarak belirtilir. 16×2 LCD için, lcd.begin (16, 2) kullanmanız gerekiyor ve 20×4 LCD için lcd.begin (20, 4) kullanmanız gerekiyor.

3)lcd.clear () Bu işlev, LCD'de halihazırda görüntülenen herhangi bir metni veya veriyi siler. lcd.print () ile lcd.clear () ögesini ve void loop () bölümünde delay () işlevini kullanırsanız, basit bir yanıp sönen metin programı oluşturabilirsiniz

4)lcd.print () Bu işlev, LCD'ye metin yazdırmak için kullanılır. Programın void setup () bölümünde veya void loop () bölümünde kullanılabilir.

5) lcd.setCursor () Benzer, ancak lcd.home () 'dan daha kullanışlıdır. Bu işlev, imleci (ve herhangi bir yazılı metni) ekranın herhangi bir yerine yerleştirir. Programınızın void setup () veya void loop () bölümünde kullanılabilir.İmleç konumu, lcd.setCursor (sütun, satır) ile tanımlanır. Sütun ve satır koordinatları sıfırdan başlar (sırasıyla 0-15 ve 0-1). Örneğin, "hello, world!" programının void setup () bölümünde lcd.setCursor (2, 1) kullanılarak, "hello, world!" alt satıra yazdırılır ve sağa iki alan kaydırılır.

Aşağıda Arduino UNO serisinin (Şekil 1) sıcaklık çalışma komutu ve güç tüketimi ile alakalı bilgileri datasheet'deki karşılığı vardır. Verilen sıcaklık değerinin üstünde yani 85°C üstünde olursa voltaj regülatörü ve kristal osilatör beklendiği gibi çalışmayacağını söylemektedir. Ayrıca Max ve Min voltaj değerlerini bu tablodan (Şekil 2'de resmedilmiştir.) görebilirsiniz. Şekil 3.' de ise Arduino'nun dijital pinlerinin ne iş için kullanıldığı yazmaktadır.

2.1 Recommended Operating Conditions

Symbol	Description	Min	Max
	Conservative thermal limits for the whole board:	-40 °C (-40 °F)	85 °C (185 °F)

NOTE: In extreme temperatures, EEPROM, voltage regulator, and the crystal oscillator, might not work as expected.

2.2 Power Consumption

Symbol	Description	Min	Typ	Max	Unit
VINMax	Maximum input voltage from VIN pad	6	-	20	V
VUSBMax	Maximum input voltage from USB connector		-	5.5	V
PMax	Maximum Power Consumption	-	-	xx	mA

Şekil 2. Arduino UNO serisinin sıcaklık ve güç tüketimi DataSheet bilgileridir.

5.2 JDIGITAL

Pin	Function	Type	Description
1	D0	Digital/GPIO	Digital pin 0/GPIO
2	D1	Digital/GPIO	Digital pin 1/GPIO
3	D2	Digital/GPIO	Digital pin 2/GPIO
4	D3	Digital/GPIO	Digital pin 3/GPIO
5	D4	Digital/GPIO	Digital pin 4/GPIO
6	D5	Digital/GPIO	Digital pin 5/GPIO
7	D6	Digital/GPIO	Digital pin 6/GPIO
8	D7	Digital/GPIO	Digital pin 7/GPIO
9	D8	Digital/GPIO	Digital pin 8/GPIO
10	D9	Digital/GPIO	Digital pin 9/GPIO
11	SS	Digital	SPI Chip Select
12	MOSI	Digital	SPI1 Main Out Secondary In
13	MISO	Digital	SPI Main In Secondary Out
14	SCK	Digital	SPI serial clock output
15	GND	Power	Ground
16	AREF	Digital	Analog reference voltage
17	A4/SD4	Digital	Analog input 4/I2C Data line (duplicated)
18	A5/SD5	Digital	Analog input 5/I2C Clock line (duplicated)

Şekil 3. Arduino'nun dijital pinlerinin DataSheet bilgileri.

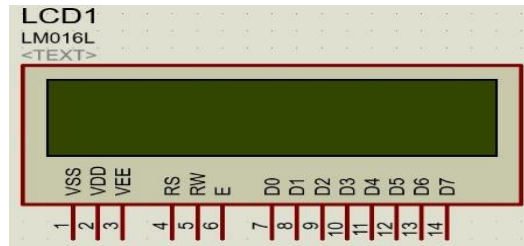
LCD Ekranın Pinlerinin İşlevleri:

Tablo şeklinde resmedilmiş (Şekil 4) da LCD ekranının pinleri ne işe yaradıklarını görmekteyiz.

1) Vss	Toprak (Ground)
2) Vcc	+5 V (Besleme Gerilimi)
3) VEE	Kontrast
4) RS	Register Select
5) RW	Read / Write
6) E	Enable
7 - 14) D0 - D7	Data(Veri) girişleri

Şekil 4. LCD ekran pinlerinin işlevleri.

Aşağıda LCD ekranı olan 2x16 LM016L'nin proteus görünümünü Şekil 5'te resmedilmiştir.



Şekil 5. LCD 2x16 LM016L'nin proteus görüntüsü.

Aşağıda (Şekil 6) de LCD ekranının DataSheet'ini görmekteyiz. Bu tabloda LCD ekran için gerekli güç kaynağının minimum ve maximum değerlerini görüyoruz ve maximum 6.5V olduğunu görmekteyiz. Çalışma sıcaklığı 50°C-40°C'dir. 25°C'de VDD=5V+0.25V imiş.

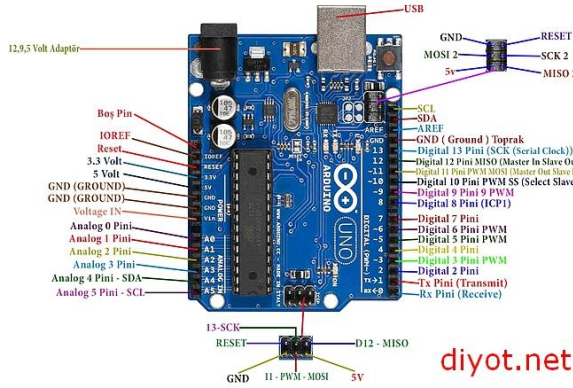
Tabloda çıkış akımlarını da görmekteyiz. Çıkışımız yüksek voltaj da olursa Ioh=0.2mA iken çıkışımız düşük voltajda iken de Iol=1.2mA akım çektiğini bize söylemektedir.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS		min.	max.
Power supply for logic ($V_{DD}-V_{SS}$)	0	6.5 V	
Power supply for LCD drive			
($V_{DD}-V_O$)	0	6.5 V	
Input voltage (V_i)	V_{SS}	V_{DD} V	
Operating temperature (T_a)	0	50	40°C
Storage temperature (T_{stg})	-20	70	60°C
* Shows the value of type LM016XMBL.			
ELECTRICAL CHARACTERISTICS			
$T_a = 25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = 5.0 \text{ V} \pm 0.25 \text{ V}$			
Input "high" voltage (V_{IH})	2.2 V min.		
Input "low" voltage (V_{IL})	0.6 V max.		
Output "high" voltage (V_{OH}) ($I_{OH} = 0.2 \text{ mA}$)	2.4 V min.		
Output "low" voltage (V_{OL}) ($I_{OL} = 1.2 \text{ mA}$)	0.4 V max.		
Power supply current (I_{DD}) ($V_{DD} = 5.0 \text{ V}$)	1.0 mA typ.		
	3.0 mA max.		

Şekil 6. LCD ekranının DataSheet'ini görmekteyiz.

Yapmış Olduğumuz 1.Devredeki Kullandığımız Malzemeler:

- 1) Arduino UNO serisi (Şekil 7'de resmedilmiştir.)
- 2) LCD Ekran (Şekil 8'de resmedilmiştir.)
- 3) 1k'lık Potansiyometre (Şekil 9'da resmedilmiştir.)
- 4) Voltmetre (Şekil 10'da resmedilmiştir.)



Şekil 7. Arduino UNO serisi kartı.



Şekil 8. LCD Ekran.



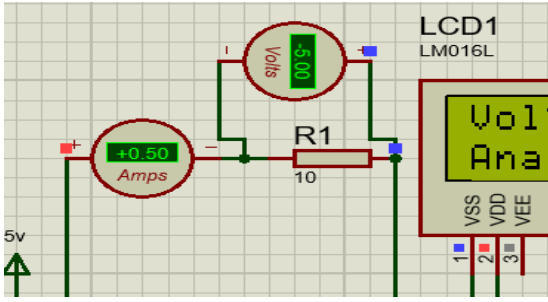
Şekil 9. 1k'lık Potansiyometre.



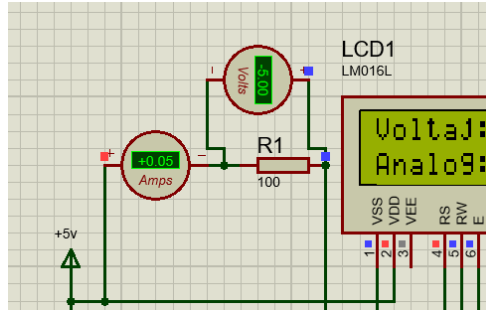
Şekil 10. Voltmetre.

Devremizin Amacı: DC olarak vermiş olduğumuz 5VDC analog sinyali dijital sinyale çevirmesidir. Voltajın değerini 0-5VDC arasında ayarlamak için 1k'lık potansiyometre (Şekil 9'da resmedilmiştir.) kullanırız. Bu işlemi yaptıktan sonra devremizde bu işlemi yapan Arduino'nun UNO serisinin (Şekil 1'de resmedilmiştir.) üzerindeki pinler sayesinde(A0,2,3,4,5,11,12 pinleri) dijital sinyal çıkışımızı görüntülemek için 2X16 LCD ekranın (Şekil 5'te resmedilmiştir.) pinlerini (VSS,VDD,RS,RW,E,D4,D5,D6,D7) aracılığı ile değerleri okuruz.

Devredeki Önemli Hususlar Ve Hesaplamalar:LCD ekrandan (Şekil 5'te resmedilmiştir.) kaç amper akım geçtiğini ölçmek için LCD ekranının (Şekil1.1) VSS, VDD pinlerine paralel direnç bağlarız, dirence seri de ampermetre bağlar akımı ölçeriz ve direnç 10Ω 'iken $V/R=I$ formülünden $5/10=0.5A$ akım çeker. Eğer direncin değerini 100Ω yaparsak akımla direnç ters orantılı olduğu için aynı oranda akım düşecektir yani $5/100=0.05A$ akım çeker bunu da mili amper seviyesinde yazarsak 50mA tekabül eder. Şekil 11 ve Şekil 12 'de simülasyondaki görüntüsü gösterilmektedir.



Şekil 11. 1.devrenin Simülasyon görüntüsü.

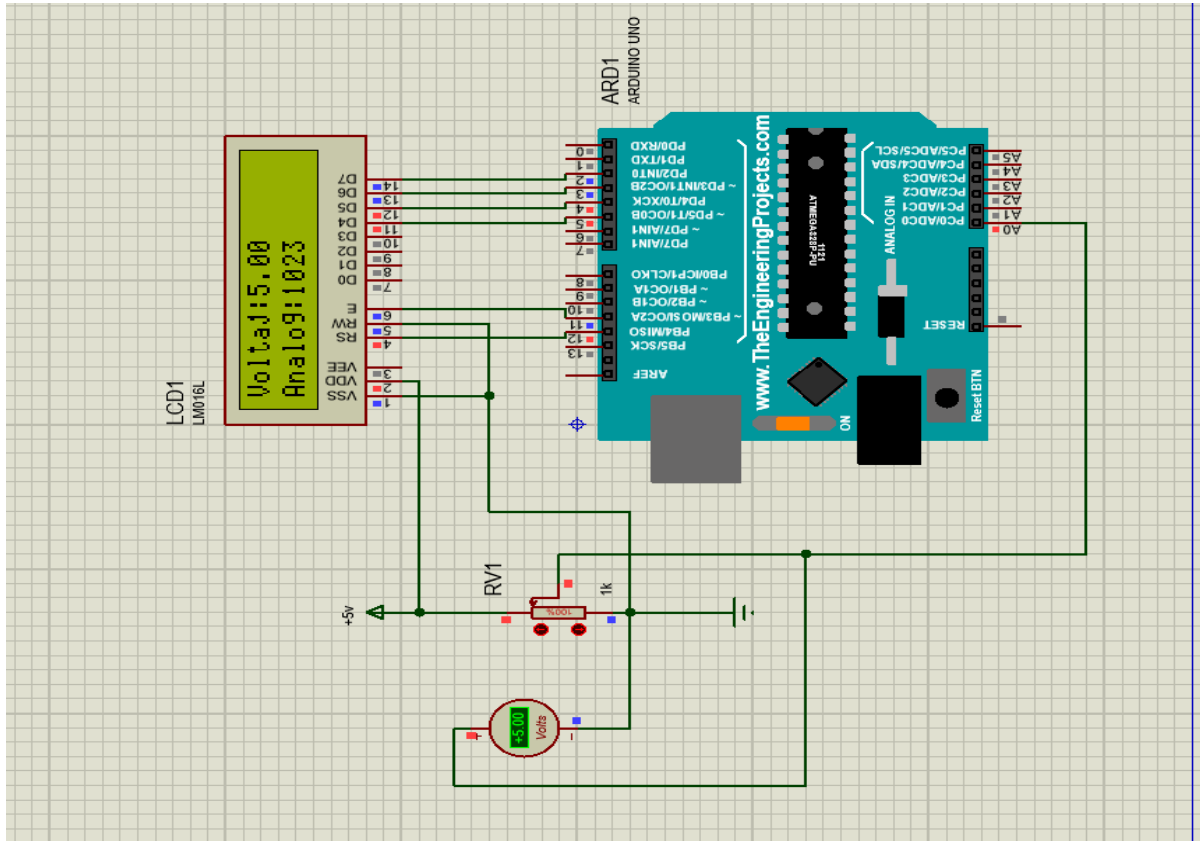


Şekil 12. 1.devrenin Simülasyon görüntüsü.

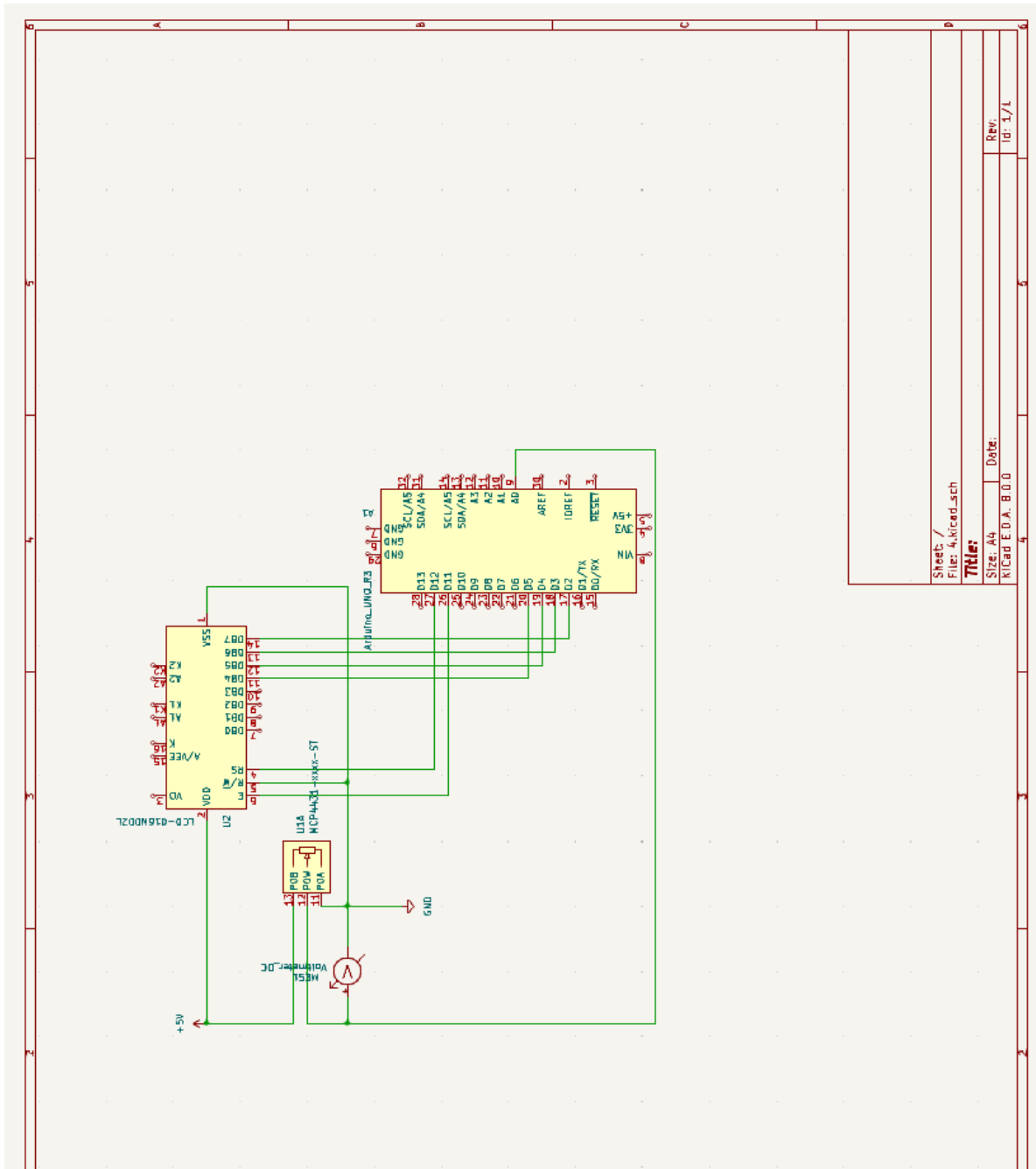
Devrenin Proteus Simülasyon Uygulamasındaki Çizimi: Nasıl çizildiği derste sunumda anlatılmıştır. Şekil 13'de resmedilmiştir.

Devrenin KiCad Uygulamasındaki Çizimi: Nasıl çizildiği derste sunumda anlatılmıştır. Şekil 14'te resmedilmiştir.

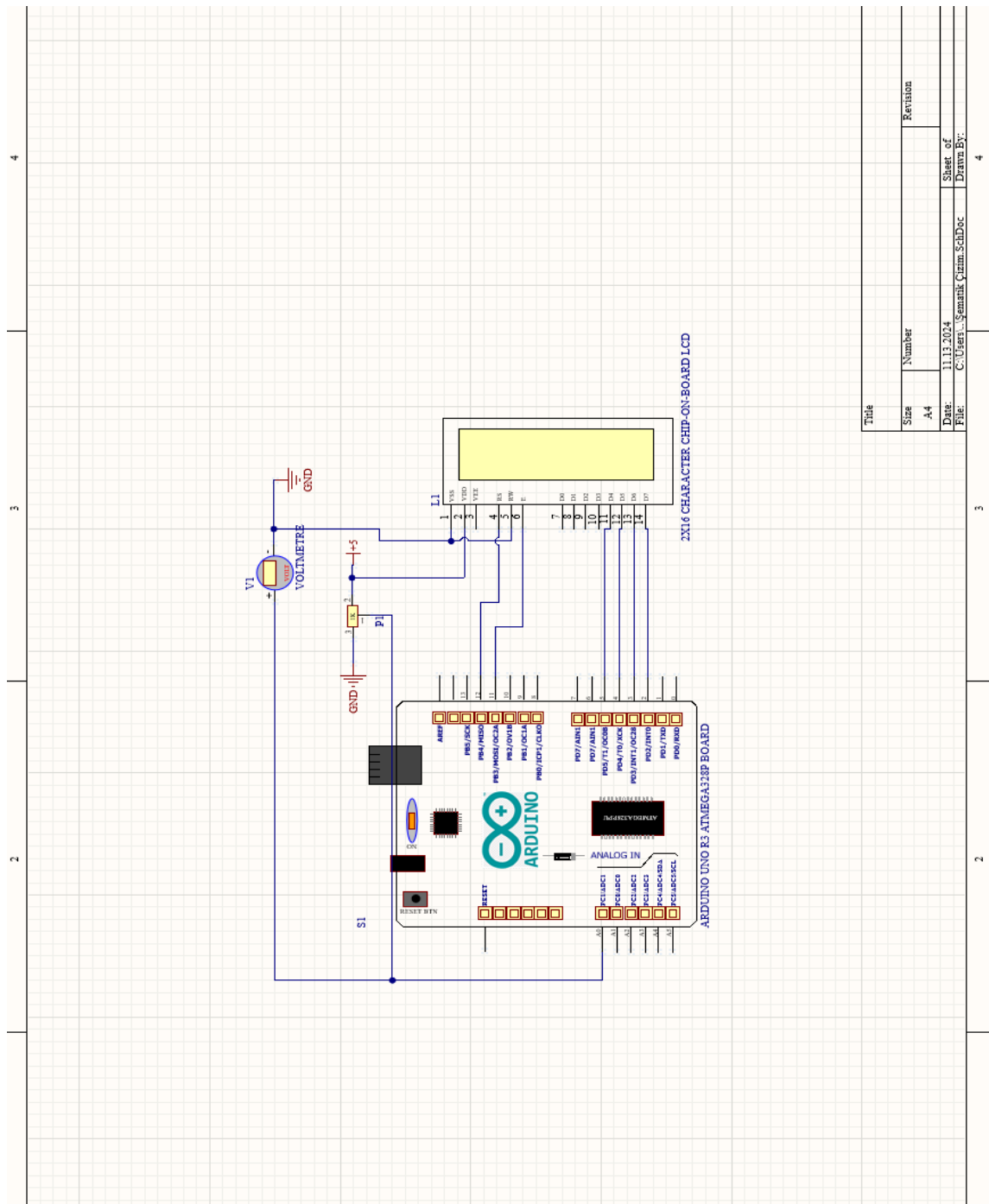
Devrenin Altium Designer Uygulamasındaki Çizimi: Nasıl çizildiği derste sunumda anlatılmıştır. Şekil 15'te resmedilmiştir.



Şekil 13. 1.Devrenin proteus uygulamasındaki çizimi ve simülasyonu.



Şekil 14. 1. Devrenin KiCAD uygulamasındaki çizimi.



Şekil 15. 1. Devrenin Altium Designer uygulamasındaki çizimi.

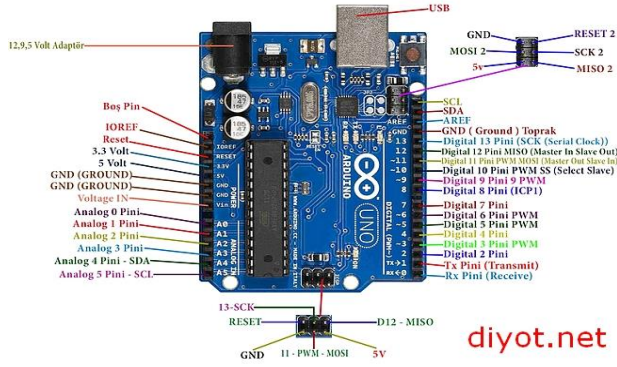
Devreyi Çalıştırmak İçin Proteus Uygulamasındaki Kodlar: Proteus uygulamasındaki Source Code bölümünden açılan pencereye kodlarımız yazarak devremizin yazılımsal olarak çalışmasını yapmış oluruz. Devrenin çalışması için gereken kodlar Şekil 16’da resmedilmiştir.

```
1 #include<LiquidCrystal.h>
2 LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,2);
3 void setup () {
4   lcd.begin(16,2);
5
6
7 }
8
9 void loop() {
10  int pot=analogRead(A0);
11  float voltaj= pot* (5.0/1023.0);
12  lcd.print("Voltaj:");
13  lcd.print(voltaj);
14  lcd.setCursor(0,1);
15  lcd.print("Analog:");
16  lcd.print(pot);
17  delay(1000);
18  .clear();
19
20
21 }
```

Şekil 16. 1. Devrenin kodları.

Yapmış Olduğumuz 2.Devredeki Kullandığımız Malzemeler:

- 1) Arduino UNO serisi (Şekil 17’de resmedilmiştir.)
- 2) LCD Ekran (Şekil 1.8’de resmedilmiştir.)
- 3) 10k’lık Direnç (Şekil 19’da resmedilmiştir.)
- 4) LDR (Şekil 20’de resmedilmiştir.)



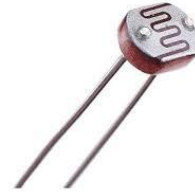
Şekil 17. Arduino UNO serisi kartı.



Şekil 18. LCD Ekran

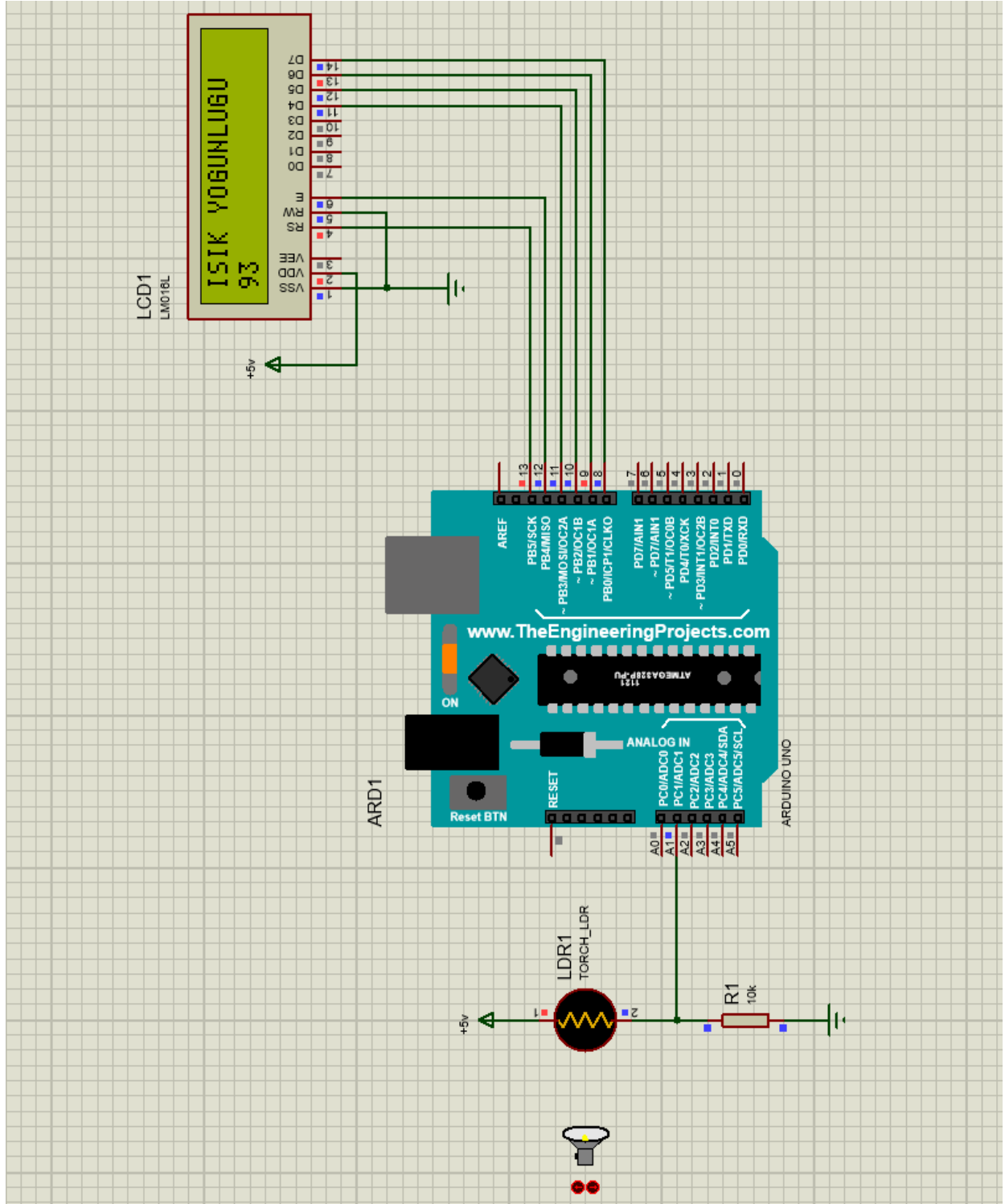


Şekil 19. Direnç



Şekil 20. LDR

Yapmış olduğumuz 2. Devrenin Proteus Simülasyon Uygulamasındaki Çizimi: Şekil 21’de resmedilmiştir.



Şekil 21. 2. Devrenin Proteus uygulamasındaki çizimi.

2. Devreyi Çalıştırmak İçin Proteus Uygulamasındaki Kodlar: Proteus uygulamasındaki Source Code bölümünden açılan pencereye kodlarımız yazarak devremizin yazılımsal olarak çalışmasını yapmış oluruz. Devrenin çalışması için gereken kodlar Şekil 22’de resmedilmiştir.

```

1  #include<LiquidCrystal.h>
2  LiquidCrystal lcd(13,12,11,10,9,8);
3  void setup () {
4    lcd.begin(16,2);
5
6
7
8  }
9
10 void loop() {
11   int ldr=analogRead(A1);
12   lcd.setCursor(0,0);
13   lcd.print("ISIK YOGUNLUGU");
14   lcd.setCursor(0,1);
15   lcd.print(ldr);
16
17 }
18

```

Şekil 22. 2. Devrenin kodları.

Yapmış Olduğumuz 2. Devrenin Amacı: Arduino Uno serisi ile LCD ekrana ışık yoğunluğunu okuyarak yansıtma sistemi. Devredeki temel amaç analog sinyali dijital sinyale döndürme işlemidir. Devre de analog sinyali LDR (Light Dependent Resistor) Türkçede “Işığa Bağımlı Direnç sensörü aracılığı ile alıyoruz. LDR “Işığa Bağımlı Direnç sensörünün 2. bacağından analog sinyal çıkar ve ışığa bağımlı olarak da değişkenlik gösterir.

Arduino yardımı ile gelen bu analog sinyali dijital sinyale döndürülür ve LCD ekranda ışık yoğunluğu değeri okunur.

3. Yapmış Olduğumuz Devrenin Datasheet Bilgileri:

Devremizde PIC16F877 kodlu mikrodenetleyici olduğu için ilk ondan başlıyorum.

PIC16F877:

- 1) İşlem hızı DC-20 MHz dir. (bir komut DC-200 ns hızında çalışmaktadır.)
- 2) Dalların komutları iki çevrim (cycle) sürede, bunların dışındaki komutlar ise bir çevrimlik sürede uygulanır.
- 3) 8 Kword Flash ROM programlama belleği (EEPROM özellikli program belleği), 368 Byte kullanıcı
- 4) RAM belleği ve 256 Byte EEPROM belleği olmak üzere üç adet bellek bloğu vardır.
- 5) 8 Kword 'lük Flash ROM programlama belleği 1000000 kez programlanabilir.
- 6) CPU azaltılmış komut setine sahiptir.
- 7) CPU azaltılmış komut setine sahiptir.
- 8) Öğrenilecek gereken her biri 14 bitlik 35 komut vardır.
- 9) 14 kaynaktan kesme yapabilir.
- 10) PIC16F877 dolaylı ve göreceli adresleme yapabilme özelliğine sahiptir.
- 11) CMOSFlash EEPROM teknoloji ile düşük güçle yüksek hıza erişebilir.
- 12) Enerji tasarrufu sağlayan uyku modu (Sleep Mode) özelliği vardır.
- 13) Programla kod güvenliği sağlanabilir.
- 14) Düşük gerilimli programlama özelliğine sahiptir.
- 15) Sadece 5 V giriş ile devre içi seri programlanabilir.
- 16) 2 pinle programlanabilir.
- 17) Program belleğine okuma/yazma özelliği ile erişilebilir.
- 18) 2,0 V ile 5,0 V arasında değişen geniş işletim aralığına sahiptir.
- 19) Kaynak akımı 25 mA dir.
- 20) Geniş sıcaklık aralığında ve düşük güçle çalışabilir.
- 21) Devre içi iki pin ile hata ayıklama özelliği vardır.

Bacak Yapısı: PIC16F877 'nin 40 pininden 33 tanesi I/O (input/output - giriş/çıkış) pinleridir. PIC16F877; 6 bitlik A portu, her biri 8 bitlik B,C ve D portları ve 3 bitlik E portu olmak üzere 5 porta sahiptir. I/O pinlerinin gerekli konfigürasyonlar yapılarak başka amaçlarla kullanılması da mümkündür.

Yukarıda açıklamış olduğum bilgilerin datasheet'deki tablosu Şekil 23'deki Mor kutucuk ta resmedilmiştir.

Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	FOR, BOR (PWRT, OST)	FOR, BOR (PWRT, OST)	FOR, BOR (PWRT, OST)	FOR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 instructions	35 instructions	35 instructions	35 instructions

Şekil 23. PIC16F877'nin DataSheet'i.

LM35 Sıcaklık Sensörü: LM35 sensörü sıcaklığı okuyarak analog veriye dönüştürür. LDR uygulamamızda yaptığımız gibi analog veriyi okuyup yorumladığımızda ordamdaki veya LM35 bağlı olduğu cismin sıcaklığını ölçmüş oluruz. LM35 ile -55°C ile +150°C derece arasında ölçüm yapabilirsiniz. Lineer çalışan, yani sıcaklık arttıkça aynı oranda çıkıştaki gerilimi arttırarak 10mV/°C hassasiyetinde çalışır. LM35'in üç bacağı bulunmaktadır. Sensörün üzerindeki kesim kısım aynı zamanda yazılı Kısıma önden baktığınızda sağda kalan bacak negatif(-), solda kalan bacak pozitif(+) ve ortadaki bacak ise sinyal çıkışıdır. Açıklamış olduğum bilgilerin datasheet'deki tablosu Şekil 24'deki Mor kutucuk da resmedilmiştir.

Absolute Maximum Ratings (Note 10)		TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.		SO Package (Note 12)	215°C
Supply Voltage	+35V to -0.2V	Vapor Phase (60 seconds)	220°C
Output Voltage	+6V to -1.0V	Infrared (15 seconds)	2500V
Output Current	10 mA	ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Storage Temp.:		Specified Operating Temperature Range: T _{MIN} to T _{MAX} (Note 2)	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C	LM35, LM35A	-55°C to +150°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C	LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C	LM35D	0°C to +100°C
TO-220 Package,	-65°C to +150°C		
Lead Temp.:			
TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C		

Şekil 24 LM35 sıcaklık senserünün DataSheet'i.

3. Devrenin Amacı: Devredeki temel amaç analog sinyali dijital sinyale döndürme işlemidir. Devre de analog sinyali Lm35 sıcaklık sensörü aracılığı ile alıyoruz. Lm35 sıcaklık sensörünün 2. bacağından analog sinyal çıkar ve sıcaklığa bağımlı olarak da değişkenlik gösterir.

PIC yardımı ile gelen bu analog sinyali dijital sinyale döndürülür ve LCD ekranda sıcaklık değeri okunur.

Yapmış Olduğumuz 3.Devredeki Kullandığımız Malzemeler:

- 1) PIC16F877 (Şekil 25'te resmedilmiştir.)
- 2) LCD Ekran: (Şekil 5'te resmedilmiştir.)
- 3) LM35 Sıcaklık sensörü: (Şekil 26'da resmedilmiştir.)
- 4) Kristal Osilatör: (Şekil 27'de resmedilmiştir.)
- 5) 2 adet 22pF kondansatör: (Şekil 28'de resmedilmiştir.)



A 3-pin module with labels: Vcc 3-5.5 V, Analog Out 10 mV / °C, and GND.

The diagram shows a PIC16F877 microcontroller interfaced with an LCD1601. The PIC16F877 is connected to the LCD1601 via its data bus (D0-D7) and control lines (RS, RW, E). The PIC16F877 is also connected to a crystal oscillator (X1) and a 22pF capacitor (C2) for timing. A 5V supply is connected to the PIC16F877's VDD pin. The LCD1601 displays 'Siaklik=36,21 C'.

189

```
#include <16f877.h>
#define ADC=10 // 0 ile 1023
#define delay(clock=4000000)
#define fuses XT,NOWDT,NOPUT,NOLVP,NOCPU,NOPROTECT,NODEBUG,NOBROWNOUT,NOWRT

#define use_fast_io(a)
#define use_fast_io(b)

#define use_portb_lcd TRUE
#include <lcd.c>

unsigned long int deger;
float gerilim,sicaklik;

void main()
{
    setup_psp(PSP_DISABLED);
    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    setup CCP1(CCP_OFF);
    setup CCP2(CCP_OFF);

    set_tris_a(0x20); //0b 0010 0000
    set_tris_b(0x00);

    lcd_init();

    setup_adc(adc_clock_div_32);
    setup_adc_ports(ALL_ANALOG); //AN4

    set_adc_channel(4);
    delay_us(20);

    printf(lcd_putc, "\fSicaklik=");

    while(true){
        deger=read_adc();
        gerilim=deger*4.88759;
        sicaklik=(gerilim/10)+2;
        lcd_gotoxy(10,1);
        printf(lcd_putc, "%f C",sicaklik);
        delay_ms(100);
    }
}
```

Şekil 31. 3. Devrenin kodları.

KAYNAKÇA

- [1] Akdeniz, R. (1989). *Analog Bir Bilginin Mikroişlemci Ile Kontrolü* (Master's thesis, Marmara Üniversitesi (Turkey)).
- [2,3]. Karakuş, C. Mikroişlemci Mimari Yapısı.
- [4]. Akdeniz, R. (1989). *Analog Bir Bilginin Mikroişlemci Ile Kontrolü* (Master's thesis, Marmara Üniversitesi (Turkey)).
- [5]. Engin, M. Mikrodenetleyiciler.
- [6]. Korkmaz, K. (1992). *8051 Mikrodenetleyici Sisteminin eğitim düzeneğinin tasarlanması* (Master's thesis, Marmara Üniversitesi (Turkey)).
- [7,8]. Aygün, F. (2009). *PIC mikrodenetleyicilerle fiziksel bir deneyin kontrolü* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [9]. Mutlu, R., & Poyraz, P. (2023). Mikrodenetleyici Kullanarak Bir Ekstrüzyon Sisteminde Sıcaklık Ölçümü. *Alfa Mühendislik ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 1(1), 83-95.
- [10]. Çıtak, H. SICAKLIK ÖLÇÜM VE KONTROL SİSTEMİ. *BİLDİRİ TAM METİN KİTABI PROCEEDING BOOK CİLT V/VOLUME V*, 33.
- [11]. Kumar, N. S., Saravanan, M., Jeevananthan, S., & Shah, S. K. (2012). Microprocessors and interfacing.
- [12,13]. Smith, J. E., & Sohi, G. S. (1995). The microarchitecture of superscalar processors. *Proceedings of the IEEE*, 83(12), 1609-1624.

Current, Voltage and Motor Speed Measurement from Each Phase of A 3-Phase (Bldc) Motor

¹*Sena ÖZGÜR, ²Ensar EKEN

^{1,2}Department of Electric Electronic Engineering, Selçuk University Faculty of Technology 3rd year Student, Selçuklu, Konya

¹*senaogur2004@gmail.com, ²eeeken544@gmail.com

Abstract – In this article, the advantages of brushless motors, which are generally used in drones, compared to brushed motors are high power-to-weight ratio, high speed, almost instant speed and torque control, high efficiency and low maintenance. Thanks to these advantages, the use of brushless dc motors in projects such as drones was needed. It is necessary to use mosfet driver integrated circuits to drive brushless dc motors and the display of analog values such as voltage, current, speed affects our use of the project more accurately, so thanks to the microcontrollers used in many places in daily life, we convert the analog signal to digital by displaying it on the LCD screen with the necessary codes.

Keywords – 3 phase motor, speed voltage current reading, LCD display

Özet – Bu yazıda, genellikle dronlarda kullanılan fırçasız motorların fırçalı motorlara göre avantajları, yüksek güç-ağırlık oranı, yüksek hız, neredeyse anında hız ve tork kontrolü, yüksek verimlilik ve düşük bakımdır. Bu avantajlar sayesinde, dron gibi projelerde fırçasız dc motorların kullanılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Fırçasız dc motorları sürmek için mosfet sürücü entegre devreleri kullanmak gerekir ve voltaj, akım, hız gibi analog değerlerin görüntülenmesi projeyi daha doğru bir şekilde kullanmamızı etkiler, bu nedenle günlük hayatta birçok yerde kullanılan mikrodenetleyiciler sayesinde, analog sinyali gerekli kodlarla LCD ekranda görüntüleyerek dijitale dönüştürüyoruz.

Anahtar Kelimeler – 3 fazlı motor, hız voltaj akım okuma, LCD ekran

GİRİŞ

Projelerde kullanılan Arduino, açık kaynaklı bir mikrodenetleyici platformudur ve elektronik devrelerin kontrolünü sağlamak için sıklıkla tercih edilir. Arduino'nun en yaygın kullanılan modellerinden biri olan Arduino Uno, ATmega328P mikrodenetleyicisi ile çalışır. Bu mikrodenetleyici, 8-bit bir işlemciye sahiptir ve 16 MHz hızında çalışır. Arduino'nun programlanması için kullanılan dil, C ve C++ tabanlı Arduino Programlama Dilidir. Arduino çok sayıda sensör ve modüle uyumluluğu nedeniyle popüler bir şekilde kullanılır. Örneğin arduinolu devrelerde motorun akımını ölçmek için bir Hall etkisi prensibine dayalı akım sensörü kullanılır. Örneğin, ACS712 gibi bir sensör, motor fazlarından geçen akımın oluşturduğu manyetik alanı algılar ve bu sinyali Arduino'nun okuyabileceği orantılı bir voltaj değerine dönüştürür. Sensörün çıkışı, Arduino'nun analog pinlerine bağlanır ve bu pinler, gelen analog sinyali dijital bir değere çevirmek için 10-bit çözünürlüğe sahip bir Analog-Dijital Çevirici (ADC) kullanır.

Enerji ihtiyacı yıllar ilerledikçe her alanda artmaktadır. Sanayi ve endüstriyel alanlarda her geçen gün daha fazla enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Sanayi ve endüstride çalışan çoğu ekipmanlar motorlar ile hareket etmektedir. Yani enerjinin belirli bir yüzdesini motorlar harcamaktadır. Motorların kullandığı bu enerjinin verimliliği için motor sürücülerin motor kontrolünü minimum enerjide maksimum performansta kullanması gerekmektedir. Motorların üzerine düşen yük arttığında verimin %5-%8 aralığında azaldığını, bu düşüşün motor sürücünün kontrol algoritmalarını kullanarak %2-%3 seviyelerinde geriletilmesi çalışması yapılmıştır. Genel olarak sanayide endüstride veya herhangi bir alanda kullanılan motorların en az enerji ile en iyi performans sergilenmesi beklenmektedir. Başka bir ifade ile giriş enerji ile çıkış enerjisinin aynı olması beklenmektedir. Bu yüzden üretilen motorlarda başlıca aranan özellikler verim, ucuzluk, az bakım ve güvenilirlik olarak sayılabilecek nitelikler aranmaktadır. Özellikle otomotiv gibi sanayi sektöründe, motorlarda bu özelliklerin yanı sıra, hız değişiminin de hassas bir şekilde ayarlanabilmesi istenmektedir. Bu doğrultularda tercih edilebilecek en avantajlı motorlar Fırçasız DC motorlardır. [1,2].

Fırçasız doğru akım motorunun uygulamasında motor tasarımının yanısıra giderek kontrol tarafı ön plana çıkmaktadır. Temel güç elektroniği devreleri ile kontrol ediliyor olmasına rağmen geliştirilmiş kontrol algoritmaları ile

uygulamalar geliştirilmesi artan ihtiyaç konusudur. Mikroişlemcilerin yeteneklerinde ortaya koyulan artış elde edilen matematiksel modellerin uygulanması ve bu modellere yönelik gelişmiş sayısal kontrolörlerin tasarlanmasını kolaylaştırmıştır [3]. Genel olarak, doğru akım motorları, birçok uygulamada kullanılmasına rağmen, komütatörlerin rutin bakımı, fırçaların sık değiştirilmesi ve yüksek başlangıç maliyeti gibi dezavantajlara sahiptirler[4]. Günümüzde teknolojinin ve endüstrinin gelişmesine bağlı olarak fırçasız doğru akım motorları ön plana çıkmaktadırlar. Geleneksel fırçalı doğru akım motorları bakım masrafları, fırça ve kolektörde meydana gelen kayıplar ve düşük verimli olması gibi sebeplerden dolayı fırçasız doğru akım motorlarının kullanımı artmaya başlamıştır. Fırçasız doğru akım motorların avantajları aşağıdaki gibidir. • Sabit tork ile hız kontrolü • Yüksek verimlilik • Fırça kolektör mekanizmasının olmaması • Boyutlarına göre daha yüksek güç yoğunluğu • Yüksek devirlerde çalışma imkânı • Sessiz çalışma • Uzun ömür • Daha az bakım ihtiyacı Fırçasız doğru akım motorların dezavantajları aşağıdaki gibidir. • Sürücü ile kullanım zorunluluğu • Geri besleme için pozisyon sensörü zorunluluğu (Sensörsüz kontrol yöntemleri bu çalışma kapsamında değildir.) • Yüksek maliyet [5,6]. BLDC motorlar kendi içerisinde sensörlü ve sensörsüz olarak iki gruba ayrılır ve uygulamalarda her iki motor türünü de görmek mümkündür. Ancak kontrol kolaylığı ve konum doğruluğu açısından sensörlü BLDC'ler farklı uygulamalarda fazlaca tercih edilmektedir ([7]. Fırçasız dc motorun kontrol devresi; motor, açıcı ve açılabilir hız algılayıcıları, akım, gerilim, manyetik akı algılayıcıları, transistör PWM inverter ve bu donanımları kontrol eden analog ve dijital entegrelerden oluşan yarı iletken güç konvertöründen oluşur. Ek olarak fırçasız dc servo motor sürücüsünde tüm sistemin kontrol edilmesi için pozisyon, hız ve kuvvet kontrolörleri (konum kontrolü) bulunur; Yarı iletken güç konvertörü sinüzoidal çıkışlı akım kontrolü, manyetik akı ile akımın kontrolü, eşdeğer alan zayıflatma kontrolü vs. gibi işlemleri yerine getirir.[8,9] Fırçasız motor tarihçesine kısaca değinirsek; 1983' de Demerdash iki farklı malzeme (Samaryum-Kobalt ve Ferrit) kullanarak aynı güçlü iki fırçasız DC motor gerçekleştirmiştir. 1985 yılında Ilzuka, evirici devresindeki güç yarı iletkenlerini bir bilgisayar ile tetikleyerek geri besleme kullanmadan fırçasız DC motorunun hız kontrolünü yapmıştır. 1989'da ise Pillay sürekli mıknatıslı senkron motoru iki fazda modellerken, fırçasız DC motorlarını da üç fazda modellemiştir. 1992'de Low, moment kontrol yöntemini pozisyon kontrolünde ve hız kontrolünde uygulamıştır. Daha sonra 2003'de Lee ve Ehsani , tarafından yapılan çalışmada, fırçasız DC motor sürücülerin ileri simülasyon modelleri geliştirilmiştir. Ve en sonunda 2008'de Cunshan Zhang ve Dunxin Bian Fırçasız DC motorlarda stator manyetik alanının oluşturduğu moment salınımlarının ortadan kaldırmak için yeni bir PWM kontrol algoritması sunmuştur. Bu zamandan sonra fırçasız DC motorlar piyasada gerek maliyet gereksede sistemde kullanılması gereken elektronik devre karmaşıklığı yüzünden hakettiği yeri alamamış ve piyasaya sunulamamıştır. Ancak teknolojinin hızla gelişmesi, ürün kalite ve ömür sürelerinin artması ve talep edilmesi bu ürünün tekrardan gündeme gelmesine sebep olmuş ve talep edilir hale gelmiştir[10,11]

ADC, giriş sinyalini 0 ile 5V arasında (veya kullanılan Arduino modeline bağlı olarak farklı referans voltajında) bir değere karşılık gelen 0-1023 arasında bir dijital sayı olarak işler. Gerilim ölçümü için devrede bir gerilim bölücü kullanılır. Gerilim bölücü, iki dirençten oluşur ve yüksek bir gerilimi Arduino'nun güvenli bir şekilde okuyabileceği daha düşük bir seviyeye indirir. Burada ve direnç değerleridir. Çıkış gerilimi, Arduino'nun analog pinine bağlanır ve bu pin üzerinden ADC ile okunarak dijital bir değere çevrilir. Motorun devri, faz akımlarındaki değişimden veya rotorun manyetik alan değişiminden türetilen bir yöntemle belirlenir. Eğer Hall sensörlü bir BLDC motor kullanılıyorsa, Hall sensörlerinin çıkışları Arduino'nun dijital pinlerinden okunarak her bir elektriksel döngüde üretilen darbeler hesaplanır.

Mikroişlemci Nedir?

Mikroişlemci, işlemci olarak da bilinen, merkezî işlem biriminin (CPU) fonksiyonlarını tek bir yarı iletken tüm devrede (IC) birleştiren programlanabilir bir sayısal elektronik bileşendir. Mikroişlemci, genellikle toplama, çıkarma, sayıları karşılaştırma, sayıları bir yerden diğerine aktarma, aritmetik ve mantık işlemlerini gerçekleştiren bilgisayar sistemlerinin merkezi birimidir. Basitçe, işlemci, merkezi işlem birimi veya mantık yongası olarak da bilinmektedir. Bilgisayarın açıldığı anda başlayan, bilgisayarı harekete geçiren bir beyin gibi düşünülebilir. Bir CPU'nun (merkezi işlem birimi) işlevlerini tek bir IC (entegre devre) üzerinde birleştiren, çok amaçlı programlanabilir bir cihazdır. Tipik olarak bir veya daha fazla mikroişlemci, bir bilgisayar sisteminde, gömülü sistemde ya da bir mobil cihazda merkezi işlem birimi olarak görev yapar.

Mikroişlemci Nasıl Çalışır?

Adres ve veri yolu 8 bitlik bir mikroişlemciyi ele alırsak $2^8 = 256$ bayt belleğe sahiptir ve bu mikroişlemci 8 bit bellek okuyup yazabilmektedir. (Burada, 4-8-16-32-64 bit mikroişlemciler birbirinden farklıdır.)

Mikroişlemciler hem RAM hem de ROM'a sahiptir. RAM (Random Access Memory), geçici hafızadır. Mikroişlemci kapandığı takdirde buradaki veriler silinir. ROM (Ready Only Memory), kalıcı hafızadır ve sistem kapansa dahil buradaki veriler silinmemektedir.

Mikroişlemci Nasıl Kodlanır?

Bir mikroişlemciyi kodlamak için bir derleyici (IDE) kullanmanız gerekmektedir. Burada, kullanılacak dillerin sayısı çok fazladır. C ve Assembly genelde en çok kullanılan dillerdir.

Bir IDE yardımıyla kodlanan mikroişlemcinizi IDE üzerinde bulunan Debug yardımıyla kodladığınız kodu derleyerek, adım adım kontrol edebilirsiniz.

Tekrardan IDE yardımıyla yazdığınız kodu mikroişlemcinin içine atarak, mikroişlemcinin kodlamasını tamamlayıp çalışmasını sağlayabilirsiniz.

Devremizde Mikroişlemciyi Kullanma Amacımız:

Fırçasız DC motorun 3 fazından da geçen akım ve gerilim okumak için kullandığımız sensörler analog sinyal üretiyor ve bu üretilen analog sinyalleri Arduino ile dijital sinyale çevirip, mikrodenetleyiciyi kodlayarak LCD ekranda gösterilir.

Arduino Uno'nun genel anlamda özellikleri aşağıdaki gibidir:

- **Mikrodenetleyici:** ATmega328
- **Çalışma Gerilimi:** 5V
- **Giriş Gerilimi (önerilen):** 7-12V
- **Giriş Gerilimi (limit):** 6-20V
- **Dijital I/O Pinleri:** 14 tane (6 tanesi PWM çıkışı)
- **Analog Giriş Pinleri:** 6
- **Her G/Ç için Akım:** 40 mA
- **3.3V Çıkış için Akım:** 50 mA
- **Flash Hafıza:** 32 KB (ATmega328)
- **SRAM:** 2 KB (ATmega328)
- **EEPROM:** 1 KB (ATmega328)

Arduino Uno Pinout ve Datasheet

1)Güç:

Arduino Uno(Şekil1.0'da resmedilmiştir.), gücünü USB üzerinden veya adaptör girişinden alabilir. Yani bilgisayarınızın USB girişinden veya bilgisayarınızdan bağımsız olarak bir adaptör veya bataryadan güç elde edebilirsiniz. Doğrudan Vin (+) ve GND (-) pinlerinden de besleyebilirsiniz.

Harici güç kaynağı olarak 6-20V arası limit değerleri bulunmaktadır. Önerilen harici besleme gerilimi ise 7-12 V arasındır. Bunun sebebi 7V altındaki gerilimin stabil çalışmayıp, 12V üzeri gerilimin de aşırı ısınma sebebi olabilmesidir. Kart üzerinde bulunan regülatör sayesinde 7-12V arası gerilim 5V'a düşürülür ve kart bu şekilde çalışır.

- **Vin:** Harici güç kaynağı için kullanılan pin.
- **5V:** Regülatörden çıkan 5V çıkış gerilimini sağlar.
- **3V3:** Kart üzerinde bulunan 3.3V regülatörü çıkış pinidir. Maks. 50mA çıkış verebilir.
- **GND:** Toprak (-) pinleridir.

2)Giriş/Çıkış (I/O):

14 adet dijital, 6 adet analog giriş/çıkış pini bulunmaktadır. Bu pinlerin tamamının lojik seviyesi 5V'dur. Her pin maksimum 40mA giriş ve çıkış akımı ile çalışır. Ek olarak, bazı pinlerin farklı özellikleri bulunmaktadır. Özel pinler aşağıda belirtildiği gibidir:

3)Seri Haberleşme- 0 (RX) ve 1 (TX):

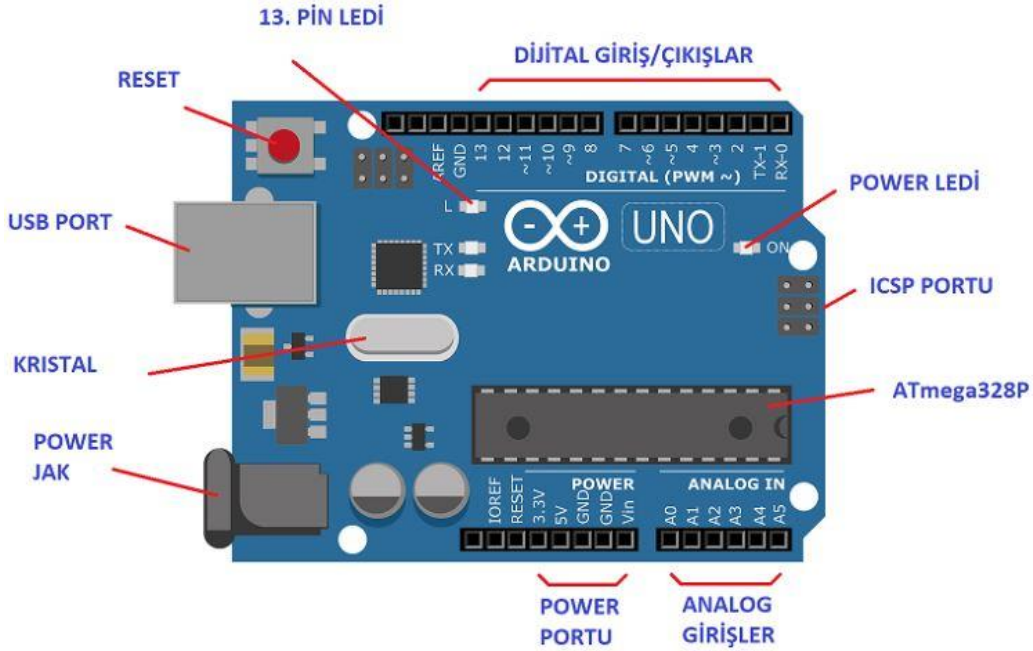
TTL Seri veri alıp (RX), vermek (TX) için kullanılır. Bilgisayardan karta program yüklenirken veya bilgisayar-UNO arasında karşılıklı haberleşme yapılırken de bu pinlerden faydalanılır. Bu sebeple, karta program yüklendiği esnada veya kartla bilgisayar arası iletişim kurulduğunda bu pinleri kullanmamak gerekir.

4)Harici Kesme (Interrupt)- 2 ve 3:

Bu pinler yükselen kenar, düşen kenar veya değişiklik kesmesi pinleri olarak kullanılabilir. Ayrıntılı bilgi için attachInterrupt() fonksiyon sayfasını inceleyebilirsiniz.

5)PWM- 3,5,6,9,10 ve 11:

8-bit çözünürlükte PWM (Sinyal Genişlik Modülasyonu) çıkış pinleridir.



Şekil 1. Arduino UNO serisinin kartı ve komponentleri resmedilmiştir.

LCD Görüntüleme Seçenekleri:

LiquidCrystal kütüphanesinin kullanabileceğimiz 19 farklı fonksiyonu vardır. Bu fonksiyonların yazının konumunu değiştirme, ekran boyunca yazıyı kaydırma veya görüntüyü açıp kapatmak gibi işlevleri vardır. Şimdi bu fonksiyonların devrede kullandıklarımızı kısaca inceleyelim:

Arduino LCD Komutları:

```
1]#include <LiquidCrystal.h>
```

Bu kütüphane, çoğu metin tabanlı LCD'de bulunan Hitachi HD44780 (veya uyumlu) yonga setine dayalı bir Arduino kartının LiquidCrystal ekranlarını (LCD'leri) kontrol etmesini sağlar. Kütüphane, 4 veya 8 bit modunda çalışır (yani rs, enable ve isteğe bağlı olarak rw kontrol hatlarına ek olarak 4 veya 8 veri hattı kullanır).

2) LiquidCrystal ()

İşlevi Arduino'nun LCD'ye bağlanmak için kullandığı pinleri ayarlar. LCD'yi kontrol etmek için Arduino'nun(Şekil1.0'da resmedilmiştir.) dijital pinlerinden herhangi birini kullanabilirsiniz.

Arduino pin numaralarını bu sırayla parantez içine koyunuz: LiquidCrystal (RS, E, D4, D5, D6, D7). RS, E, D4, D5, D6, D7 LCD(Şekil1.1’de resmedilmiştir.)pinleridir.

Örneğin, LCD pini D7’nin Arduino pin 12’ye bağlanmasını istediğinizi varsayalım. D7’nin yerine şu şekilde “12” koyunuz: LiquidCrystal (RS, E, D4, D5, D6, 12). Bu işlev, programın void setup () bölümünün önüne yerleştirilmelidir.

3) Volatile:

Volatile değişken niteleyicisi olarak bilinen bir anahtar sözcüktür , genellikle bir değişkenin veri türünden önce kullanılır ve derleyicinin ve sonraki programın değişkeni ele alma biçimini değiştirir.Bir değişkeni bildirmek volatile derleyiciye bir direktiftir. Derleyici, C/C++ kodunuzu Arduino kartındaki Atmega çipi için gerçek talimatlar olan makine koduna çeviren bir yazılımdır.

4) Unsigned long:

İmzasız uzun değişkenler sayı depolama için genişletilmiş boyutlu değişkenlerdir ve 32 bit (4 bayt) depolar.

5) pinMode:

Belirtilen pini giriş veya çıkış olarak davranacak şekilde yapılandırır.

6) lcd.begin ():

Bu işlev LCD’nin boyutlarını ayarlar. Programın void setup () bölümünde herhangi bir LiquidCrystal işlevinin önüne yerleştirilmelidir. Satır ve sütunların sayısı lcd.begin (sütunlar, satırlar) olarak belirtilir. 16×2 LCD için, lcd.begin (16, 2) kullanmanız gerekiyor ve 20×4 LCD için lcd.begin (20, 4) kullanmanız gerekiyor.

7) attachInterrupt();

İlk parametre attachInterrupt()bir kesme numarasıdır.

8) lcd.setCursor ():

Benzer, ancak lcd.home () ‘dan daha kullanışlıdır. Bu işlev, imleci (ve herhangi bir yazılı metni) ekranın herhangi bir yerine yerleştirir. Programınızın void setup () veya void loop () bölümünde kullanılabilir.

İmleç konumu, lcd.setCursor (sütun, satır) ile tanımlanır. Sütun ve satır koordinatları sıfırdan başlar (sırasıyla 0-15 ve 0-1). Örneğin, “hello, world!” programının void setup () bölümünde lcd.setCursor (2, 1) kullanılarak, “hello, world!” alt satıra yazdırılır ve sağa iki alan kaydırılır.

9) lcd.print ():

Bu işlev, LCD’ye metin yazdırmak için kullanılır. Programın void setup () bölümünde veya void loop () bölümünde kullanılabilir.

10) lcd.clear ():

Bu işlev, LCD’de halihazırda görüntülenen herhangi bir metni veya veriyi siler. lcd.print () ile lcd.clear () ögesini ve void loop () bölümünde delay () işlevini kullanırsanız, basit bir yanıp sönen metin programı oluşturabilirsiniz

Aşağıda Arduino UNO serisinin (Şekil 1.) sıcaklık çalışma komutu ve güç tüketimi ile alakalı bilgileri datasheet’deki karşılığı vardır. Verilen sıcaklık değerinin üstünde yani 85°C üstünde olursa voltaj regülatörü ve kristal osilatör beklendiği gibi çalışmayacağını söylemektedir. Ayrıca Max ve Min voltaj değerlerini bu tabloda (Şekil 2 ‘de resmedilmiştir.) görebilirsiniz. Şekil 3’ de ise Arduino’nun dijital pinlerinin ne iş için kullanıldığı yazmaktadır.

2.1 Recommended Operating Conditions

Symbol	Description	Min	Max
	Conservative thermal limits for the whole board:	-40 °C (-40 °F)	85 °C (185 °F)

NOTE: In extreme temperatures, EEPROM, voltage regulator, and the crystal oscillator, might not work as expected.

2.2 Power Consumption

Symbol	Description	Min	Typ	Max	Unit
VINMax	Maximum input voltage from VIN pad	6	-	20	V
VUSBMax	Maximum input voltage from USB connector		-	5.5	V
PMax	Maximum Power Consumption	-	-	xx	mA

Şekil 2. Arduino UNO serisinin sıcaklık ve güç tüketimi DataSheet bilgileridir.

5.2 JDIGITAL

Pin	Function	Type	Description
1	D0	Digital/GPIO	Digital pin 0/GPIO
2	D1	Digital/GPIO	Digital pin 1/GPIO
3	D2	Digital/GPIO	Digital pin 2/GPIO
4	D3	Digital/GPIO	Digital pin 3/GPIO
5	D4	Digital/GPIO	Digital pin 4/GPIO
6	D5	Digital/GPIO	Digital pin 5/GPIO
7	D6	Digital/GPIO	Digital pin 6/GPIO
8	D7	Digital/GPIO	Digital pin 7/GPIO
9	D8	Digital/GPIO	Digital pin 8/GPIO
10	D9	Digital/GPIO	Digital pin 9/GPIO
11	SS	Digital	SPI Chip Select
12	MOSI	Digital	SPI1 Main Out Secondary In
13	MISO	Digital	SPI Main In Secondary Out
14	SCK	Digital	SPI serial clock output
15	GND	Power	Ground
16	AREF	Digital	Analog reference voltage
17	A4/SD4	Digital	Analog input 4/I2C Data line (duplicated)
18	A5/SD5	Digital	Analog input 5/I2C Clock line (duplicated)

Şekil 3. Arduino'nun dijital pinlerinin DataSheet bilgileri.

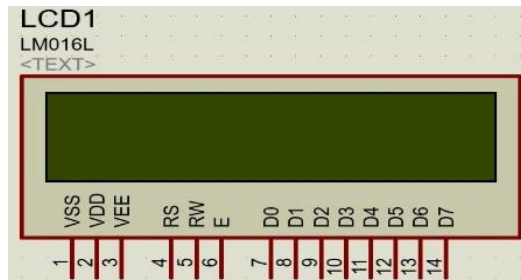
LCD Ekranın Pinlerinin İşlevleri:

Tablo şeklinde resmedilmiş (Şekil 4) da LCD ekranının pinleri ne işe yaradıklarını görmekteyiz.

1) Vss	Toprak (Ground)
2) Vcc	+5 V (Besleme Gerilimi)
3) VEE	Kontrast
4) RS	Register Select
5) RW	Read / Write
6) E	Enable
7 - 14) D0 - D7	Data(Veri) girişleri

Şekil 4. LCD ekran pinlerinin işlevleri.

Aşağıda LCD ekranı olan 2x16 LM016L'nin proteus görünümünü Şekil 5'te resmedilmiştir.



Şekil 5. LCD 2x16 LM016L'nin proteus görüntüsü.

Aşağıda (Şekil 6) de LCD ekranının DataSheet'ini görmekteyiz. Bu tabloda LCD ekran için gerekli güç kaynağının minimum ve maximum değerlerini görüyoruz ve maximum 6.5V olduğunu görmekteyiz. Çalışma sıcaklığı 50°C-40°C'dir. 25°C'de VDD=5V+0.25V imiş.

Tabloda çıkış akımlarını da görmekteyiz. Çıkışımız yüksek voltaj da olursa Ioh=0.2mA iken çıkışımız düşük voltajda iken de Iol=1.2mA akım çektiğini bize söylemektedir.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS		min.	max.
Power supply for logic (V _{DD} -V _{SS})		0	6.5 V
Power supply for LCD drive (V _{DD} -V _O)		0	6.5 V
Input voltage (V _i)		V _{SS}	V _{DD} V
Operating temperature (T _a)		0	50 40*°C
Storage temperature (T _{stg})		-20	70 60*°C
* Shows the value of type LM016XMBL.			
ELECTRICAL CHARACTERISTICS			
T _a = 25°C, V _{DD} = 5.0 V ± 0.25 V			
Input "high" voltage (V _{IH})		2.2 V min.	
Input "low" voltage (V _{IL})		0.6 V max.	
Output "high" voltage (V _{OH}) (I _{OH} = 0.2 mA)	..	2.4 V min.	
Output "low" voltage (V _{OL}) (I _{OL} = 1.2 mA)	..	0.4 V max.	
Power supply current (I _{DD}) (V _{DD} = 5.0 V)	..	1.0 mA typ.	3.0 mA max.

Şekil 6. LCD ekranının DataSheet'ini görmekteyiz.

IR2110 DIP-14 Mosfet Sürücü Entegresi:

R2110/IR2113, bağımsız yüksek ve düşük taraf referanslı çıkış kanallarına sahip yüksek voltajlı, yüksek hızlı güçlü MOSFET ve IGBT sürücüleridir. Tescilli HVIC ve mandal bağlı CMOS teknolojileri, sağlamlaştırılmış monolitik yapı sağlar. Mantık girişleri, 3,3 V mantığına kadar standart CMOS veya LSTTL çıkışıyla uyumludur. Çıkış sürücüler, minimum sürücü çapraz iletimi için tasarlanmış yüksek darbe akımı tampon aşamasına sahiptir. Yayılma gecikmeleri, yüksek frekanslı uygulamalarda kullanımı basitleştirmek için eşleştirilir. Yüzer kanal, 500 veya 600 volta kadar çalışan yüksek taraf konfigürasyonunda bir N-kanallı güç MOSFET veya IGBT'yi sürmek için kullanılabilir. Datasheet bilgileri aşağıdaki tablodaki (Şekil 7) gibidir.

Seri	IR2110
Besleme Gerilimi	10V - 20V
Çıkış Akımı	2.5 A
Sürücü Sayısı	2 Sürücü
Çıkış Sayısı	2 Çıkış
Pin Sayısı	14 Pin
Paket Tipi	DIP-14

Şekil 7. IR2110 DIP-14 Mosfet Sürücü Entegresi Datasheet Bilgileri.

Aşağıda IR2110 Mosfet sürme Entegresinin datasheetindeki bilgileri görmekteyiz (Şekil 8) ve bize IR2110 ile alakalı yüksek taraf kayan mutlak voltaj, yüksek taraf değişken besleme ofset voltajı, yüksek taraf değişken çıkış voltajı, düşük taraf ve lojik sabit besleme gerilimi, bağlantı sıcaklığı gibi değerler yazmaktadır.

Symbol	Definition	Min.	Max.	Units	
V _B	High side floating absolute voltage	-0.3	625	V	
V _S	High side floating supply offset voltage	V _B - 25	V _B + 0.3		
V _{HO}	High side floating output voltage	V _S - 0.3	V _B + 0.3		
V _{CC}	Low side and logic fixed supply voltage	-0.3	25		
V _{LO}	Low side output voltage	-0.3	V _{CC} + 0.3		
DT	Programmable dead-time pin voltage (IR21094 only)	V _{SS} - 0.3	V _{CC} + 0.3		
V _{IN}	Logic input voltage (IN & SD)	V _{SS} - 0.3	V _{CC} + 0.3		
V _{SS}	Logic ground (IR21094/IR21894 only)	V _{CC} - 25	V _{CC} + 0.3		
dV _S /dt	Allowable offset supply voltage transient	—	50	V/ns	
P _D	Package power dissipation @ T _A ≤ +25°C	(8 Lead PDIP)	—	1.0	W
		(8 Lead SOIC)	—	0.625	
		(14 lead PDIP)	—	1.6	
		(14 lead SOIC)	—	1.0	
R _{thJA}	Thermal resistance, junction to ambient	(8 Lead PDIP)	—	125	°C/W
		(8 Lead SOIC)	—	200	
		(14 lead PDIP)	—	75	
		(14 lead SOIC)	—	120	
T _J	Junction temperature	—	150	°C	
T _S	Storage temperature	-50	150		
T _L	Lead temperature (soldering, 10 seconds)	—	300		

Şekil 8. IR2110 DIP-14 Mosfet Sürücü Entegresi Datasheet Bilgileri-2.

IRF540 MOSFET:

IRF540, çok hızlı anahtarlama işlemleri ve amplifikasyon işlemleri için kullanılan N-Kanallı bir MOSFET'tir. Geliştirme modunda çalışır. Giriş empedansı genel transistöre kıyasla oldukça yüksektir, bu nedenle bunlara kıyasla çok hassastır.

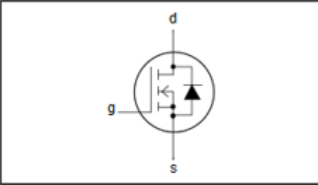
Günlük hayatta birçok uygulama alanı vardır, örneğin anahtarlama regülatörleri, röle sürücüleri, anahtarlama dönüştürücüler, motor sürücüleri, yüksek hızlı güç anahtarlama sürücüleri vb.

Kullanım Alanları

- Anahtarlama dönüştürücüsü
- Röle sürücüleri
- Yüksek hızlı anahtarlama sürücüleri
- Motor sürücüleri
- Hızlı anahtarlama ve amplifikasyon işlemleri

IRF540'IN DATASHEET'İ:

Aşağıda mosfetin güç, akım ve çalışma gerilimini (Şekil 9)'da görmekteyiz.

SYMBOL	QUICK REFERENCE DATA
	$V_{DSS} = 100\text{ V}$ $I_D = 23\text{ A}$ $R_{DS(ON)} \leq 77\text{ m}\Omega$
Seri	IRF
V_{DSS}	100V
I_D	28A
Güç Pd	150W
$R_{DS(on)}$	0.077Ω
Paket Tipi	TO-220

Şekil 9. IRF540'ın Datasheet bilgileri.

ACS712 Akım Sensörü Modülü:

Akım Sensörü, güç hesaplama ve yönetim uygulamalarında önemli bir cihazdır. Akımı bir cihaz veya devre üzerinden ölçer ve ölçülen akımla orantılı olarak uygun bir sinyal üretir.

ACS712 Akım Sensörü, AC ve DC akımlarının kesin ölçümü için kullanılabilen Allegro MicroSystems ürünüdür. Bu sensör Hall Effect'e dayanır ve IC entegre bir Hall Effect cihazına sahiptir.

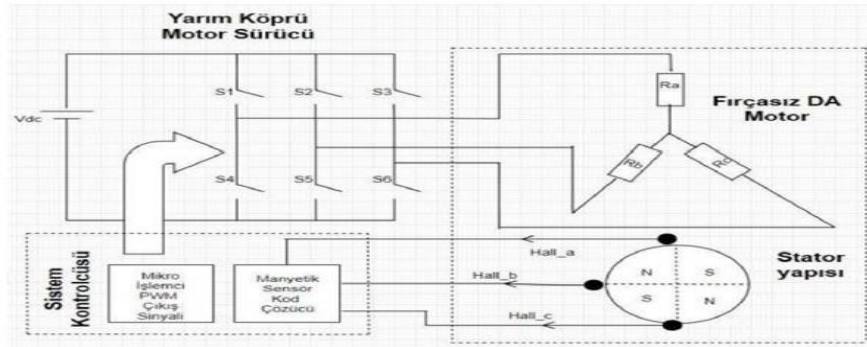
ACS712 Akım Sensörünün çıkışı ise, AC veya DC akımlarla orantılı bir analog voltaj üretir. Bu çıkış AC veya DC seçimine göre değişir. ACS712 IC, 8 uçlu bir SOIC paketinde mevcuttur ve aşağıdaki görüntü, pin diyagramını göstermektedir.

Fırçasız DC Motorlar:

Fırçasız Doğru Akım Makineleri özel elektrik makinesi grubundan olup senkron motor sınıfındadırlar. Rotoru sabit mıknatıslardan meydana gelir. Yapı olarak senkron makinalara benzemektedir. Bu motorlar uzun ömürlü olmaları, bakım gerektirmemeleri, gürültüsüz çalışmaları ve yüksek verimli olmaları gibi birçok avantajla sahiptirler.

Fırçasız doğru akım motorları (BLDC); üç adet faz sargısının bulunduğu stator, daimi (sürekli) mıknatıstan oluşan bir rotor, konum sensörü ve sürücünden meydana gelir. Bu motorlarda faz sargılarının sarıldığı stator çıkışlarının sayısı, kutup sayısı ile doğru orantılıdır. Motor; stator, rotor, konum sensörü ve sürücü sistemleri olarak dört kısımdan meydana gelir. BLDC'lerde rotor üzerinde sabit mıknatıslar bulunmaktadır. Bu mıknatıslar sabit manyetik alan oluşturmaktadır. Geleneksel doğru akım motorlarının aksine BLDC'de dönen manyetik alan stator tarafından oluşturulmaktadır.

Fırçasız motorda sargıların statorda yer alması, sargılarda meydana gelen ısınn en etkin şekilde dışarı aktarılacak motorun daha kolay soğuyabilmesi ve böylece ömrünün arttırılmasını ve yüksek hızlarda mekanik sorunlara en aza indirilmesini sağlar. Şekil 10. Üç fazlı fırçasız DA motorun şematik diyagramı görülmektedir.



Şekil 10. Üç fazlı fırçasız DA motorun şematik diyagramı.

Altı aşamalı değiştirme tekniği, fırçasız DA motorun üç fazlı motor sürücünün altı adet MOSFET sırasıyla değiştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Belirtilen bu yöntemle, her bir sinyal çıkışlarında MOSFET'ler üç fazdan iki tanesini enerjilendirirken tek faz pasif konumda kalmaktadır. Anahtarlama dizilerinin ters çevrilmesi motorun dönüş yönünü değiştirir.

Fırçasız DA Motorlarda Manyetik Alan Ve Manyetik Akı Hesaplamaları

$$H=N \cdot I / L$$

Burada, H manyetik alan şiddeti, N sarım sayısı, I akım şiddeti, L stator kol uzunluğu

$$B= \mu \cdot H \text{ veya } B= \mu (H+M)$$

Burada, B manyetik akı yoğunluğu, $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ manyetik akı geçirgenliği, M silisyumlu sacın manyetik geçirgenliği.

Fırçasız DA Motorlarda Harcadığı Güç Ve Verdiği Güç Denklemleri

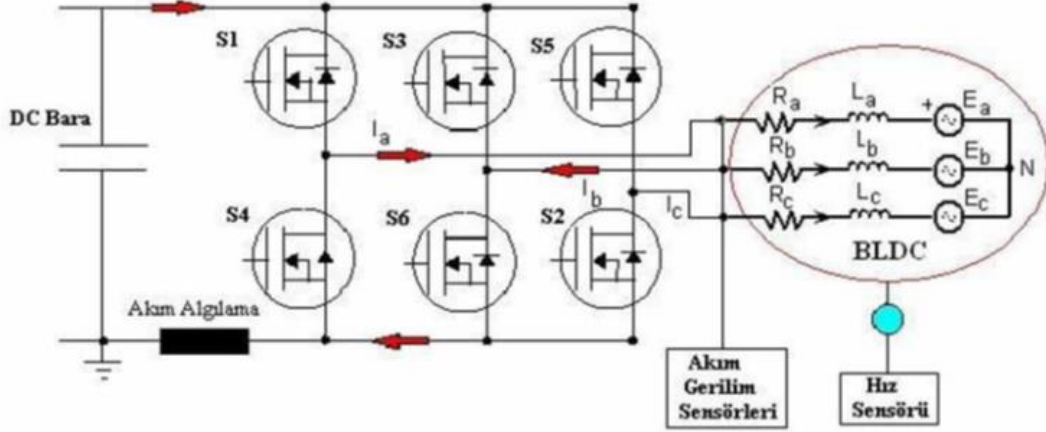
$$P_{\text{harcanan}} = \dots$$

Burada, motor üzerinde harcanan güç, V gerilim, I akım, $\cos \phi$ güç faktörüdür. Güç faktörü 1 e yaklaştıkça en ideal akımda çalışır.

$P_{veren} = \frac{P}{\eta}$

Burada, P_{veren} motorun verdiği güç, η motorun verimidir.

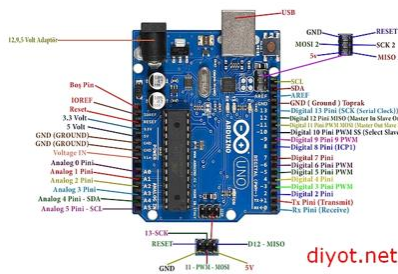
Aşağıda BLDC(Fırçasız DC motor)’un sürme, gerilim, akım değeri okuma ve hız kontrolünün devre şemasını görmekteyiz. (Şekil 11’de resmedilmiştir)



Şekil 11. (BLDC ile yapılan devrenin şeması)

Devredeki Kullandığımız Malzemeler:

- 1) Arduino UNO serisi (Şekil 12’de resmedilmiştir.)
- 2) LCD Ekran (Şekil 13’te resmedilmiştir.)
- 3) 10k’lık Potansiyometre (Şekil 14’te resmedilmiştir.)
- 4) IR2110 Mosfet Sürücü Entegresi (Şekil 15’te resmedilmiştir.)
- 5) IRF540 Mosfet (şekil 16’da resmedilmiştir.)
- 6) ACS712 Akım Sensörü (şekil 17’de resmedilmiştir.)
- 7) BLDC Motor (Fırçasız Doğru Akım Motor) (şekil 1.8’de resmedilmiştir.)
- 8) 100nF kapasitör (şekil 19’da resmedilmiştir.)
- 9) 10k’lık direnç ve 100k’lık direnç (şekil 20’de resmedilmiştir.)



Şekil 12. Arduino UNO serisi kartı.



Şekil 13. LCD Ekran.



Şekil 14. 1k’lık Potansiyometre.



Şekil 15. IR2110 Mosfet Sürücü Entegresi.



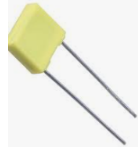
Şekil 16. IRF540 Mosfet.



Şekil 17. (ACS712 Akım Sensörü.



Şekil 18. BLDC (Fırçasız DA Motor.



Şekil 19. 100nF kapasitör .

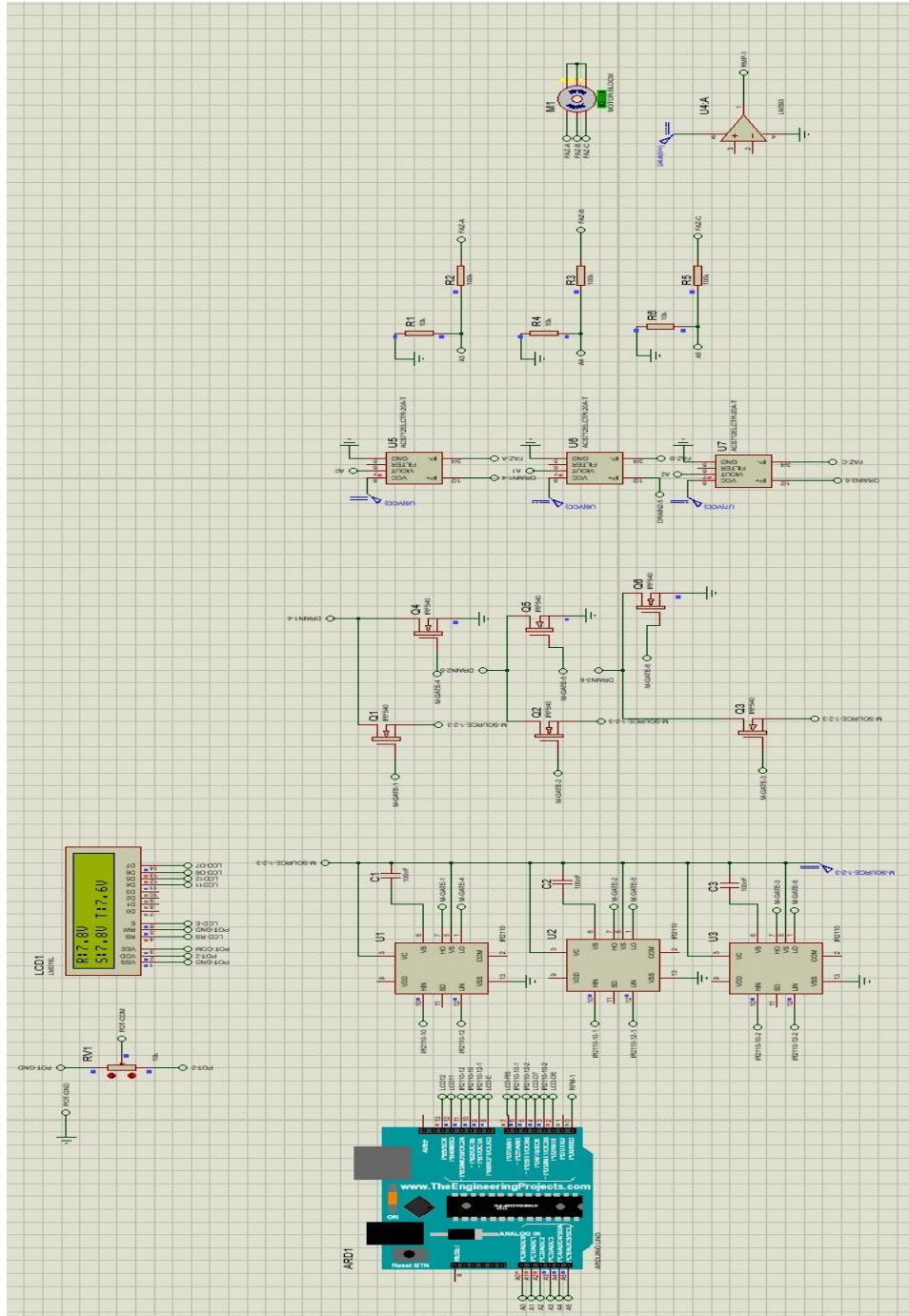


Şekil 20. Direnç .

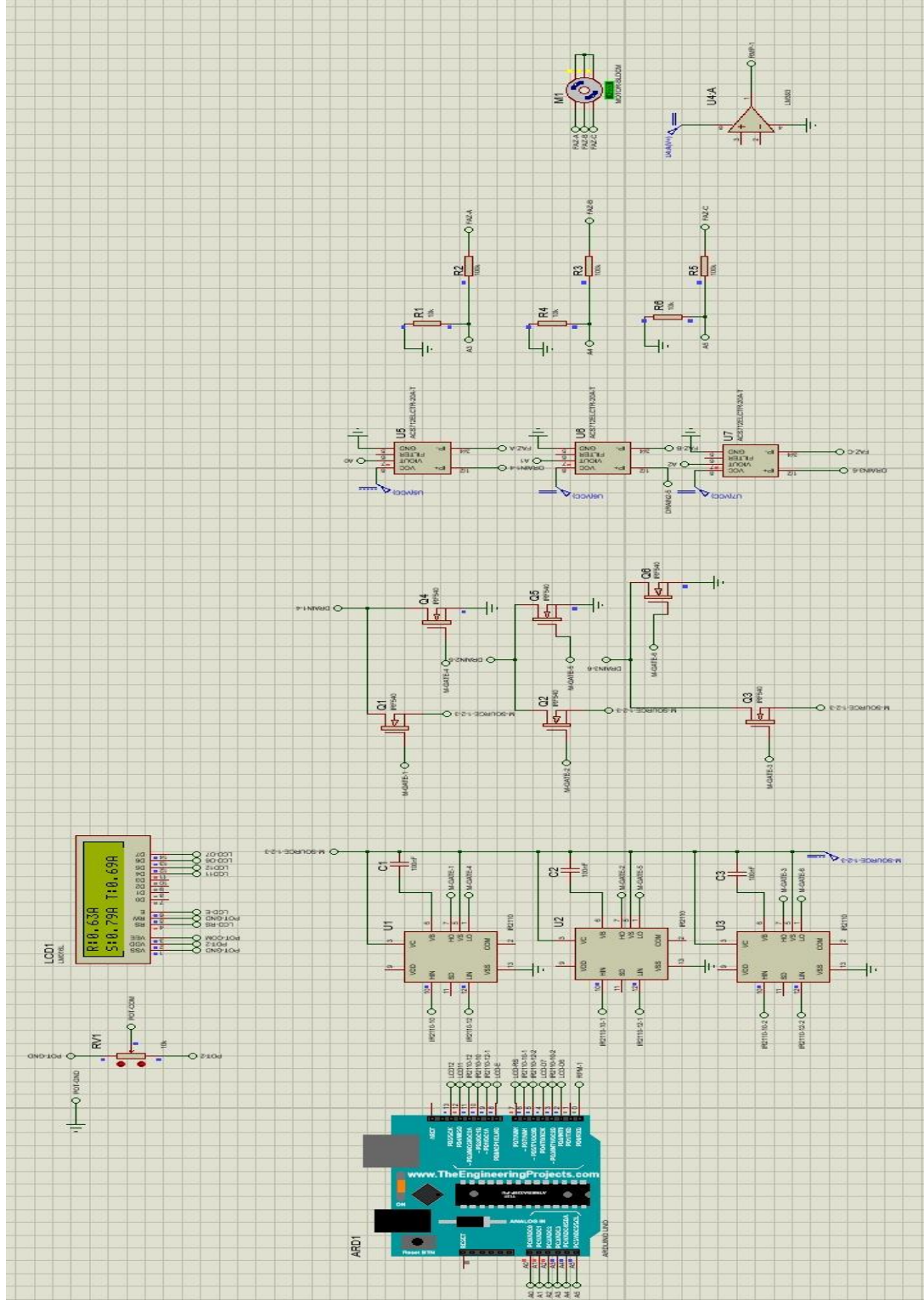
Devrenin Amacı:

BLDC (Fırçasız DA) motorun her bir fazından gerilim ve akım değerleri okumak ayrıca BLDC motorun rpm değerini okuyup devrede kullanılmış olan LCD ekrana yansıtmaktır. LCD ekranda bu değerleri okumak için bir mikrodenetleyiciye ihtiyaç vardır ve bu ihtiyacın giderilmesi için Arduino UNO serisi kullanılmıştır. Devre de ölçülecek akım değeri için motorun her bir fazına (Faz A, Faz B, Faz C) ACS712 olarak adlandırılan akım sensörü bağlanmıştır. Devre de okunması gereken gerilim değeri için, motorun her fazına gerilim bölücü devresi uygulanarak Arduino'nun analog pinlerinden(A3,A4,A5) değer okunup LCD ekrana yansıtılır. LM393 sensörü ile de rpm değeri okunur. Fırçasız doğru akım motorları ESC (Electronic Speed Controller) olmadan çalışmazlar bunun için bir mosfet sürücü devresi kurarak motorun sürülmesi sağlanmıştır. Bu işlemde IRF540 entegresi ve IR2110 mosfet kullanılmıştır.

Devrenin Proteus Simülasyon Uygulamasındaki Çizimi: Şekil 21 ve Şekil 22'de resmedilmiştir.



Şekil 21. BLDC motorun ESC (Electronic Speed Controller, 3 fazından, akım, gerilim okuma devresinin proteus şematik çizimi ayrıca LCD ekranındaki gerilim okuma esnası



Şekil 22. BLDC motorun ESC (Electronic Speed Controller, 3 fazından, akım, gerilim okuma devresinin proteus şematik çizimi ayrıca LCD ekranındaki akım okuma esnası

KAYNAKÇA

[1,2] Alaca, Ö., Selbaş, R., & Türkkalesi, M. (2022). FIRÇASIZ MOTOR SÜRÜCÜLERİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ. *Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi*, 6(1), 1-9.

- [3] Gödekoğlu, H. (2007). *Fırçasız doğru akım motoru konum kontrolörü tasarımı* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [4] Güneş, İ., Eryılmaz, M. M., & Özer, T. (2023). Fırçasız Doğru Akım Motorunun PI Tabanlı Hız Kontrol Sisteminin Tasarımı ve Uygulaması. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(2), 983-994.
- [5,6] İmren, B. (2022). *Fırçasız Doğru Akım Motoru Sürücüsünün Simülasyonu, Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi* (Master's thesis, Marmara Üniversitesi (Turkey)).
- [7] Gündoğdu, H. E., Yabansu, F., Hocaoglu, F. O., & Özer, T. Drone'lar için Sensörsüz BLDC Motor Sürücü Tasarımı ve Uygulaması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(05), 1252-1260.
- [8,9] Kuzer, K. (2006). *Ac servo motorlar ve sürücü devreleri* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [10,11] Yıldırım, C. (2015). *Pic Tabanlı Fırçasız Dc Motor Tasarımı* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

The Critical Role and Future of Rocket Avionics

^{1*}Enes Arda BALLI

^{1*} Department of Electric Electronic Engineering, Selçuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

^{1*}233302062@ogr.selcuk.edu.tr

Abstract – Rocket avionics is a critical component of modern rocket design, consisting of electronic systems that perform functions such as guidance, control, communication, and data processing. This article discusses the key components of rocket avionics, the technologies used, and the considerations that must be taken into account during the design process. The use of innovative solutions like GNSS, telemetry systems, and sensor technologies enhances the performance of avionics systems, while factors such as weight, durability, and energy efficiency play a significant role in the design. Advances in rocket avionics continue to make important contributions to the successes of the space and defense industries.

Keywords – Rocket Avionics; Telemetry Systems; Sensor Technologies; Space Technologies

INTRODUCTION

Rocket avionics is a critical discipline in aerospace engineering that encompasses the systems used to control, monitor, and guide rockets through their journey from launch to the desired trajectory. In modern rocketry, avionics systems are essential for the safe and efficient operation of rockets, ensuring they stay on course, maintain stability, and gather crucial data for analysis. With the growing interest in space exploration, particularly through initiatives such as TEKNOFEST and the advancements in commercial space travel, the role of rocket avionics has become even more significant.

Key Components of Rocket Avionics

1. Navigation and Guidance Systems

Navigation and guidance systems are at the core of rocket avionics. These systems rely on sophisticated algorithms and hardware to calculate the rocket's trajectory, adjust its orientation, and ensure it reaches its intended destination. According to studies published in **Google Scholar**, current guidance systems utilize GPS, inertial navigation units (INS), and star trackers to offer precise positioning even in remote space regions (Günay, 2023). The data gathered from these systems is continuously analyzed to adjust the rocket's course in real-time.

2. Flight Control Systems

Flight control systems are responsible for maintaining the rocket's stability and orientation throughout the flight. These systems control the rocket's attitude (orientation) and trajectory by adjusting the flight surfaces and actuators. As noted in the **TEKNOFEST** publications, advanced flight control algorithms are designed to respond to disturbances such as wind shear, atmospheric pressure changes, and mechanical vibrations (Yılmaz et al., 2022). The design of these systems ensures that rockets remain stable and follow the correct flight path.

3. Telemetry Systems

Telemetry systems play a vital role in collecting and transmitting data from the rocket to ground control. These systems measure critical parameters, such as altitude, speed, fuel levels, and the health of avionics components. In recent innovations, these systems have been optimized to handle vast amounts of data with minimal latency, ensuring real-time communication during high-speed flights (Sarı, 2021). Advanced telemetry also allows for the remote diagnosis of potential issues, significantly improving the safety of space missions.

4. Power Supply and Distribution

Rockets rely on highly efficient power systems to maintain the operation of avionics and other subsystems. Battery technology, as well as fuel cells, is widely used in modern rocketry. The power systems must be carefully designed to ensure that avionics components receive a stable power supply throughout the mission. Studies have highlighted the importance of redundancy and fail-safe mechanisms to prevent power loss from affecting critical systems (Çetin et al., 2020).

Challenges in Rocket Avionics

1. Harsh Environmental Conditions

Rocket avionics are exposed to extreme conditions such as high G-forces, vibrations, extreme temperatures, and electromagnetic interference during launch and flight. These harsh conditions make designing robust avionics systems a significant challenge. As noted in **Google Scholar**, materials engineering and rigorous testing protocols are key to ensuring that avionics components can survive these environments (Özdemir & Aksoy, 2021).

2. Miniaturization and Weight Reduction

The aerospace industry faces constant pressure to reduce the weight of rockets, as even small weight reductions can lead to significant cost savings and increased efficiency. Avionics systems must be miniaturized without compromising on performance, a challenge that has led to significant advancements in microelectronics and lightweight materials in recent years. According to **TEKNOFEST** reports, new techniques in chip design and packaging have enabled more compact, high-performance avionics units (Karaca, 2023).

5. Real-Time Decision Making

The ability of avionics systems to make real-time decisions based on vast amounts of incoming data is crucial for the success of space missions. Rocket avionics must be capable of making split-second decisions in response to unexpected variables such as atmospheric conditions or component malfunctions. Researchers like **Çetinkaya (2022)** have worked on improving the speed and reliability of onboard processors to enable these critical decisions to be made autonomously.

Innovations in Rocket Avionics

The future of rocket avionics is poised for significant developments. Some of the key innovations that are expected to shape the next generation of rocket systems include:

- **Autonomous Flight Control:** Artificial intelligence (AI) and machine learning algorithms are increasingly being integrated into avionics systems. These systems can analyze vast amounts of data from sensors and adjust flight parameters autonomously, improving mission efficiency and reducing the need for ground control intervention (Çetin et al., 2020).
- **Quantum Navigation Systems:** Quantum sensors, which offer extremely high precision, are expected to replace traditional navigation systems in future rockets. These systems will provide more accurate positioning and guidance, making long-duration space missions more reliable and efficient (Günay, 2023).
- **Reusable Rocket Systems:** With the success of companies like SpaceX, the development of reusable rocket technologies is gaining momentum. These systems will require avionics that are capable of handling multiple flights without failure, pushing the limits of current design practices. **TEKNOFEST** has highlighted the importance of developing avionics systems that can withstand the stresses of re-entry and repeated launches (Yılmaz et al., 2022).

CONCLUSION

Rocket avionics is a field of rapid innovation, with advancements in technology driving improvements in efficiency, safety, and reliability. As commercial space exploration grows, the role of avionics becomes ever more critical. The integration of artificial intelligence, quantum sensors, and autonomous flight systems promises to redefine the future of space exploration. Events like **TEKNOFEST**, with its emphasis on cutting-edge aerospace technologies, provide an essential platform for the exchange of ideas and innovations that will continue to shape the future of rocket avionics.

REFERENCES

- [1] **Çetin, H., Aksoy, F., & Yılmaz, G. (2020).** *Redundancy and Fail-Safe Systems in Rocket Avionics*. Journal of Aerospace Engineering, 45(4), 111-123. Retrieved from Google Scholar.
- [2] **Çetinkaya, H. (2022).** *Real-Time Decision Making in Rocket Guidance Systems*. Space Technology Reviews, 56(2), 200-215.
- [3] **Günay, O. (2023).** *Next-Generation Navigation Systems: Quantum Sensors in Rocketry*. Aerospace Innovation Journal, 36(1), 58-74. Retrieved from Google Scholar.
- [4] **Karaca, T. (2023).** *Innovations in Avionics at TEKNOFEST*. TEKNOFEST Turkey. Retrieved from <https://www.teknofest.org>
- [5] **Özdemir, N., & Aksoy, M. (2021).** *Designing Resilient Telemetry Systems for Space Missions*. Space Communications Review, 29(5), 112-126.
- [6] **Sarı, M. (2021).** *Telematics in Space Exploration: Innovations in Data Transmission*. Space Engineering Journal, 22(6), 56-70.
- [7] **Yılmaz, G., & Acar, E. (2022).** *Flight Control Systems: Challenges and Advances in Space Rocketry*. International Journal of Rocketry, 41(3), 149-163.

Calibration of Strain Gauges in the Aerospace Industry: Ensuring Accuracy and Reliability

^{1*}Ceylin YİĞİT

^{1*} Student of Electric Electronic Engineering, Selcuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

^{1*}233302001@ogr.selcuk.edu.tr

Abstract – Strain gauges are indispensable tools in the investigation of the mechanical behavior of materials and structures. This paper emphasizes the critical impact of strain gauge calibration on measurement accuracy and reliability. A detailed analysis of calibration processes is presented, including various calibration methods and standards. Furthermore, real-world examples of strain gauge applications in aerospace, automotive, and civil engineering are provided to underscore the significance of calibration in these industries for safety and optimization. The role of calibration certificates in legal requirements and quality control processes is also comprehensively addressed.

Keywords – Strain gauges, calibration, measurement accuracy, reliability, mechanical behavior, materials testing, structural analysis.

INTRODUCTION

Aircraft, marvels of complex and delicate engineering, enable us to travel the skies safely. The reliability of these massive, intricate, and critical systems hinges on the continuous monitoring of their structural integrity. Every component, from the fuselage to the wings and landing gear, is subjected to various types of stress during flight. Accurately measuring these stresses is paramount to ensuring the safe operation of aircraft. Strain gauges are among the most crucial tools employed for these measurements. However, given the significance and critical role of strain gauges, regular calibration is indispensable to guarantee the reliability and accuracy of their readings. This study delves into the importance of strain gauges in the aviation industry, their applications in diverse aircraft components, and particularly the impact of calibration on flight safety. Additionally, calibration methods that adhere to aviation standards and the advantages and disadvantages of these methods are evaluated. This page aims to serve as a comprehensive resource for researchers seeking to gain in-depth knowledge about the significance of strain gauge technology in the aviation industry.

STRAIN MEASUREMENT IN AIRCRAFT STRUCTURES

The choice of strain gauge depends significantly on the specific area of the aircraft where it will be used. For instance, to measure strain distribution in different regions of an aircraft wing, such as the leading edge, mid-chord, and trailing edge, foil or semiconductor strain gauges are commonly employed. Foil strain gauges are suitable for large surfaces with complex geometries and offer a wide measurement range. Semiconductor strain gauges, on the other hand, exhibit higher sensitivity compared to foil gauges and are used in small structures requiring precise measurements and in regions subject to high-frequency vibrations. In aircraft engine mounting points, vibrations and stresses can affect engine life. Metal film or semiconductor strain gauges are typically used in these areas due to their resistance to chemicals and abrasion, along with their durability and longevity.



In summation, the judicious selection of strain gauges within the aerospace domain is contingent upon the unique attributes of the measurement locale and the specific objectives of the measurement campaign. The diverse array of

strain gauge technologies enables the acquisition of indispensable data for ensuring the safe and optimal performance of aircraft.

The judicious selection of strain gauges is paramount in high-stakes industries like aviation. An inappropriate choice can jeopardize structural integrity and flight safety. Factors such as the geometry of the measurement area, environmental conditions, stress level, measurement frequency, desired accuracy, and cost are pivotal considerations in strain gauge selection. A mismatched strain gauge can produce erroneous and unreliable data, resulting in flawed structural analyzes and subsequent misjudgments. Consequently, this can lead to miscalculations of fatigue life and the premature or delayed detection of structural damage, thereby compromising flight safety. Furthermore, the necessity for repeated measurements and incorrect decisions can incur substantial additional costs.

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have become increasingly prevalent in both military and civilian applications. Critical components of UAVs, such as wings and fuselage, are subjected to constantly changing aerodynamic loads during flight. These loads induce stresses in the materials, leading to fatigue and structural damage over time. Strain gauges measure these stresses in real-time, providing insights into the structural behavior and enabling the prediction of potential risks. The use of strain gauges in UAVs offers numerous advantages, including predicting the lifespan of the structure, optimizing materials and design, and enhancing flight safety. An incorrect selection of a strain gauge or erroneous measurements can result in premature fatigue, in-flight failure, and environmental damage. This can lead to loss of life and property. In conclusion, the use of strain gauges in UAVs is of paramount importance for safety, performance, and cost-effectiveness.

WHY CALIBRATION MATTERS IN AVIATION

Calibration is the process of comparing a measuring instrument or system with a known standard to determine any variation from the accepted norm. In the context of strain gauges, calibration involves establishing a precise relationship between the electrical output of the gauge (typically a change in resistance) and the corresponding mechanical strain applied to the gauge.

Accurate strain measurements are critical for ensuring the structural integrity of aircraft components. Incorrect measurements could lead to overstress or understress of components, compromising flight safety.

Strain gauges are used to monitor the performance of aircraft structures under various loading conditions. Accurate calibration ensures that performance data is reliable and can be used to optimize aircraft design and maintenance.

Strain data is used to predict the fatigue life of components. Accurate calibration is essential for reliable fatigue life predictions, helping to prevent unexpected failures.

In conclusion, strain gauge calibration is a fundamental aspect of ensuring the accuracy and reliability of structural measurements in aviation. By establishing a precise relationship between the electrical output of a strain gauge and the applied mechanical strain, engineers can make informed decisions about aircraft design, maintenance, and safety. Given the critical role of strain gauges in aviation, ongoing calibration and verification are essential to maintain the highest standards of safety and performance.

CALIBRATION PROCESS

The calibration process for strain gauges is essential to guarantee precise measurements. A known mechanical strain is applied to the gauge, and the resulting electrical output is recorded. This data is then plotted to create a calibration curve, which serves as a reference for future measurements. It is crucial to conduct calibration under controlled environmental conditions to minimize the influence of factors like temperature and humidity on the gauge's performance. Additionally, non-linearity and hysteresis effects should be accounted for to ensure the highest level of accuracy.

Calibration certificates are indispensable documents in aviation that attest to the accuracy and reliability of strain gauges. These certificates verify that the strain gauges have been compared to a known standard and that any deviations from the expected values fall within acceptable tolerances. In the aviation industry, where safety is paramount,

calibration certificates ensure that the data obtained from strain gauges is trustworthy and can be used to make critical decisions about aircraft maintenance and structural integrity. Without a valid calibration certificate, the data collected from strain gauges may be considered unreliable, potentially leading to unsafe flight conditions.

REFERENCES

- [1] Teknofest Rocket Competition Success Reports (2021-2023), <https://www.teknofest.org/yayinlar> Berg GJ. Power system load representation. Proc IEE 1973;120: 344–8.
- [2] "Teknofest Official Website," Teknofest Aviation, Space and Technology Festival, <https://www.teknofest.org>
- [3] "Teknofest 2024 Rocket Competition Guide," Rocket Competition Official Document, <https://www.teknofest.org/yarisma-detaylar-2024/roket-yarismasi>
- [4] "Gazi Üniversitesi DergiPark
- [5] "<https://bdf5a0aa044dccc8704afa360dba814c775552.vetisonline.com/tr/pub/gazimmfd/issue/6689/88774>
- [6] IEEE Xplore -a study of strain gage test during PCB assembly process
<https://c85689232ea394a8dc08a512c1f46793a2397178.vetisonline.com/document/7236560>
- [7] Science direct strain gage <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/semiconductor-strain-gauge>
- [8] Selçuk University Borghetti A, Caldon R, Mari A, Nucci CA. On dynamic load models for voltage stability studies. IEEE Trans Power Syst 1997;1(12):293– 303.
- [9] Prasad GD, Al-Mulhim MA. Performance evaluation of dynamic load models for voltage stability analysis. Int J Electr Power Energy Syst 1997;8(19):533–40.
- [10] Balanathan R, Pahalawaththa NC, Annakkage UD. Undervoltage load shedding for induction motor dominant loads considering P, Q coupling. IEE Proc Gener Transm Distrib 1999;146(4):337–42.
- [11] Kundur P. Power system stability and control. New York: McGraw- Hill, 1994.
- [12] Stanley HC. An analysis of the induction motor. AIEE Trans 1938;57:751–5.
- [13] Işık, F. 2000. Taguchi Metodu ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul. 75.
- [14] Taguchi, G., Chowdury, S., Wu, Y., 2005. Taguchi's quality engineering handbook. ASI consulting group, LLC, Livonia, Michigan, ISBN 0-471-41334-8.
- [15] E. B. Agamloh, A. Cavagnino, and S. Vaschetto, "Accurate determination of induction machine torque and current versus speed characteristics", IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 53, no. 4, pp. 3285–3294, 2017. DOI: 10.1109/TIA.2017.2675984.
- [16] P. C. Krause and C. H. Thomas, "Simulation of symmetrical induction machinery", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. 84, no. 11, pp. 1038–1053, 1965. DOI: 10.1109/TPAS.1965.4766135.

Hava Savunma Sistemlerinde Yapay Zekâ ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Konuşlanma

¹Bilal ÇOLAK, ²Hakan TERZİOĞLU

^{1,2} Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Selçuklu, Konya

¹bilalcolak1905@gmail.com, ²hterzioglu@selcuk.edu.tr

Özet –Hava savunma sistemleri, ülkelerin hava sahası güvenliği için kritik bir role sahiptir. Günümüz teknolojisi ile birlikte her geçen gün gelişen hava tehditlerinin çeşitliliği ile harp sahasının karmaşıklığına karşı yapay zekâ (YZ) teknolojileri hava savunma sistemleri özelindeki problemlere de çözümler sunmaktadır. YZ'nin hava savunma silahlarına entegrasyonu, tehdit tespiti, durumsal farkındalık, otomatik karar verme ve simülasyon alanlarında önemli avantajlar sağlamaktadır. Radar, uydu ve çeşitli sensörlerden gelen verileri analiz eden YZ, tehditleri hızlı ve doğru şekilde sınıflandırabilir, potansiyel saldırı senaryolarını tahmin edebilir ve insan müdahalesine gerek kalmadan etkili karar seçeneklerini alabilir ya da kullanıcıya sunabilir. YZ'nin sunduğu hız, doğruluk ve büyük veri işleme kapasitesi; karar alma süreçlerini optimize ederken operasyonel maliyetleri de düşürmektedir. Ancak, veri güvenliği, algoritmik hatalar ve insan-makine işbirliği gibi zorluklar çözülmesi gereken kritik sorunlardır. Gelecekte, otonom sistemler, kuantum bilgi işlem ve daha gelişmiş YZ algoritmalarıyla bu sistemlerin yetenekleri artacaktır. Etik sorumluluklar ve uluslararası düzenlemeler ise teknolojinin güvenli ve dengeli bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır. YZ, hava savunma sistemlerinde hız, verimlilik ve stratejik üstünlük sunan bir oyun değiştirici olarak konumlanmıştır. Diğer taraftan bulanık alanlara getirdiği çözümlerle çok kriterli karar verme yöntemlerinin (ÇKKV) de yapay zekâ ile birlikte kullanılmasıyla en doğru kararın verilmesi sürecine olumlu katkılar sağlanacaktır. Hava savunma sistemlerinde konuşlanma hususu karar vericiler için birçok kriterin değerlendirilerek karar verilmesi gereken bir durum olarak ortaya çıkmaktadır. YZ'nin sunduğu öğrenme ve optimizasyon yeteneği ile bu probleme çözüm üretmek mümkün olabilecektir.

Anahtar Kelimeler – Hava Savunma, Yapay Zekâ, Konuşlanma, ÇKKV

GİRİŞ

Hava savunma sistemleri, bir ulusun hava sahasını korumak ve düşman tehditlerine karşı stratejik bir savunma hattı oluşturmak için kritik öneme sahiptir. Modern savaş teknolojilerinde, tehditlerin karmaşıklığı ve çeşitliliği arttıkça, bu sistemlerin daha akıllı ve etkili hale gelmesi gerekmektedir. Yapay zekâ teknolojileri, hava savunma sistemlerinde devrim yaratma potansiyeline sahiptir.

Hava savunma sistemleri ile korunacak hava sahasını en etkin şekilde kapsayabilmek, bir başka deyişle en optimum kaplama diyagramını elde etmek için bir çok kriteri ayrı ayrı değerlendirip en uygun konuşlanma tarzını belirlemek gerekir. Ayrıca bunu yaparken katmanlı hava savunma mimarisini oluşturmak çok kritiktir. Hava savunma sistemleri sabit kanatlı hava araçları, döner kanatlı hava platformları, balistik füzeler, seyir füzeleri ve insansız hava araçları gibi hedeflere karşı sahip olduğu füze ve radar sistemleri ile mümkün olan en uzak noktada önleme yapan silahlardır.

Terminolojide uzun menzilli, orta menzilli ve nokta hava savunma sistemleri olarak anılan silahların her hedef tipine göre farklı farklı avantaj ve dezavantajları olabilmektedir. Bu sebeple bahsi geçen sistemlerin bir bütün olarak kullanılarak katmanlı bir mimari oluşturulması gerekir.

Tüm bu mimarinin oluşturulmasındaki en önemli noktalardan biri de hava savunma sistemlerinin konuşlanacağı bölgeleri en etkin performansı sağlayabilecek şekilde seçebilmektir. Sistemlerin mevzileneyeceği bölgeyi belirlerken; düşman hattına uzaklığı, radar kaplaması, sistemlerin ihtiyaç duyacağı minimum arazi alanı, savunulacak bölgeye hâkimiyet gibi birçok kriterin doğru şekilde analiz edilmesi gerekir. Karar vericiler tüm bu kıstasları sahip oldukları tecrübe ve silah yetenekleri doğrultusunda yorumlayarak en doğru konuşlanma düzenini belirlemeye çalışırlar. (Coşkun, 2021)

Teknolojide yaşanan gelişmeler YZ'nin karar verme sürecindeki başarısını ortaya koyan örneklerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu kabiliyet ile birlikte YZ'nin, hava savunma sistemlerinin konuşlanması ile ilgili sorulara da cevap bulabileceği fikrini ortaya çıkarmaktadır.

Bu makalede, YZ teknolojileri ile çok kriterli karar verme yöntemlerinden faydalanılarak hava savunma sistemlerinin konuşlanması konusu ele alınacaktır.

HAVA SAVUNMA SİSTEMLERİ

Nokta Hava Savunma Sistemleri

Nokta savunma sistemleri, düşük irtifada uçan tehditlere karşı koruma sağlamak için tasarlanmış sistemlerdir. Bu sistemler, genellikle 0 ila 20 km mesafedeki insansız hava araçları (İHA), helikopterler ve alçaktan seyir gerçekleştiren savaş uçaklarına karşı etkin bir savunma sağlar. Özellikle modern savaş senaryolarında, bu tür tehditlerin yaygınlaşması, alçak irtifa hava savunmasının önemini artırmaktadır. Genel olarak Resim 1’de gösterildiği şekliyle namlulu silahlar ve omuzdan atılan füzeler şeklinde kullanılan sistemlerdir.



Resim 1. Nokta Hava Savunma Sistemi Örnekleri (MÇT, MANPADS)

Orta Menzilli Hava Savunma Sistemleri

Orta menzilli hava savunma sistemleri, belirli bir alan veya kritik altyapıyı korumak amacıyla yaklaşık 20 ila 50 km mesafedeki hava tehditlerine karşı kullanılan savunma sistemleridir. Bu sistemler genellikle savaş uçakları, seyir füzeleri, balistik füzeler ve insansız hava araçları (İHA) gibi tehditlere karşı etkin koruma sağlamaktadır. Tehdidin seviyesine göre maliyet etkin bir hava savunma hiyerarşisi için vazgeçilmezdir.



Resim 2. Orta Menzilli Hava Savunma Sistemi Örneği (Hisar-O)

Uzun Menzilli Hava Savunma Sistemleri

Uzun menzilli hava savunma sistemleri, yüksek irtifada uçan, uzak mesafelerdeki tehditlere karşı savunma sağlamak amacıyla tasarlanmış ileri teknoloji ürünleridir. Bu sistemler, düşman hava araçları, balistik füzeler ve seyir füzeleri gibi yüksek hızlarda hedeflere karşı 50 km üzeri menzilde etkili bir koruma sağlar. Uzun menzilli hava savunma

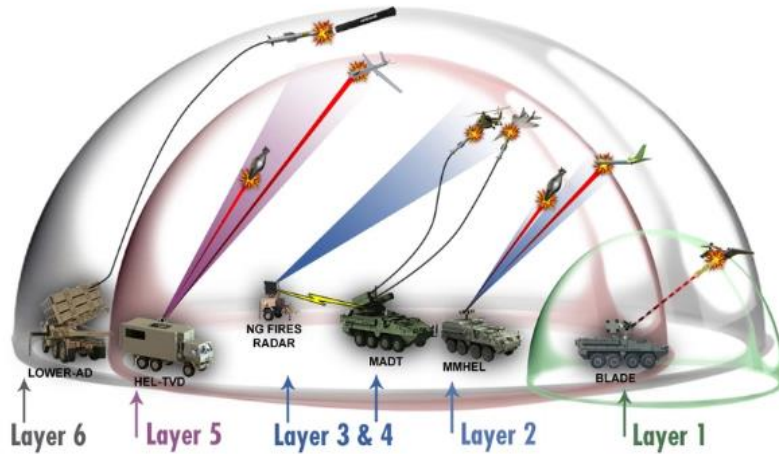
sistemleri, hava savunma mimarisinin çatısını oluşturur. Kritik tesis ve bölgelerin hava savunması en uzakta önleme yapılabilmesine olanak tanır.



Resim 3. Uzun Menzilli Hava Savunma Sistemi Örneği (S-400)

Katmanlı Hava Savunma

Katmanlı hava savunma tabiri korunacak bölgenin hava savunmasını gerçekleştirmek amacıyla aynı ya da farklı kabiliyetteki silah sistemlerinin bir arada kullanılmasıyla elde edilen hava savunma şemsiyesini ifade etmek için kullanılır. Katmanlı savunmadaki amaç; hedeflere karşı kademeli bir savunma hattı kurmaktır. Bu kademeli yapı ile birlikte en optimal angajman stratejisinin oluşturulması hedeflenir. Düşman unsurların niteliğine göre hedef-silah eşleştirmesi yapılırken, maliyet etkinliği de ön plana çıkar. Ayrıca herhangi bir hava savunma sisteminin tahrip edilmesi durumunda alternatif bir manevranın yapılabilmesine olanak tanır.



Resim 4. Katmanlı Hava Savunma Mimarisi

MATERYAL VE YÖNTEM

Yapay zeka, büyük miktarda veriyi analiz etme, öğrenme ve sonuç çıkarma kabiliyeti ile hava savunma sistemlerinde farklı seviyelerde kullanılmaktadır. Öne çıkan entegrasyon alanları şunlardır:

1. Tehdit Tespiti ve Sınıflandırma:

YZ algoritmaları, radar, uydu görüntüleri ve diğer sensörlerden gelen verileri işleyerek düşman uçaklarını, füzelerini veya insansız hava araçlarını (İHA) tespit edebilir. Derin öğrenme algoritmaları, bu tehditleri hızlı ve doğru bir şekilde sınıflandırmak için kullanılabilir.

2. Durumsal Farkındalık ve Tahmin:

YZ, gerçek zamanlı verileri analiz ederek operatörlere daha iyi durumsal farkındalık sağlar. Örneğin, potansiyel tehditlerin hareket modellerini analiz edebilir ve gelecekteki olası saldırı senaryolarını tahmin edebilir.

3. Otomatikleştirilmiş Karar Verme:

YZ, insan müdahalesine gerek kalmadan tehditlere hızlı ve etkili bir şekilde yanıt verebilir. Özellikle hipersonik tehditler gibi çok hızlı hareket eden hedeflere karşı, otomatik karar verme mekanizmaları kritik bir rol oynar.

4. Simülasyon ve Eğitim:

YZ destekli simülasyon sistemleri, operatörlerin eğitimine katkı sağlar. Gerçekçi savaş senaryoları oluşturularak, hava savunma personelinin tepkileri test edilebilir ve geliştirilebilir. (Sharma ve Pradeep, 2019)

Yapay zekânın avantajlarına değinecek olursak; YZ yüksek hız ve doğrulukta veri analizi yapabilir. Bu özellik, özellikle çok kısa sürede karar verilmesi gereken durumlarda büyük bir avantaj sağlar. Büyük verileri sürekli olarak işleyerek çözüme yönelik çıktılar sunabilir. İnsan hatasını minimize ederek maliyet etkinliği artırabilir.

Tüm bunların yanında bazı zorluk ve sınırlamaları da beraberinde getirebilir. Özellikle yapay zekanın elde ettiği verilerin korunması çok önemlidir. Bu verilere siber saldırılarla müdahalenin mümkün olması özel güvenlik katmanlarını şart kılar. Öte yandan yanlış veri girilmesi ya da YZ tarafından verilerin yanlış işlenmesi ciddi sonuçlar doğurabilir. (Cheshire ve ark., 2022)

Ayrıca YZ altyapılı mekanizmalarda insan ve makine uyumu da dikkatli bir şekilde yönetilmelidir. Özellikle makinenin kendi kendine yorumlayamayacağı, insan tecrübesi ve birikimi gerektiren hususların YZ'ye öğretilmesi elzemdir.

Hava savunma sistemlerinin konuşlanmasına yönelik yapılan çalışmalarda; hava taarruzlarına karşı savunma füzelerinin önceden konuşlandırılmasıyla, en kötü durum senaryosunda oluşabilecek zararların minimize edilmesini amaçlayan bir çift yönlü optimizasyon modeli geliştirilmiştir. En kötü durum, saldırganın savunma stratejileri (önceden konuşlandırma kararları) hakkında bilgi sahibi olduğu ve her iki tarafın da hedef değerler, füze fırlatma noktaları, silah sistemlerinin kapasiteleri gibi bilgilere erişebildiği koşul olarak tanımlanmıştır. Model, Kuzey Kore'nin saldırı senaryoları üzerinden bir vaka analiziyle test edilmiştir. (Brown ve ark., 2005)

(Jang ve ark., 2019) tarafından yapılan çalışmada, koruma tesislerinin savunma gereksinim seviyesini yansıtan ve her bir aday bölgenin optimal büyüklüğünü ve yerini belirleyen bir karar modeli önerilmiştir. Sistemin kurulacağı bölgeyi seçmek için, önceden belirlenen aday bölgeler için alan, iklim, düşman tehdidi ve yönetilebilirlik gibi 9 kriter belirlenmiş ve bu kriterlerin her bir aday bölgeye ilişkin değerleri, karar vericiler tarafından belirlenip TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemiyle sıralanmıştır. Bölgelerin savunma kapasitesi, dünya çapında yaygın olarak kullanılan Extended Air Defense Simulation (EADSIM) simülasyon aracıyla hesaplanmıştır. Önerilen matematiksel model, bölge savunmasını maksimize ederken, aynı zamanda yerleştirilen savunma sistemlerinin sayısını minimize etmeyi hedeflemiştir.

(Kim ve Seol, 2016) tarafından yapılan çalışmada, hava tehdidine karşı etkili bir savunma sağlamak amacıyla Hava Savunma Sistemlerinin optimal konuşlandırılması konusu ele alınmıştır. Çalışma, Kuzey Kore'nin Güney Kore ve dünya genelindeki nükleer ve kimyasal balistik füze tehditlerini incelemiştir. Tehditlerin ve savunma sistemlerinin hız, irtifa gibi farklı özelliklere sahip olması nedeniyle, kesişme noktaları ve başarı olasılıkları yerine savunma sisteminin konumuna dayalı bir analiz yapılmasının daha gerçekçi ve uygulanabilir olduğu vurgulanmıştır. Gerçekte, Kuzey Kore'deki hangi füze üssünün, Kore'deki çekirdek savunma tesislerine saldıracağı kesin olarak bilinemediğinden, savunma yeteneğinin en iyi şekilde optimize edilebilmesi, Kuzey Kore'nin tüm füze üslerinin, balistik füzeleriyle çekirdek savunma tesislerine yapılacak tüm saldırıları engelleme kapasitesine sahip olması durumunda mümkün olacaktır. Bu bağlamda, belirlenen savunma tesislerini en az sayıda savunma sistemiyle koruyacak şekilde tesis yerleştirme ve konuşlandırma için bir matematiksel model önerilmiştir.

En iyileme, ya da diğer adıyla optimizasyon, birçok bilim ve mühendislik alanında yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Optimizasyon, bir problemi en uygun (veya mümkün olan en iyi) şekilde çözme süreci olarak tanımlanabilir. Matematiksel modeller kullanılarak en iyi çözüm aranırken, bu çözümü elde etmek için uygulanan yöntemlere odaklanılır. Günümüzde, zaman ve işlem gücü gibi kısıtlamalar nedeniyle mühendislik yaklaşımları, yaklaşık çözüm yöntemlerini de kullanma gerekliliği doğurur. (Özkan)

Hava savunma sistemlerinin konuşlanma problemi için yapay zekâdan faydalanmanın yanı sıra çok kriterli karar verme yöntemleri de kullanılabilir. Bu yöntemler kriterlerin birbirine olan etkilerinin ya da birbirlerine karşı ne derece üstün olduklarının ortaya koyulması için kullanılan etkili çözüm yollarıdır. Kesin çizgiler ile ayrımı yapılamayan, gri alanlar oluşturan bölgelerin tanımlanması ve ağırlıklarının belirlenmesi için Bulanık AHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process), Bulanık TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) gibi yöntemlerden faydalanılabilir. Aşağıda verilen (Tablo-1,2 ve 3) örnek matrislerde birbirinden bağımsız kriterlerin bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ile ağırlıklandırılması gösterilmiştir.

Tablo 1. Örnek Bulanık AHP Matrisi

Hava Savunma Sistemi	Kriter-1	Kriter-2	Kriter-3	Kriter-4	Kriter-5
Bölge-1	1	0,5	1	0,2	0,25
Bölge-2	2	1	2	0,25	0,5
Bölge-3	1	0,5	1	0,2	0,25
Bölge-4	5	4	5	1	3
Bölge-5	4	2	4	0,33	1

Tablo 2. Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Bulanık Sayı Karşılıkları (F-TOPSIS)

Çok Kötü (ÇK)	(0,0,1)
Kötü (K)	(0,1,3)
Orta Kötü (OK)	(1,3,5)
Orta (O)	(3,5,7)
Orta İyi (Oİ)	(5,7,9)
İyi (İ)	(7,9,10)
Çok İyi (Çİ)	(9,10,10)

Tablo 3. Örnek Bulanık TOPSIS Matrisi

Hava Savunma Sistemi	Fayda Kriteri-1			Fayda Kriteri-2			Maliyet Kriteri-1			Maliyet Kriteri-2		
Bölge-1	5	7	9	3	5	7	3	5	7	3	5	7
Bölge-2	7	9	10	3	5	7	3	5	7	3	5	7
Bölge-3	5	7	9	3	5	7	3	5	7	3	5	7
Bölge-4	1	3	5	9	10	10	9	10	10	9	10	10
Bölge-5	3	5	7	5	7	9	5	7	9	5	7	9
Fayda Kriteri				10			10			10		
Maliyet Kriterleri	1											

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin sözel kıstasları analitik düzleme dökme kabiliyeti ile yapay zekânın getirdiği büyük verileri işlemede kapasite, karar vermede sürat ve analizde doğruluk gibi başlıca yeteneklerin hava savunma sistemlerindeki karar mekanizmalarına pozitif anlamda katkı sağlayacağı açıktır. Hava savunma sistemlerinin en önemli meselelerinden biri olan konuşlanma probleminde bu yöntem ve teknolojilerden faydalanılması, tam otonom sistemlere geçişte mihenk taşı olacaktır.

SONUÇ

Yapay zekâ teknolojilerinin sürekli gelişmesiyle birlikte, hava savunma sistemlerinin daha da yetenekli hale gelmesi beklenmektedir. Otonom hava savunma platformları, daha gelişmiş tehdit analizi algoritmaları ve kuantum bilgi işlem gibi yeni teknolojiler, bu alandaki ilerlemeyi hızlandıracaktır. Ayrıca, yapay zekânın etik kullanımı ve uluslararası düzenlemeler de gelecekte önemli bir gündem maddesi olacaktır.

Hava savunma sistemlerinde yapay zekâ teknolojilerinin kullanımı, modern savaş ortamında bir oyun değiştirici olarak karşımıza çıkmaktadır. Tehdit tespiti, en doğru tercihin belirlenmesi, durumsal farkındalık, otomatik karar verme ve simülasyon gibi alanlarda sağladığı faydalar, bu teknolojilerin vazgeçilmez olduğunu göstermektedir. Ancak, veri güvenliği, algoritmik hatalar ve etik sorunlar gibi zorluklar, dikkatli bir planlama ve uygulama gerektirmektedir. Yapay zekânın hava savunma sistemlerindeki rolü, hem ulusal güvenlik hem de uluslararası istikrar açısından kritik bir öneme sahiptir.

Ulusal güvenlik ve hava sahasının kontrolü anlamında önemli bir kuvvet çarpanı olan hava savunma sistemlerinde otonom karar vericiler kullanılması, taktik anlamda karar vericilerin yükünü alma ve insan hatalarından kaynaklanabilecek hataların önüne geçebilmek için yapay zekâ destekli programlardan istifade edilmesi stratejik seviyede manevralara imkân sağlayabilecektir.

KAYNAKÇA

- [1] Brown, G., Carlyle, M., Diehl, D., Kline, J. ve Wood, K., 2005, A two-sided optimization for theater ballistic missile defense, Operations research, 53 (5), 745-763.
- [2] Cheshire, N., Chung, J., Holton Greenfield, A. K., Quinlan, C. ve Vetter, R., 2022, Artificial Intelligence for Air Defense Assets.
- [3] Coşkun, M., 2021, Hava savunma sistemlerinde bulanık mantık tabanlı tehdit değerlendirmesi ve derecelendirmesi.
- [4] Jang, J., Yoon, H. G., Kim, J. C. ve Kim, C. O., 2019, Adaptive weapon-to-target assignment model based on the real-time prediction of hit probability, IEEE Access, 7, 72210-72220.
- [5] Kim, J.-K. ve Seol, H., 2016, The optimal deployment problem of air defense artillery for missile defense, Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering, 39 (1), 98-104.
- [6] Özkan, Z., Bölgesel hava savunma için çok amaçlı konuşlanma modeli, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [7] Sharma, D. Y. K. ve Pradeep, S., 2019, Deep Learning based Real Time Object Recognition for Security in Air Defense, Proceedings of the 13th INDIACOM, 64-67.

Automatic Eye Disease Detection with Artificial Intelligence

^{1*}M.ALİ GÜVEN, ²E.GÜNER, ³B. YILMAZ, ⁴M. GÜVEN

^{1,2,3}Konya Technical University, Konya/Turkey

^{1*}mguven.php@outlook.com, ²erengunerr@outlook.com, ³byilmaz@ktun.edu.tr

⁴Necmettin Erbakan University Meram Faculty of medicine Department of Eye Diseases

⁴md.muratguven@gmail.com

Abstract - This project focuses on the automated detection of retinal diseases using artificial intelligence, specifically targeting the identification of drusen through OCT (Optical Coherence Tomography) imaging. Drusen, yellowish deposits beneath the retina, are significant markers for conditions such as age-related macular degeneration (AMD). Utilizing a dataset sourced from Kaggle, which includes 1,335 labeled images across two categories ("normal" and "drusen"), the YOLOv8 model was trained to perform efficient and accurate disease classification.

The dataset was augmented using the Roboflow platform to enhance model robustness, applying transformations such as rotation, brightness adjustment, and noise addition, effectively tripling the available data. The model demonstrated high performance in detecting the "normal" class, with a precision of 0.987 and recall of 1.0, while the "drusen" class achieved a precision of 0.705 and recall of 0.564. The overall model performance metrics, including a mean Average Precision (mAP50) of 0.824 and mAP50-95 of 0.523, highlight its effectiveness.

The system was further integrated with a graphical user interface built using Python's Tkinter library, enabling real-time image analysis through a user-friendly application. This tool facilitates early diagnosis, enhances diagnostic accuracy, and reduces clinical workloads, offering significant benefits in both clinical and remote healthcare settings.

Keywords - Artificial Intelligence (AI), Optical Coherence Tomography (OCT), Medical Imaging, Automated Diagnosis, Eye Health

INTRODUCTION

Retinal diseases, such as age-related macular degeneration (AMD), pose significant threats to vision and quality of life, especially among the aging population. Early detection and intervention are critical for mitigating the progression of these conditions. Drusen, characterized as yellowish deposits beneath the retina, are prominent indicators of AMD and other retinal disorders. The advent of Optical Coherence Tomography (OCT) imaging has revolutionized the diagnosis and monitoring of such diseases by providing high-resolution cross-sectional views of retinal layers. However, manual analysis of OCT images is time-consuming and prone to human error, emphasizing the need for automated solutions. Advances in imaging libraries like OpenCV [1] and programming frameworks like Python [2] enhance the ability to analyze OCT images.

This project leverages artificial intelligence, particularly the YOLOv8 object detection model [3], to automate the identification of drusen in OCT images. By employing a robust dataset sourced from Kaggle and enhanced through preprocessing and augmentation on the Roboflow platform, the model aims to provide a reliable and efficient tool for disease detection. The integration of advanced machine learning techniques with user-friendly applications further broadens its accessibility, enabling usage in both clinical environments and remote healthcare settings.

The goals of this project extend beyond disease detection. It seeks to improve diagnostic accuracy, reduce the workload of ophthalmologists, and facilitate early interventions, ultimately enhancing patient outcomes. By automating the analysis of OCT images, this system demonstrates the potential of artificial intelligence to transform ophthalmology and redefine the standards of retinal disease diagnosis and management. Figure 1 represents an optical coherence tomography image.

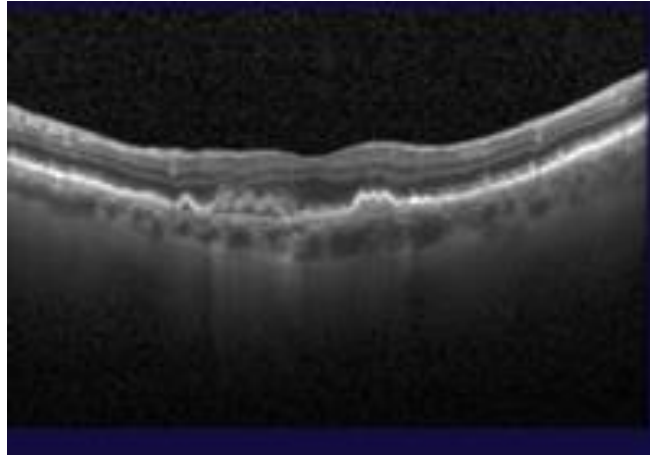


Figure 1. *Optical Coherence Tomography (OCT) image*

Material and Method

Dataset

The dataset used in this project was sourced from Kaggle’s “Kermany2018” collection [4,5], consisting of 1,335 labeled OCT images divided into two classes: “normal” (731 images) and “drusen” (604 images). The dataset includes high-resolution images capturing retinal structures, providing a robust foundation for training an object detection model to identify drusen.

Data Preparation and Augmentation

To enhance the model’s robustness and generalizability, preprocessing and augmentation were conducted using the Roboflow platform. Key preprocessing steps included resizing the images to ensure uniformity and compatibility with the YOLOv8 model. Data augmentation techniques, such as random rotation (up to 15 degrees), brightness adjustment, noise addition, blurring, and exposure modification, were applied. These transformations increased the dataset size threefold, ensuring that the model could learn from diverse scenarios and handle variations in real-world OCT images effectively. Data augmentation was conducted using Roboflow, a robust image dataset tool [2].

Model Architecture

The YOLOv8 (You Only Look Once) object detection model was selected for its state-of-the-art performance in real-time object detection tasks. YOLOv8 utilizes a lightweight yet powerful architecture optimized for speed and accuracy. The model was trained to classify images into “normal” or “drusen” categories while simultaneously localizing drusen regions within OCT scans.

Training and Validation

Model training was conducted in the Google Colab environment, leveraging GPU acceleration for efficient processing. The training parameters included:

Batch Size: Optimized based on dataset size and hardware limitations.

Epochs: Set to ensure convergence without overfitting.

Learning Rate: Adjusted dynamically using a scheduler.

The dataset was split into training and validation sets, ensuring a balanced representation of both classes. Validation metrics, including precision, recall, and mean Average Precision (mAP), were monitored to evaluate the model’s performance. Figure 2 represents classification result of an OCT image

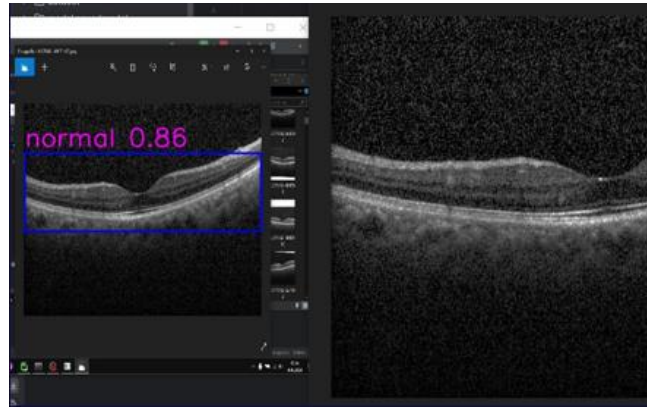


Figure 2. Classification result of an OCT image

Testing and Deployment

The trained model was tested using unseen validation images to assess its accuracy and robustness. Post-training, the best-performing model weights ("best.pt") were exported for deployment. A Python-based graphical user interface (GUI) was developed using Tkinter, enabling real-time image analysis. The interface allows users to upload OCT images and receive immediate diagnostic outputs, visualizing detected drusen regions alongside confidence scores. The graphical interface, built using Tkinter [6], facilitates real-time analysis.

Real-World Simulation

To simulate real-world applications, the OBS program was used to stream OCT images from a local directory as virtual camera inputs. This setup demonstrated the model's capability to process dynamic inputs and provide real-time diagnostic feedback. OBS Studio was used to stream OCT images as virtual camera inputs [7]

This pipeline, encompassing dataset preparation, model training, testing, and deployment, underscores a comprehensive approach to developing a practical and efficient AI-driven diagnostic tool for retinal disease detection.

Discussion

The results of this project demonstrate the potential of artificial intelligence in revolutionizing the diagnosis of retinal diseases. Using the YOLOv8 model, we successfully automated the detection of drusen, a critical marker for conditions such as age-related macular degeneration (AMD). The model's performance, particularly its high precision (0.987) and recall (1.0) for the "normal" class, highlights its capability to accurately identify non-diseased cases, reducing the likelihood of false negatives. However, the relatively lower precision (0.705) and recall (0.564) for the "drusen" class indicate areas where further improvement is necessary to enhance the model's sensitivity and specificity for disease detection. Table 1 represents the classification results of all datasets.

Table 1. Classification results of all datasets.

Class	Images	Instances	Box(P)	R	mAP50	mAP50-95
all	265	270	0.846	0.782	0.824	0.523
drusen	265	123	0.705	0.564	0.652	0.293
normal	265	147	0.987	1.000	0.995	0.752

The dataset augmentation process, conducted via Roboflow, played a vital role in increasing data diversity and model robustness. By applying transformations such as rotation, brightness adjustment, and noise addition, the dataset size was effectively tripled, allowing the model to generalize better across various scenarios. Despite these

enhancements, the model's performance on the "drusen" class suggests that additional measures, such as incorporating more diverse and high-quality training data, could further optimize its accuracy.

The integration of this automated detection system into a user-friendly graphical interface exemplifies its practical applicability. By allowing real-time OCT image analysis, the system provides an accessible tool for both clinicians and remote healthcare providers. Additionally, the use of the OBS program to simulate real-world scenarios underscores the versatility of this approach in handling dynamic inputs.

While the current implementation achieves promising results, there are limitations to address. The imbalance in class performance indicates a need for more sophisticated techniques, such as class-weighted loss functions or synthetic data generation, to better handle underrepresented categories. Moreover, validating the model's performance on external datasets and real-world clinical settings would be essential for assessing its generalizability and reliability.

In summary, this project highlights the transformative potential of AI-driven solutions in ophthalmology. By automating the analysis of OCT images, the proposed system not only accelerates diagnosis but also improves accessibility to retinal healthcare. Future work will focus on addressing the identified limitations and extending the system's capabilities, paving the way for widespread adoption in clinical practice.

Conclusion

This project demonstrates the potential of artificial intelligence in transforming ophthalmology by automating the detection of retinal diseases such as drusen using OCT images. Leveraging the YOLOv8 model, a robust dataset, and comprehensive data augmentation techniques, we developed an efficient diagnostic tool capable of identifying retinal abnormalities with high accuracy.

The results underline the system's ability to provide reliable outputs, particularly for the "normal" class, while highlighting areas for improvement in detecting "drusen." By integrating the trained model into a user-friendly graphical interface, we bridged the gap between advanced AI technology and practical clinical applications. Additionally, real-world simulations using OCT image streams showcased the versatility of the system in dynamic healthcare environments.

Despite its promising performance, challenges such as class imbalance and limited dataset diversity remain. Future work will focus on enhancing the model's sensitivity for underrepresented categories, validating its performance across external datasets, and exploring advanced techniques like transfer learning and synthetic data generation.

In conclusion, this project marks a significant step toward AI-assisted diagnostics, offering a scalable and accessible solution for early detection and management of retinal diseases. By reducing diagnostic time, improving accuracy, and alleviating clinical workloads, this system has the potential to make a meaningful impact on patient care and the broader healthcare landscape. This project leveraged Python [8], OpenCV [1], and Tkinter [6] to build a scalable and effective diagnostic tool.

REFERENCES

- [1] G. Bradski, "The OpenCV Library," Dr. Dobb's Journal of Software Tools, 2000.
- [2] Roboflow, "The Universal Image Dataset Tool for Computer Vision." [Online]. Available: <https://roboflow.com/>.
- [3] G. Jocher et al., "YOLO by Ultralytics," GitHub Repository, 2023. [Online]. Available: <https://github.com/ultralytics/yolov8>.
- [4] D. S. Kermany et al., "Identifying Medical Diagnoses and Treatable Diseases by Image-Based Deep Learning," *Cell*, vol. 172, no. 5, pp. 1122–1131, 2018, doi: 10.1016/j.cell.2018.02.010.
- [5] P. Mooney, Retinal OCT Images (Kermany2018), Kaggle Dataset, 2018. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/>.
- [6] Python Software Foundation, "Tkinter Documentation." [Online]. Available: <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>.
- [7] OBS Studio, "OBS Project." [Online]. Available: <https://obsproject.com/>.
- [8] Python Software Foundation, "Python Language Reference, version 3." [Online]. Available: <https://www.python.org/>.

Design and Software of a Two-Axis Face Tracking Turret System

¹Muhammed Hamza YASAR , ^{2*}Sema SERVİ

¹ Department of Electric Electronic Engineering, Selcuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

^{2*} Department of Computer Engineering, Selcuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

¹213302016@ogr.selcuk.edu.tr , ^{2*}semaservi@selcuk.edu.tr

Abstract – This project aims to develop a security system capable of target tracking and secure triggering, utilizing facial recognition algorithms and a two-axis turret mechanism. The system processes live camera footage and detects faces, dynamically tracking them on two axes, thereby continuously monitoring moving targets to provide an effective security solution. When a security risk or any other unwanted situation arises, the secure triggering mechanism is activated, enabling swift intervention. This intervention may involve actions such as the turret firing, sending a notification to a higher authority, or similar responses. The software infrastructure of the project ensures high accuracy and low latency through optimized real-time image data processing. This system, with its low-cost hardware and compact design, aims to provide an innovative alternative in areas such as home security, workplace monitoring, shopping mall surveillance, and target recognition, appealing to a wide range of users. The project's approach will be carried out through the integration of mechanical and software components, performance testing of the system under different conditions, and tests in various security scenarios. This solution combines critical functions such as facial recognition, dynamic tracking, and secure triggering at a low cost, making an innovative contribution to the industry.

Keywords – Facial Recognition; Dynamic Face Tracking; Secure Triggering Mechanism; Real-Time Image Processing; Defense Systems

INTRODUCTION

Security systems are integral to modern-day safety measures, addressing challenges in residential, commercial, and public environments. Traditional surveillance solutions often lack the capability for dynamic interaction, limiting their effectiveness in real-time threat response. This project introduces a two-axis face tracking turret system as an innovative approach to address these limitations. By combining facial recognition algorithms with a dynamic tracking mechanism, the system continuously monitors and reacts to moving targets. Designed with low-cost hardware and a compact structure, this solution aims to enhance security measures in diverse applications such as home safety, workplace monitoring, and public surveillance. The system not only detects and tracks faces but also activates a secure triggering mechanism when necessary, offering a proactive and effective response to potential threats. This introduction sets the foundation for exploring the system's design, functionality, and practical applications.

MATERIALS AND METHOD

The system, with its cost-effective hardware and optimized software infrastructure, is designed to detect and track defined faces, activating the triggering mechanism when necessary.

The mechanical components of the system were designed using the SolidWorks program, with precise measurements and calculations conducted. Mechanical parts were meticulously 3D-printed with high accuracy to create prototypes and test the accuracy of the design. These parts will undergo various tests to evaluate the system's real-world performance and implement necessary improvements.

Figure 1 illustrates the computer-generated design of the setup prepared using SolidWorks, providing a visual representation of the system's overall structure and its fundamental components.

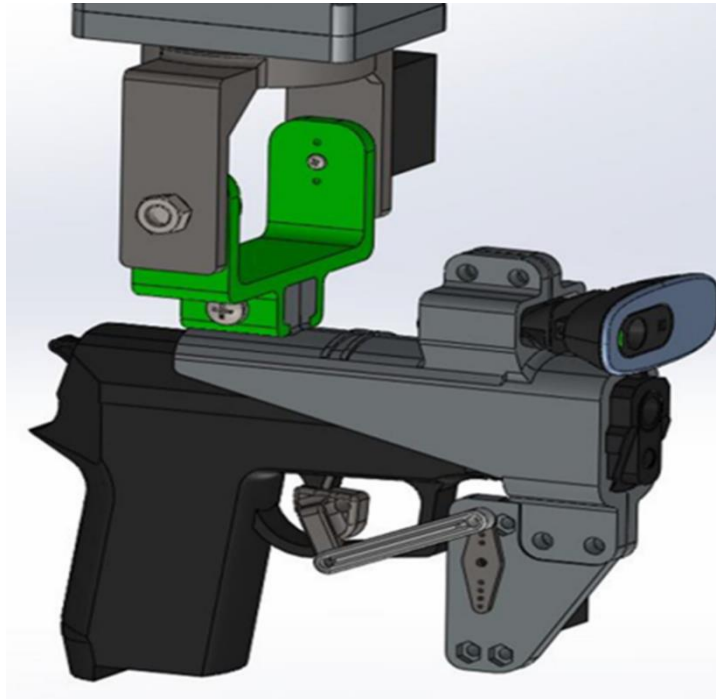


Figure 1. Turret System Mechanism

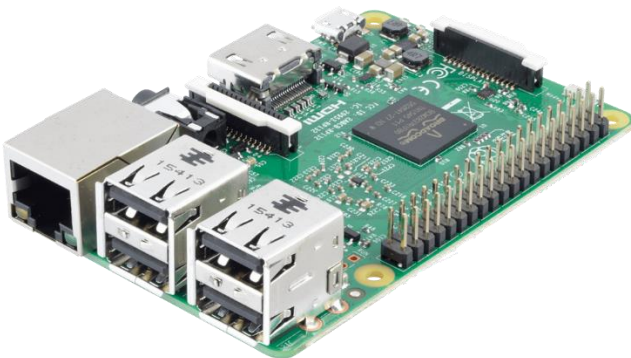
SOFTWARE AND HARDWARE COMPONENTS

HARDWARE COMPONENTS

Raspberry Pi 4: The primary hardware component used in this project is the Raspberry Pi 4 model. Equipped with a powerful processor (Quad-Core Cortex-A72) and sufficient RAM, the Raspberry Pi 4 provides the necessary performance for running real-time data processing and facial recognition algorithms.

CAMERA SYSTEM

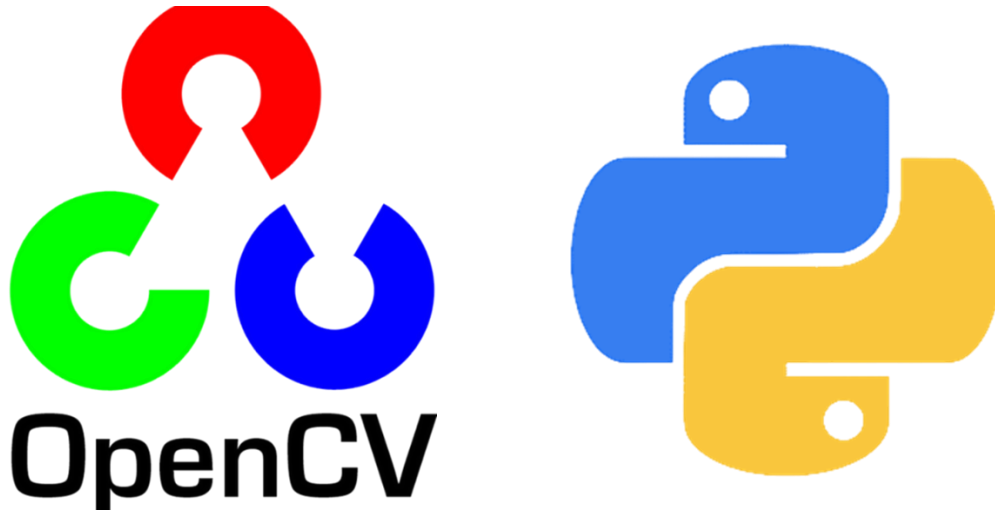
Logitech Brio 100 Webcam: Another key component is the Logitech Brio 100 USB webcam. This webcam offers 1080p resolution, enabling high-quality image capture, and can be easily connected to the Raspberry Pi via USB. High-resolution images enhance the performance of facial recognition algorithms and provide a critical feature for security applications.



SOFTWARE LIBRARIES

OpenCV: OpenCV is a popular open-source library with a broad range of applications in computer vision and machine learning. It includes numerous algorithms for facial recognition, face tracking, and image processing. When used with the Python programming language, it provides efficient and fast solutions for real-time applications. Notably, Haar cascade classifiers and DNN (Deep Neural Network) modules are widely utilized in real-time facial recognition systems.

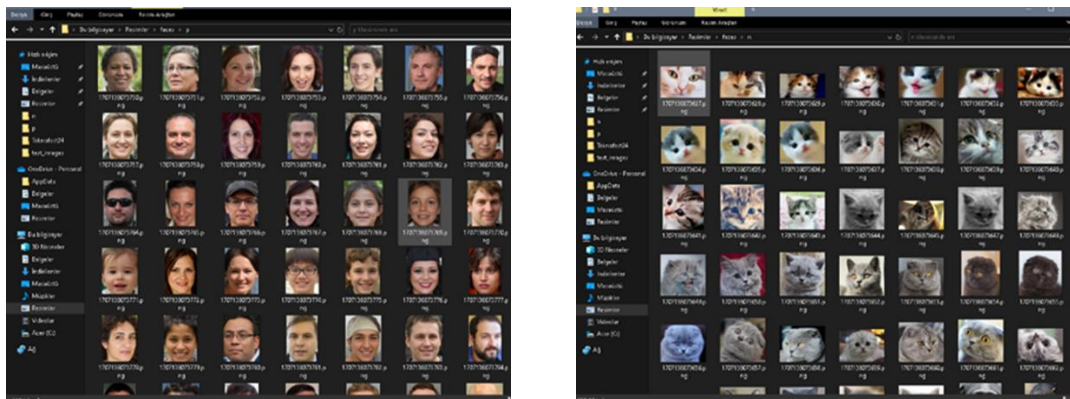
Haar Cascade Classifier: This is a commonly used face detection method within the OpenCV library. It uses simple features to quickly detect faces in an image. Essentially, it is designed to identify a specific object (e.g., a face) in an image rapidly and efficiently.



DATASET CREATION

A dataset was created by labeling hundreds of human face photos obtained through Artificial Intelligence. To enhance the accuracy of the facial recognition process, this dataset was enriched with both positive human face photos and negative photos.

The dataset was designed to enable the system to recognize human faces and accurately differentiate between faces and non-face objects. This dataset underwent a training process, resulting in an XML file that defines the facial recognition algorithm. This file was integrated into the project code and prepared for testing in subsequent stages of the algorithm.



FACE DETECTION AND TRACKING

Using the trained dataset, live video is captured from the camera. A human face in the video is detected, enclosed within a box, and classified into a "human" class. Based on this detected face, a tracking process is performed.

This is illustrated in Figures 2 and 3.

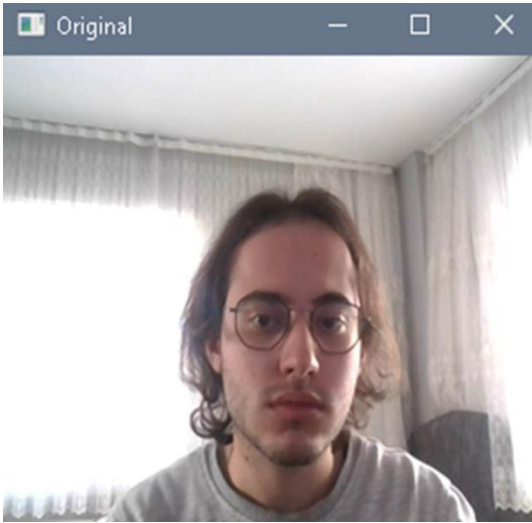


Figure 2. Human face

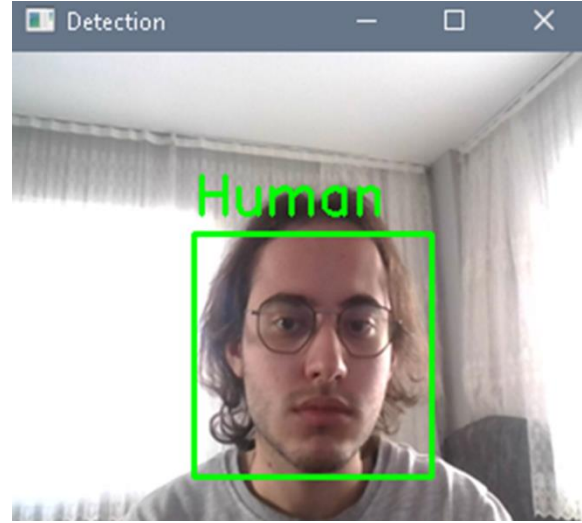


Figure 3. Face Detection

FACE TRACKING

The tracking algorithm will work as follows: When a human face is detected, the camera will identify it and classify it as part of the human class. A blue square drawn using OpenCV will be positioned in the center of the camera's view. The main goal of the system is to center the detected green square (representing the target) within the blue square. In this way, the camera will continuously track the target, keeping the face centered in the frame. If an abnormal situation occurs, the triggering mechanism will activate, preventing the abnormality.

To control the servo motors, the pigpio library, which has the ability to perform more precise operations, will be utilized. This allows the system to perform real-time human tracking and respond to small positional changes with high sensitivity.

RESULTS AND DISCUSSIONS

The development of the two-axis turret system with integrated facial recognition and dynamic tracking yielded promising results during both the testing phase and in simulated security scenarios. The system successfully detected and tracked human faces with high accuracy, thanks to the well-trained dataset and optimized algorithms implemented through OpenCV. The facial recognition process, utilizing Haar Cascade Classifiers, was able to distinguish between faces and non-face objects effectively, enabling real-time tracking.

The real-time performance of the system was critical in ensuring that the facial tracking remained smooth and continuous. The Raspberry Pi 4, paired with the Logitech Brio 100 webcam, provided sufficient processing power and image quality to handle the real-time video feed. The camera's 1080p resolution played a key role in ensuring that the face detection was precise, even under varying lighting conditions. This resolution allowed the facial recognition system to maintain a consistent level of accuracy in detecting and tracking faces, which is crucial for security applications.

In terms of face tracking, the system was able to maintain the human face centered within the camera's frame, ensuring that the tracking remained stable as the face moved. The servo motors, controlled by the pigpio library, responded well to small positional changes, with high sensitivity, enabling the turret mechanism to adjust its position smoothly and accurately in real time. This dynamic tracking feature proved to be effective in continuously following moving targets, without losing focus, even when the target moved quickly within the frame.

Furthermore, the secure triggering mechanism was successfully integrated into the system. Upon detection of any abnormal situation, such as the loss of tracking or detection of an unauthorized face, the system activated the triggering mechanism. Depending on the scenario, this led to various responses, such as sending notifications or simulating turret firing in response to potential threats. These interventions demonstrate the system's ability to provide a proactive and effective security solution.

The combination of low-cost hardware, such as the Raspberry Pi 4 and Logitech Brio webcam, with efficient real-time processing algorithms, provided a scalable and cost-effective solution for security applications. However, the system did exhibit some limitations under extreme conditions, such as very fast movements or rapid changes in lighting. In these cases, the tracking accuracy slightly decreased, and additional processing power or enhanced algorithms could improve performance in these edge cases.

In conclusion, the system demonstrated strong potential as a security solution that combines facial recognition, dynamic tracking, and secure triggering. Its application can be extended to various environments, including home security, workplace monitoring, and public surveillance, providing an innovative and cost-effective alternative to traditional surveillance systems. Further improvements to the algorithm and hardware could enhance its robustness and reliability, making it a more adaptable solution for diverse security needs.

REFERENCES

- [1] Li, S. Z., & Jain, A. K. (2011). *Handbook of Face Recognition*. Springer-Verlag.
- [2] Bishop, C. M. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer.
- [3] <https://medium.com/@vipulgote4/guide-to-make-custom-haar-cascade-xml-file-for-object-detection-with-opencv-6932e22c3f0e>
- [4] Turaga, P., Chellappa, R., & Subrahmanian, V. S. (2008). *Machine Recognition of Human Activities: A Survey*. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 18(11), 1473–1488.
- [5] Kekül, H., Bircan, H., & Arslan, H. (2018). Yüz tanıma uygulamalarında özyüzler ve yapay sinir ağlarının karşılaştırılması. Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri ve Bilgisayar Bilimleri Dergisi, 2(1), 51-59.
- [6] Turk, M., & Pentland, A. (1991). "Eigenfaces for recognition." Journal of Cognitive Neuroscience, 3(1), 71-86.
- [7] Belhumeur, P. N., Hespanha, J. P., & Kriegman, D. J. (1997). "Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition using class specific linear projection." IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 19(7), 711-720.
- [8] Ahonen, T., Hadid, A., & Pietikäinen, M. (2006). "Face description with local binary patterns: Application to face recognition." IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 28(12), 2037-2041.
- [9] <https://ieeexplore.ieee.org/document/9452878>
- [10] <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/15/6979>
- [11] <https://journalcjast.com/index.php/CJAST/article/view/3781>
- [12] Bradski, G. (2000). "The OpenCV Library." Dr. Dobb's Journal of Software Tools.
- [13] Abadi, M. et al. (2016). "TensorFlow: A System for Large-Scale Machine Learning." Proceedings of the 12th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI '16), 265-283.
- [14] Nandhini, R., Duraimurugan N. & Chokkalingam, S. P. (2019). Face Recognition Based Attendance System International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), 8(3), 574-577.
- [15] Schroff, F., Kalenichenko, D., & Philbin, J. (2015). "FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering." Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 815-823.
- [16] Lal, M., Kumar, K., Arain, R. H., Maitlo, A., Ruk, S. A. & Shaikh, H. (2018). Study of Face Recognition Techniques: A Survey, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 9(6), 42-49.
- [17] Pulli, K. et al. (2012). "Real-time computer vision with OpenCV." Communications of the ACM, 55(6), 61-69.
- [18] Viola, P., & Jones, M. (2001). "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features." Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2001), 1, I-511-I-518.

Design of a Ground Control Station Application for UAVs with Autonomous Flight Support

¹Abdullah Gurbuz, ^{2*}Sema Servi

¹ Department of Electric Electronic Engineering, Selcuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

^{2*}Department of Computer Engineering, Selcuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya , Selçuklu, Konya

213302047@ogr.selcuk.edu.tr, semaservi@selcuk.edu.tr

Abstract – This research proposal aims to develop a safe, functional, and user-friendly ground control station (GCS) design for unmanned aerial vehicles (UAVs). The project will focus on creating an innovative GCS system that enables efficient UAV management during flight, equipped with a user-friendly interface and a high level of functionality to provide an optimal control experience.

The unique contribution of this project lies in integrating advanced features such as object tracking, multi-UAV scenarios, and image processing into the GCS, setting a new standard in UAV control. The software infrastructure will be developed based on the ArduPilot and MAVLink protocols to ensure reliable data transfer between UAVs and the GCS. The GCS interface will be designed using PyQt5 and implemented with DroneKit, enabling both simulation and real-world testing. The development process will involve testing the system's accuracy and reliability in a variety of flight scenarios using the Gazebo simulation environment.

Project management will ensure that each phase is carried out efficiently within the defined timelines and resources. Simulation, algorithm development, testing, and evaluation stages will be regularly documented to monitor progress. Potential risks have been identified in advance, and necessary mitigation plans have been prepared.

The broader impact of the project extends beyond academic contributions, such as articles, technical reports, and guidebooks to be shared within the scientific community. It is also expected to create significant influence in commercial domains by developing prototypes for practical applications. This project will enhance UAV utilization safety and efficiency, providing significant advancements, particularly in fields such as agriculture, security, and search-and-rescue operations.

Keywords – Unmanned Aerial Vehicle, Ground Control Station, Image Processing, Simulation

Purpose and Objectives

The main objective of this research is to develop a user-friendly, cost-effective, and modular ground control station (GCS) design for unmanned aerial vehicles (UAVs) that ensures reliability, efficiency, and ease of use during operational processes. Ground control stations are crucial for the safe management, real-time monitoring, and intervention when necessary of UAVs. The GCS to be developed in this project aims to provide superior performance compared to existing systems, with features such as a user-friendly interface and multi-task management, while improving operational efficiency for UAV operators.

Research Objectives:

1. **Develop a User-Friendly Interface:** The first goal is to create a simple and clear interface that helps operators make quick decisions while managing the UAV. This interface will provide the operator with real-time information such as the UAV's location, speed, altitude, battery status, and other critical data in a clear and accessible manner. The success of this goal will be determined by the operator's ability to access all necessary information quickly, especially in field conditions or during critical missions, without having to navigate through complex menus.
2. **Ensure Low-Latency Data Communication:** The second goal is to ensure minimal latency in data communication between the UAV and the ground control station. This is essential for the UAV to respond quickly to rapid direction changes or emergency commands. Real-time data transmission will allow decisions made by the operator to be directly transmitted to the UAV, minimizing the risks posed by delays. The success of this objective will depend on the efficiency of the communication protocols used in the GCS's infrastructure and the overall data transfer rate.

3. **Create a Modular and Flexible Architecture:** The third objective is to design the GCS with a modular structure that can be adapted to various UAV types and mission requirements. This modular architecture will allow the GCS to be configured according to user needs and be flexible enough to accommodate future developments. For example, different modules can be added or removed for UAVs used in agricultural mapping or security purposes. Modularity will provide ease of use during field operations, as well as during maintenance and updates.
4. **Support Multi-Task Management:** The fourth objective is to enable the management and monitoring of multiple UAVs simultaneously. This feature is particularly critical in swarm UAV applications, such as monitoring large agricultural areas or coordinating large search-and-rescue operations. Multi-task management support will allow operators to monitor multiple UAVs on a single screen and intervene quickly when necessary.
5. **Enable High-Resolution Image Transmission:** The fifth objective is to ensure that images received from the UAV are transmitted to the ground control station in high resolution with low latency. This is particularly important in fields such as mapping, security, or disaster management, where high-quality, real-time images are necessary for making informed decisions. The success of this objective will be facilitated by the integration of high-bandwidth data transmission infrastructure.
6. **Human Tracking Algorithm:** High-resolution images received from the UAV will be used to implement a human tracking algorithm trained with artificial intelligence, enhancing the system's ability to identify and track human targets.

All of these objectives are clearly defined with measurable and realistic criteria to ensure effective utilization of the ground control station. As a result, the GCS design developed in this research is intended to provide flexibility, security, and efficiency in UAV operations, offering a solution suitable for field use. This ground control station aims to address the shortcomings of existing systems and contribute significantly by providing a solution that can be used across various sectors.

Introduction

This research proposal details the methods and techniques employed in the development process of a ground control station (GCS) design for unmanned aerial vehicles (UAVs). The research methodology has been tailored to align with the objectives of the GCS under development, integrating various software libraries and tools during the data collection, data analysis, and system development stages. In this context, the software infrastructure of the ground control station has been developed using the Python programming language, with the project further refined through the use of PyQt5, DroneKit, and pymavlink libraries.

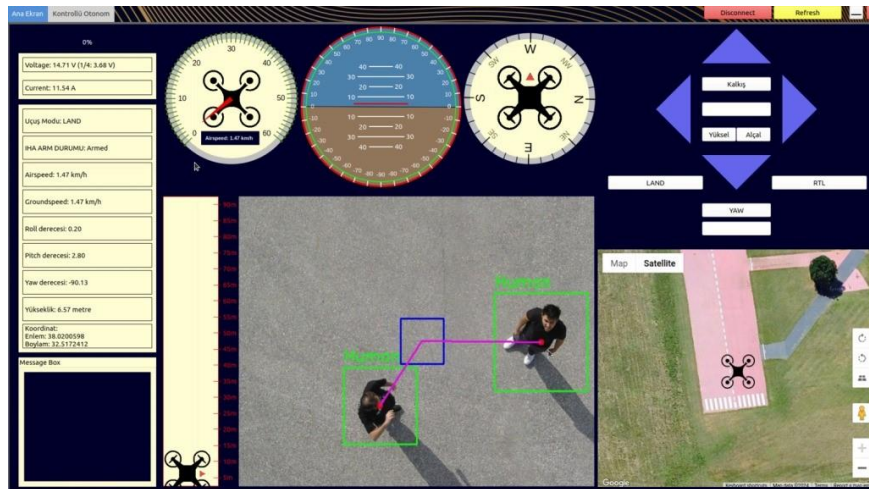


Figure 1. General Overview of the Program

1. Libraries Used

1.1. User Interface Design with PyQt5

One of the primary objectives of the research is to ensure that the ground control station has a user-friendly interface. Accordingly, the PyQt5 library was utilized in developing the user interface [9]. PyQt5 is a powerful and flexible tool used for creating graphical user interfaces (GUIs) in Python-based applications. Within the scope of the research, interface components were designed using PyQt5 to display real-time UAV information such as speed, altitude, battery status, and location. Additionally, an interface was developed to manage multiple tasks, enabling the tracking of various UAVs with minimal user interaction. This allows users to manage numerous data points through a single screen effectively.

1.2. UAV Control and Data Communication with DroneKit and pymavlink

To ensure data communication between UAVs and the ground control station and monitor various UAV parameters in real time, the DroneKit and pymavlink libraries were integrated [1,2]. DroneKit is an open-source library that facilitates UAV control in Python environments and ensures data communication using the MAVLink protocol [14]. By leveraging this library, data such as flight modes, location, speed, and altitude were obtained and presented to the user. Moreover, commands were sent to the UAV to activate autonomous flight modes.

1.3. Multi-Task Management with Threading and Time Libraries

The threading and time libraries were utilized to ensure multi-task management in the ground control station [10,11]. The threading library enables the simultaneous execution of multiple threads in Python, making it highly suitable for managing multiple tasks. Throughout the research, threading was employed to manage processes such as data transmission, user interface updates, and the analysis of real-time data received from UAVs concurrently.

The time library was used to allow the system to update data at specified intervals. This ensured that users were provided with current and real-time data, enabling rapid communication of operator decisions and changes made in the GCS to the UAV.

2. Communication and Application Introduction

2.1. Communication with MAVLink Protocol

The primary communication protocol for DroneKit is MAVLink. MAVLink (Micro Air Vehicle Link) is a communication protocol developed to transmit telemetry data and commands for unmanned aerial vehicles. MAVLink can operate over both UDP and serial port connections [13].

Telemetry connections are anticipated to be used for data transmission. These connections can be established via USB, serial ports, or radio modules, commonly operating on 915 MHz or 433 MHz radio frequencies. To establish a connection with telemetry using DroneKit, it is sufficient to specify the port to which the telemetry device is connected. Typically, this connection is identified as COM3 or COM4 for serial ports, or /dev/ttyUSB0 on Linux systems. Additionally, the baud rate must be specified, which is usually set to 57600 or 115200.

2.2. Connection Screen

To receive data in the application, it is essential to define a connection type. For this purpose, a connection screen design was implemented within the application. Based on the selected port address and baud rate, the application initializes and establishes the connection accordingly.



Figure 2. Connection Screen

```
def start_drone(self):
    global my_variable
    global baud_rate
    my_variable = self.ipCombo.currentText()
    baud_rate = self.baudCombo.currentText()

    with open("my_variable.txt", "w") as file:
        file.write(my_variable)

    with open("baud_rate.txt", "w") as file:
        file.write(baud_rate)
```

Figure 3. Port Address Figure 4. Baud Rate

In Figure 2, the login.py Entry Screen application assigns the value selected in the combobox to the files **my_variable.txt** and **baud_rate.txt**.

```
with open("my_variable.txt", "r") as dosya:
    my_variable = dosya.read()

with open("baud_rate.txt", "r") as dosya:
    baud_rate = dosya.read()

vehicle = connect(my_variable, baud=baud_rate)
```

Figure 5. Reading from the Application

The values retrieved from **my_variable.txt** and **baud_rate.txt** are placed into the connect function, allowing the data from the port where the telemetry device's receiver is connected to be read when selected.

3. Widgets Used (Application Tools)

Note: All the application tools we used have been designed in a way that allows us to view the values we desire. This demonstrates that our ground control station can be customized as needed.

3.1. Attitude Indicator (Gyroscope)

This code represents a PyQt5 widget that displays a flight indicator (Attitude Indicator) and ensures the indicator is updated by receiving drone data. A display of this type, developed with Qt, is structured to be continuously refreshed by repeatedly redrawing itself with data received from DroneKit. Within the code, the AttitudeIndicator class is defined, and the main function that draws the indicator is specified within the paintEvent function. The drawing process runs in a continuous loop, ensuring that the drone's pitch, roll, and yaw information are updated each time. This principle applies to all the other indicators we designed.

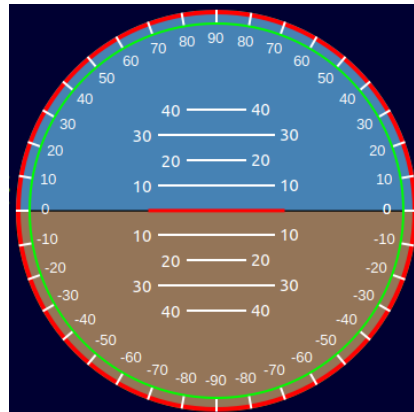


Figure 6. Attitude Indicator

```
class AttitudeIndicator(QtWidgets.QWidget):
    def __init__(self, parent=None):
        super(AttitudeIndicator, self).__init__(parent)
        # Başlangıç duruş değerleri

        self.pitch = 0 # Eğim
        self.roll = 0 # Yuvarlanma
        self.yaw = 0 # Yön
        self.initUI() # Kullanıcı arayüzünü başlat
        self.vehicle = vehicle
```

Figure 7. Definition of Variables (Attitude Indicator)

In Figure 7, the class inherits from `QtWidgets.QWidget` and contains the functions for the indicator. Initially, parameters such as pitch, roll, and yaw are set to zero. Additionally, the vehicle object is included within the class. This object provides access to the flight data received through DroneKit.

```
def updateAttitude(self):
    roll_v = self.vehicle.attitude.roll
    pitch_v = self.vehicle.attitude.pitch
    yaw_v = self.vehicle.attitude.yaw
    self.update()
```

Figure 8. Assignment of Variables (Attitude Indicator)

In Figure 8, the function ensures that the data retrieved through DroneKit is continuously updated.

```
def paintEvent(self, event):
    roll_value = self.vehicle.attitude.roll * (180 / 3.141592653589793)
    pitch_value = self.vehicle.attitude.pitch * (180 / 3.141592653589793)
    yaw_value = self.vehicle.attitude.yaw * (180 / 3.141592653589793)
```

Figure 9. Variable Conversion (Attitude Indicator)

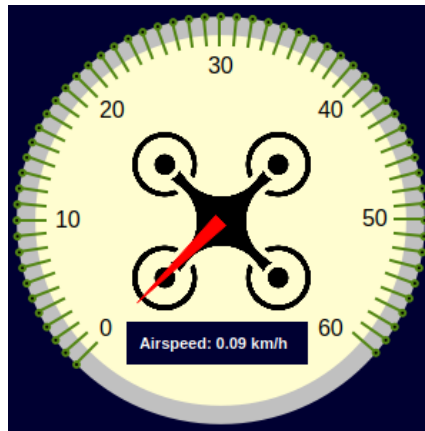
Since the values sent by DroneKit are in radians, we need to convert them to degrees. In Figure 9, the converted variable is placed into the `paint.rotate()` function in Figure 10. As a result, the indicator will be updated with each new value received from the UAV.

```
painter.save()
painter.translate(self.width() / 2, self.height() / 2)
painter.rotate(roll_value)
painter.setBrush(QtGui.QBrush(QtGui.QColor(148, 117, 88))) # Gökyüzü rengi
painter.drawRect(-self.width() / 2, 0, self.width() / 2, int(self.height() / 2))
painter.setBrush(QtGui.QBrush(QtGui.QColor(70, 130, 180))) # Ver rengi
painter.drawRect(-self.width() / 2, int(-self.height() / 2), self.width() / 2, int(self.height() / 2))
painter.restore()
```

Şekil 10. Roll(yuvarlanma) Açısının Göstergeye Aktarıldığı Kısım

3.2. Speed Indicator (Speed Gauge)

The indicator written under the name **SpeedIndicator** displays the vehicle's speed in the air.

**Figure 11.** Speed Indicator

```

painter.setPen(QColor("#FF0000"))
painter.setBrush(QColor("#FF0000"))
painter.translate(center)
angle = self.vehicle.airspeed/10
angle_kmh = angle * 3.6 # Hız değerini açığa çevir
painter.rotate(angle_kmh * 43 - 135)
needle = QPolygon([QPoint(-5, 0), QPoint(5, 0), QPoint(0, -int(outer_radius) + 60)])
painter.drawPolygon(needle)

```

Figure 12. The Section Where the Speed Data is Transferred to the Indicator

In the code snippet shown in Figure 12, during the drawing event, the speed data received from the UAV (vehicle.airspeed) is provided in meters per second (m/s), so it is multiplied by 3.6 to convert it to kilometers per hour (km/h). Then, the corresponding angle value for the desired speed is calculated, and the drawing is updated accordingly.

3.3. Navigation

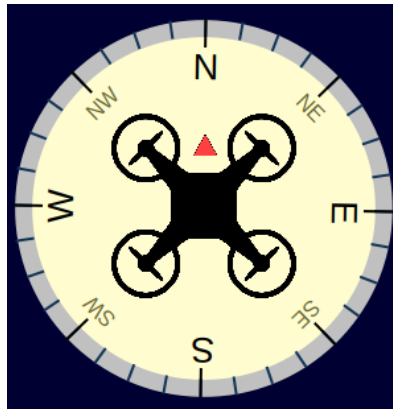


Figure 13. Navigation

This indicator (Figure 13) visualizes the UAV's heading angle, providing real-time direction information. Along with the main and intermediate directional lines, it displays the UAV's speed in a specific format. The code includes details such as angles, positions, and font styles to create a more visually appealing interface.

```

class Navigasyon(QtWidgets.QWidget):
    def __init__(self, parent=None):
        super(Navigasyon, self).__init__(parent)
        self.setWindowTitle("Drone Speed Indicator")
        self.setGeometry(100, 100, 300, 300)
        self.vehicle = vehicle
        self.heading_angle = 0

        #layout_widget = QWidget(self)
        #layout_widget.setGeometry(70, 140, 200, 200)

        # timer to update speed indicator
        self.timer = QTimer(self)
        self.timer.timeout.connect(self.update_navi)
        self.timer.start(1) # Her saniye yenilenir

```

Figure 14. Variable Definitions (Navigation)

```

def paintEvent(self, event):
    painter = QPainter(self)
    painter.setRenderHint(QPainter.Antialiasing)

    # widget'in orta noktası
    center = self.rect().center()

    painter.save()

    background_image = QPixmap("uad.png")
    painter.drawPixmap(center.x()-87, center.y()-100, 175, 226, background_image)

    painter.translate(center)
    painter.rotate(-self.vehicle.heading) # Dönüş açısını ayarlayın
    painter.translate(-center.x(), -center.y())

```

Figure 15. The Section Where the Head (Navigation) Data is Transferred to the Indicator

3.4. BATTERY INDICATOR AND DATA

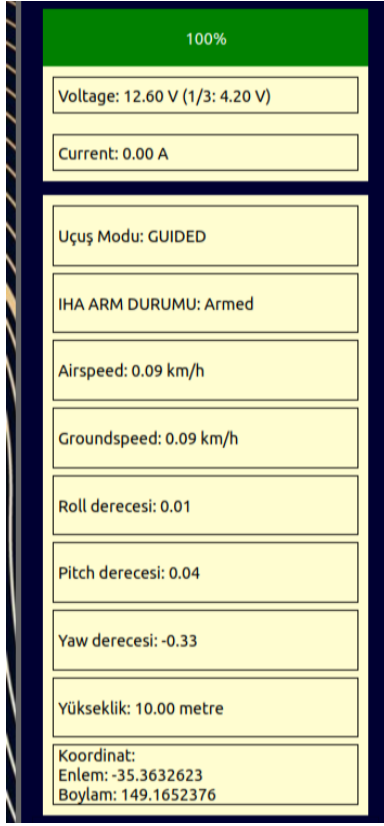


Figure 16. Battery Indicator and Data

```
class BatteryIndicator(QtWidgets.QWidget):
    def __init__(self, parent=None):
        super(BatteryIndicator, self).__init__(parent)
        self.setWindowTitle('Batarya Göstergesi')
        self.setGeometry(300, 300, 300, 150)
        layout_widget = QWidget(self)
        layout_widget.setGeometry(QtCore.QRect(0, 0, 300, 50))

        layout_widget1 = QWidget(self)
        layout_widget1.setGeometry(QtCore.QRect(0, 50, 300, 50))
        layout_widget1.setStyleSheet("background-color: #ffffdd;")
        layout_widget2 = QWidget(self)
        layout_widget2.setGeometry(QtCore.QRect(0, 100, 300, 50))
        layout_widget2.setStyleSheet("background-color: #ffffdd;")
        layout_widget3 = QWidget(self)
        layout_widget3.setGeometry(QtCore.QRect(0, 150, 300, 50))
        layout_widget3.setStyleSheet("background-color: #ffffdd;")

        layout = QVBoxLayout(layout_widget)
        layout1 = QVBoxLayout(layout_widget1)
        layout2 = QVBoxLayout(layout_widget2)
        layout3 = QVBoxLayout(layout_widget3)
```

Figure 17. Creation of the Indicator (Battery)

Our battery indicator has a layout structure that differs from the other visual components. In **Figure 16**, the first section displays the battery's voltage percentage using a progress bar. The second section shows the written value of the voltage (vehicle.battery.voltage) and the number of cells in the UAV's battery (Voltage/Cell count). Finally, the third section displays the current drawn by the UAV (vehicle.battery.current).

```
def updateBattery(self):
    battery = vehicle.battery
    if battery:
        self.voltage_label.setText("Voltage: {:.2f} V (1/4: {:.2f} V)".format(battery.voltage, battery.voltage / 4))
        self.current_label.setText("Current: {:.2f} A".format(battery.current))
```

Figure 18. Updating of Values (Battery)

In **Figure 16**, we can also see the "Data" section, which contains the status of the vehicle along with the numerical values of the indicators. The updating of these values is managed as shown in **Figure 18**.

```
def updateVeriler(self):
    battery = vehicle.battery
    roll1 = math.degrees(vehicle.attitude.roll)
    pitchh = math.degrees(vehicle.attitude.pitch)
    yaww = math.degrees(vehicle.attitude.yaw)
    groundspeedd = vehicle.groundspeed * 3.6
    airspeedd = vehicle.airspeed * 3.6
    self.iha_mode.setText("Uçuş Modu: {}".format(vehicle.mode.name))
    self.iha_arm_durumu.setText("IHA ARM DURUMU: {}".format("Armed" if vehicle.armed else "Disarmed"))
    self.airspeedLabel.setText("Airspeed: {:.2f} km/h".format(airspeedd))
    self.groundspeedLabel.setText("Groundspeed: {:.2f} km/h".format(groundspeedd))
    self.roll_label.setText("Roll derecesi: {:.2f}".format(roll1))
    self.pitch_label.setText("Pitch derecesi: {:.2f}".format(pitchh))
    self.yaw_label.setText("Yaw derecesi: {:.2f}".format(yaww))
    self.yukseLabel.setText("Yükseklik: {:.2f} metre".format(vehicle.location.global_relative_frame.alt))
    self.kordinat.setText("Koordinat: \n{}\n{}".format("Enlem: {}".format(vehicle.location.global_relative_frame.lat), "Boylam: {}".format(vehicle.location.global_relative_frame.lon)))
```

Figure 19. Updating of Values (Data)

3.6. Map

**Figure 20. Map**

This indicator determines the location of our UAV based on latitude and longitude (latitude and longitude) data. We can also retrieve satellite imagery through the Google Maps API.

```
def updateMap(self):
    # Mevcut konumu al
    currentCoords = {
        'lat': self.vehicle.location.global_relative_frame.lat,
        'lng': self.vehicle.location.global_relative_frame.lon
```

Figure 21. Updating of Values (Map)

```
html = f"""
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <meta name="viewport" content="initial-scale=1.0, user-scalable=no">
  <meta charset="utf-8">
  <style>
    #map {{
      height: 100%;
    }}
    html, body {{
      height: 100%;
      margin: 0;
      padding: 0;
    }}
  </style>
</head>
<body>
  <div id="map"></div>
  <script>
    var map;
    var marker;
    var lineCoordinates = []; // Konumların saklanacağı dizi

    function initMap() {{
      var currentLocation = {ver1}; // Mevcut konum
      map = new google.maps.Map(document.getElementById('map'), {{
        center: currentLocation,
        zoom: 20,
        mapTypeId: 'satellite' // Harita türünü uydu olarak ayarla
      }});
```

Figure 22. HTML and JavaScript Code Plugin

This HTML content configures the layout of the map and enables the operation of the map and location markers using the Google Maps API with JavaScript. This allows us to display the map using `self.map_view.setHtml(html)`.

3.7. Altitude

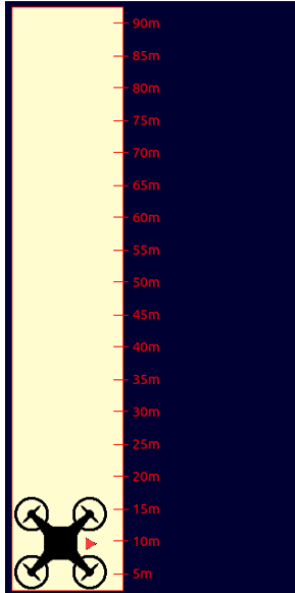


Figure 23. Altitude

```
class yukseklik(QtWidgets.QWidget):
    def __init__(self, parent=None):
        super(yukseklik, self).__init__(parent)

        self.setWindowTitle("Drone Height Visualization")
        self.setGeometry(400, 400, 160, 632)

        self.height = 0
        self.vehicle = vehicle
        self.timer = QTimer(self)
        self.timer.timeout.connect(self.draw_rectangle)
        self.timer.start(1)

        self.drone_icon = QPixmap("uad.png").scaled(120, 120)
        self.drone_icon_90 = QPixmap("uad_2.png").scaled(100, 100)
        self.vehicle = vehicle

    def draw_rectangle(self):
        try:
            self.height = self.vehicle.location.global_relative_frame.alt
        except ValueError:
            self.height = 0

        self.update()

    def paintEvent(self, event):
        painter = QPainter(self)
        pen = QPen(Qt.black, 2, Qt.SolidLine)
        painter.setPen(pen)
```

Figure 24. Creation of the Indicator (Altitude)

Our final indicator, the Altitude indicator, is one of the examples where we used PNG images for visualization. As shown in Figure 24, we placed the PNG using the `QPixmap` function, and the same function was used in other application tools to symbolize our UAV.

3.8. Movement or Task Buttons

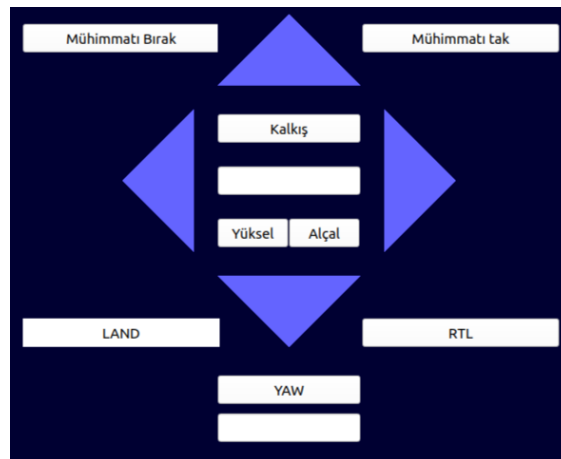


Figure 25. Buttons

1. **MAV_CMD_CONDITION_YAW**: Allows the vehicle to turn to a specific direction. It is used to adjust the heading angle.
2. **MAV_CMD_DO_CHANGE_SPEED**: Changes the vehicle's speed to a specified value.
3. **MAV_CMD_DO_FLIGHTTERMINATION**: Immediately stops the motors in case of an emergency, causing the vehicle to enter free fall.

4. **MAV_CMD_DO_PARACHUTE**: The command to deploy the parachute, typically used for emergency landings.
5. **MAV_CMD_DO_SET_ROI**: Allows the camera or vehicle to focus on a specific point.
6. **MAV_CMD_NAV_TAKEOFF**: Enables the vehicle to automatically take off and reach a certain altitude.
7. **MAV_CMD_NAV_LOITER_UNLIM**: Allows the vehicle to circle and wait indefinitely at a specific point.
8. **MAV_CMD_NAV_RETURN_TO_LAUNCH**: Automatically returns the vehicle to the launch position.
9. **MAV_CMD_NAV_LAND**: Enables the vehicle to perform an automatic landing.
10. **MAV_CMD_PREFLIGHT_REBOOT_SHUTDOWN**: Restarts or shuts down the vehicle's flight control computer.

By assigning these commands to the buttons, we can trigger the desired actions.

REFERENCES

- [1] DroneKit-Python library for communicating with Drones via MAVLink. GitHub repository: <https://github.com/dronekit/dronekit-python>
- [2] Pymavlink Libraries : https://mavlink.io/en/mavgen_python/
- [3] İHA haberi : <https://www.forcesnews.com/technology/uk-must-exploit-ai-opportunities-while-remaining-morally-sound-top-military-chief-says>
- [4] AKINCI Ground Control Station : <https://baykartech.com/en/command-control-communications-comp-intelligence/> [5] Gazebo Simulation : <https://github.com/gazebo/gz-sim>
- [5] Using SITL with Gazebo : <https://ardupilot.org/dev/docs/sitl-with-gazebo.html>
- [6] Ardupilot SITL Explanation : <https://youtu.be/W2ncr0DKWHE?list=PLC8WVaJhN4xuyo4hmSFH10XOMgceEPrM>
- [7] GAZEBO + ROS + YOLO: Human Tracking With Dron : <https://youtu.be/Hq1k0kGs4kk>
- [8] Birhan Karahasan. PyQt Nedir ?, 2020.
- [9] Threading: <https://docs.python.org/3/library/threading.html> [11] Time : <https://docs.python.org/tr/3.11/library/time.html>
- [10] Hamza Özkan ; [bilim](#), [drone](#), [hardware](#), [iha](#), [teknoloji](#) ; 2023
- [11] MAVLink Communication Protocol: the open standard : <https://auterion.com/mavlink-communication-protocol-the-open-standard/>
- [12] Lorenz Meier, ETH Zürich, MAVLink Protocol: Waypoints ; 2015

Monitoring Kubernetes Cluster Prometheus and Grafana

¹*Diyar TÜRK, ²Onur İNAN

^{1,2} Department of Computer Engineering, Selçuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

¹*213301077@ogr.selcuk.edu.tr, ²oinan@selcuk.edu.tr

Abstract – This study examines the application monitoring processes in Kubernetes environments and the role of tools such as Prometheus and Grafana in these processes. While Kubernetes provides flexibility and scalability in modern application management, monitoring the performance and troubleshooting issues of applications running on this platform is critically important. The study details Prometheus's capabilities in collecting, storing, and querying time-series data, and explains the process of visualizing this data using Grafana to create user-friendly dashboards and reports. The integration of Prometheus and Grafana with Kubernetes is addressed, and methods supporting the efficient use of these tools together are presented with examples. Additionally, the advantages of monitoring tools such as automation, real-time analysis, and proactive issue detection are emphasized, and best practices and strategies for effectively monitoring systems are discussed. This study serves as a valuable guide for developers, system administrators, and DevOps engineers working on Kubernetes, helping them improve monitoring processes and enhance operational efficiency.

Keywords – Equivalent Electric Circuit; Squirrel Cage Induction Motor; Induction Motor Modelling; Loading of Induction Motor

1. INTRODUCTION

Kubernetes has become one of the cornerstones of modern software development processes. With advantages like microservice architectures, flexibility, and scalability, Kubernetes is preferred by many organizations. However, monitoring the applications running in Kubernetes environments plays a critical role not only in maintaining success but also in identifying and solving potential performance issues. In today's world, powerful and scalable tools are required for application monitoring and management. This article will discuss the monitoring processes of applications on Kubernetes and how popular open-source monitoring tools like Prometheus and Grafana can be integrated in this context. Kubernetes, while a popular platform for managing containerized applications, also brings along many factors that complicate management [1]. To overcome this complexity and ensure the system remains healthy continuously, effective monitoring solutions are necessary. Application monitoring involves tracking various system metrics (CPU, memory, network usage, etc.). Traditional monitoring methods rely on manual system inspections and periodic reports, while modern monitoring tools can collect, process, and visualize data in real time. Prometheus and Grafana are prime examples of such monitoring solutions and can be used effectively in Kubernetes environments.

Prometheus is an open-source monitoring and alerting system, particularly strong in collecting, storing, and querying time-series data [2]. Prometheus can pull metrics from various sources for data collection and store this data in a time-series format. This allows users to understand the system's past performance while enabling real-time monitoring. Additionally, Prometheus's flexible query language, PromQL (Prometheus Query Language), provides users with the ability to analyze metric data in detail.

Grafana [2], on the other hand, is an open-source visualization platform that enables the creation of user-friendly dashboards and reports by visualizing the metrics collected by Prometheus. Users can visualize Prometheus data in real-time with Grafana and easily monitor the health of the system using this data. Grafana offers various dashboards, alerts, and widgets for customizing the visual representation of data [3]. These features provide significant advantages in monitoring microservices in a Kubernetes environment, detecting potential issues, and optimizing the system's performance.

The integration of Prometheus and Grafana in Kubernetes environments greatly simplifies the monitoring and evaluation of system performance. Prometheus integrates with the Kubernetes API to collect metrics from pods, containers, nodes, and other Kubernetes components [4]. Grafana then visualizes these metrics meaningfully, allowing users to monitor performance reports, system alerts, and health status. This type of integration provides a comprehensive monitoring solution for applications running on Kubernetes.

The advantages of modern monitoring solutions include faster issue detection, proactive problem resolution, better performance management, and reduced system downtime. Additionally, the automation of monitoring systems reduces human errors and alleviates operational burdens by using resources efficiently. Monitoring with Prometheus and Grafana in Kubernetes environments not only detects potential issues but also guarantees that the system operates within performance limits at all times.

However, integrating monitoring tools and visualizing data accurately presents challenges. Especially in large-scale systems, monitoring numerous microservices and pods, collecting data, and visualizing it can become complex. This article will step-by-step examine the integration of Prometheus and Grafana on Kubernetes and how these tools can be used efficiently. We will also provide practical suggestions on how users can configure these tools more effectively.

MATERIALS AND METHOD

This study investigates the implementation and evaluation of a robust monitoring framework for Kubernetes applications using Prometheus and Grafana. The methodology involves deploying these tools within an Azure Kubernetes Service (AKS) environment to achieve comprehensive observability and actionable insights into the system's performance and reliability. Leveraging existing research and practical case studies, this section provides a detailed account of the technologies, configurations, and steps involved.

Azure Kubernetes Service (AKS) as the Hosting Environment

Azure Kubernetes Service (AKS) was selected as the orchestration platform for its ease of deployment, scalability, and seamless integration with Azure's cloud infrastructure. AKS abstracts the complexity of Kubernetes cluster management, allowing administrators to focus on application deployment and monitoring. This managed Kubernetes service also supports horizontal scaling, high availability, and secure integration with Azure resources, which are critical for large-scale monitoring solutions.

The AKS environment was configured to host multiple containerized applications [5]. Nodes in the cluster were provisioned to handle varied workloads, with configurations optimized for both general application demands and the resource-intensive monitoring tools. The cluster's role-based access control (RBAC) was enabled to ensure secure access, while namespaces were used to logically separate monitoring components from application workloads.

Prometheus for Metrics Collection and Alerting

Prometheus, an open-source monitoring system, was the primary tool for metrics collection. Its pull-based model enables it to scrape metrics from multiple targets, including Kubernetes nodes, pods, and external exporters [6]. This approach ensures real-time metric retrieval with minimal performance overhead.

Prometheus's architecture is highly modular, consisting of the following core components:

- **Prometheus Server:** Responsible for scraping metrics from defined targets and storing them in a time-series database.
- **Exporters:** These expose metrics from third-party systems and hardware components, such as the Node Exporter for OS-level metrics.
- **Alertmanager:** Used to handle and route alerts generated based on user-defined conditions.

Configurations were managed via the `prometheus.yml` file, which defined scrape jobs for AKS components. Metrics collected included CPU utilization, memory consumption, network throughput, and application-specific data points such as request latency and error rates. Prometheus was integrated with Kubernetes's service discovery to dynamically identify monitoring targets, reducing manual configuration efforts.

Grafana for Visualization

Grafana was employed to visualize the metrics collected by Prometheus. This visualization tool supports various data sources and provides customizable dashboards to analyze real-time and historical performance metrics. Grafana's dynamic dashboards enabled the creation of detailed views for specific applications, allowing developers and administrators to monitor key performance indicators (KPIs) effectively [7].

Grafana's features, such as panel customization and templating, facilitated the development of interactive dashboards that displayed trends in resource usage and system health. Alerts configured in Prometheus were visualized in Grafana, enhancing the ability to track and respond to critical events.

Node Exporter for Infrastructure Metrics

To complement Kubernetes-specific metrics, Node Exporter was deployed on each AKS node to collect hardware and OS-level metrics [8]. This tool exposed data such as CPU usage, memory utilization, and disk I/O in a Prometheus-compatible format. The combination of Node Exporter and Prometheus provided comprehensive visibility into the physical and virtual infrastructure supporting the Kubernetes cluster.

Deployment Methodology

The methodology for deploying and integrating Prometheus and Grafana involved several key steps. First, the AKS cluster was initialized with nodes pre-configured for scalability and reliability. Prometheus and Grafana were then deployed using Helm charts, a Kubernetes package manager, which simplified installation and configuration.

Prometheus Deployment

Prometheus was installed using its official Helm chart, which includes pre-configured templates for typical Kubernetes monitoring scenarios. The configuration file specified scrape intervals, target endpoints, and alerting rules. Kubernetes's native service discovery mechanisms were leveraged to ensure that Prometheus could dynamically identify and monitor new pods and services without requiring manual updates.

Grafana Deployment

Grafana was deployed alongside Prometheus. It was connected to Prometheus as a data source to enable seamless data visualization. Dashboards were customized to display application-specific and infrastructure-wide metrics, with panels designed for intuitive representation of data trends.

Load Testing and Monitoring Validation

To validate the effectiveness of the monitoring framework, load tests were conducted using Apache JMeter. Simulated user traffic generated stress on the application, allowing Prometheus to capture performance metrics under varying loads. Grafana visualizations helped identify system bottlenecks and verify the accuracy of collected data.

Challenges and Optimizations

The integration of Prometheus and Grafana presented several challenges. For example, the high cardinality of metrics in a Kubernetes environment led to increased memory consumption in Prometheus. This issue was mitigated by optimizing scrape configurations to exclude redundant metrics. Similarly, configuring effective alerts required careful consideration of threshold values to minimize noise and avoid alert fatigue.

Resource allocation was another critical consideration. The resource-intensive nature of Prometheus and Grafana necessitated deploying them on dedicated nodes within the AKS cluster to prevent interference with application workloads.

Experimental Setup

The experimental setup included an AKS cluster with nodes provisioned for both application workloads and monitoring tools. Prometheus and Grafana were deployed in dedicated namespaces, isolating them from application resources. Node Exporter was configured to run as a DaemonSet, ensuring that metrics from every node in the cluster were collected.

The monitoring framework was tested under various scenarios, including normal operation, high-traffic conditions, and simulated failures. Performance metrics were analyzed using Grafana dashboards, and alerts were tested for accuracy and reliability. This setup demonstrated the ability of Prometheus and Grafana to deliver actionable insights and maintain system stability under diverse conditions.

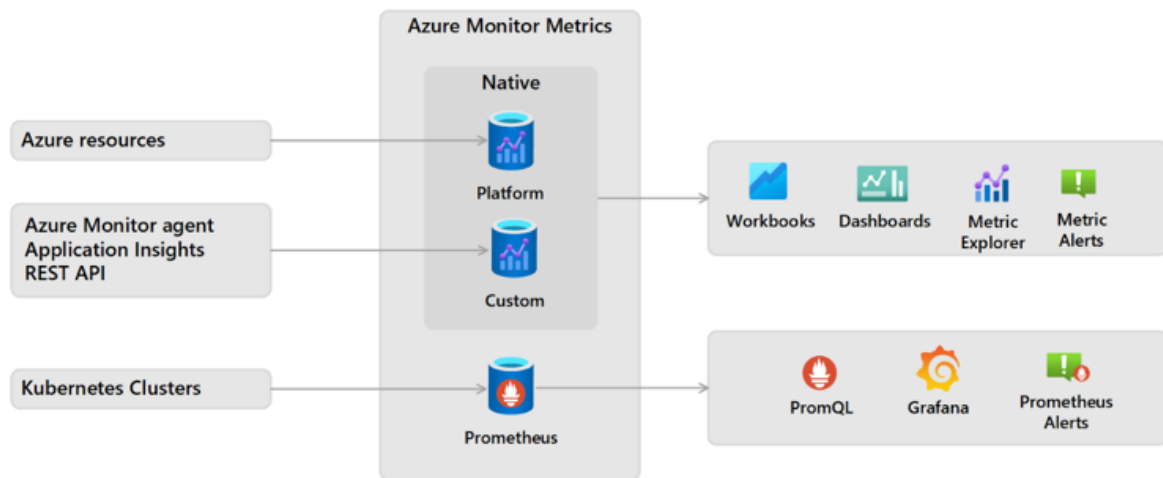


Figure: Architecture diagram illustrating the integration of Prometheus and Grafana within Azure Kubernetes Service (AKS).

This comprehensive methodology showcases the robust capabilities of Prometheus and Grafana in monitoring Kubernetes environments. The study provides a template for implementing scalable and efficient monitoring solutions, offering insights into best practices and real-world challenges. By combining these tools with AKS, the framework ensures high visibility, proactive issue detection, and enhanced operational efficiency.

RESULTS AND DISCUSSIONS

The implementation of Prometheus and Grafana within the Azure Kubernetes Service (AKS) environment yielded significant results, demonstrating their effectiveness in monitoring containerized applications and infrastructure. The metrics collected by Prometheus provided granular insights into the performance and behavior of various Kubernetes components, including nodes, pods, and services. During load simulations using Apache JMeter, the collected data revealed critical performance trends[9]. For instance, CPU usage on certain nodes peaked at 85%, while memory consumption averaged around 70%. These metrics not only highlighted the system's resource allocation efficiency but also identified potential bottlenecks under stress. Such detailed data enabled administrators to make informed decisions about optimizing resource usage and improving the system's resilience under heavy workloads.

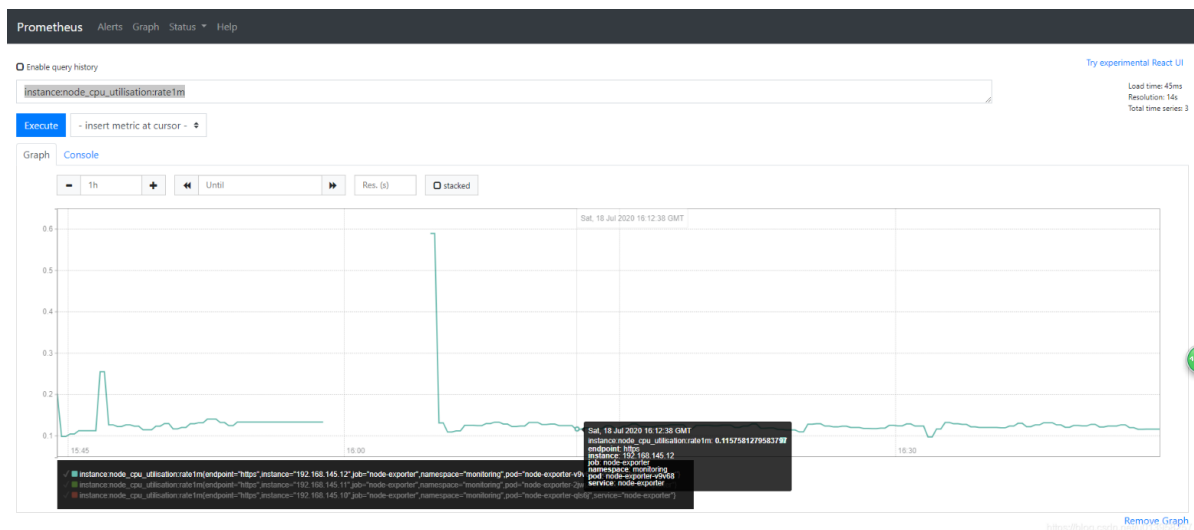


Figure: Graph displaying performance metrics such as CPU usage and network traffic collected from Prometheus.

The integration of Grafana added a powerful visualization layer to the monitoring framework, transforming raw metrics into actionable insights. Custom dashboards provided real-time visualizations of resource usage, latency, and error rates, enabling teams to monitor the health of applications and infrastructure at a glance. For example, a heatmap displaying

CPU usage across the cluster revealed nodes consistently operating near capacity limits, prompting immediate workload redistribution. Additionally, Grafana's alerting functionality facilitated real-time notifications for critical issues, such as memory leaks or high network latency. These alerts, visualized alongside historical data trends, allowed teams to contextualize anomalies and respond more effectively.

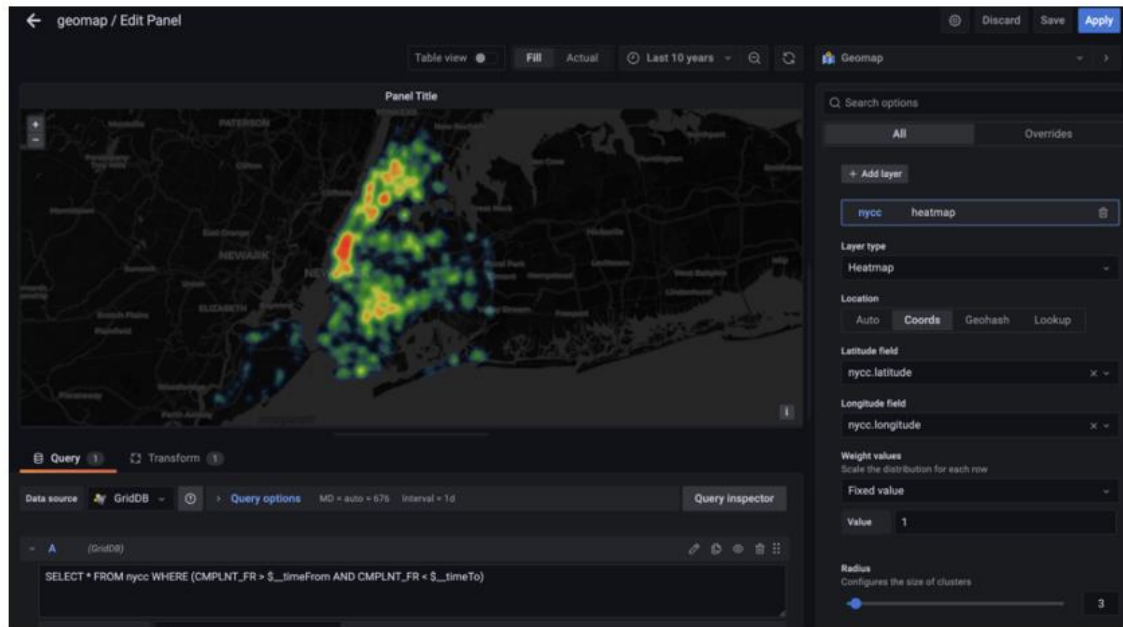


Figure: Screenshot of a heatmap panel in Grafana displaying real-time system status.

Comparative analysis with Azure Monitor, the native monitoring tool for AKS, highlighted the superiority of Prometheus and Grafana in terms of customization and depth [10]. While Azure Monitor integrates seamlessly with AKS and provides a user-friendly interface, it lacks the flexibility and precision offered by Prometheus's PromQL language and Grafana's dynamic dashboards. Prometheus and Grafana enabled teams to tailor queries and visualizations to specific use cases, such as analyzing application-specific metrics like request latency or error rates, capabilities that were limited in Azure Monitor. This level of customization proved crucial for complex and large-scale deployments, where granular insights were necessary to ensure optimal performance.

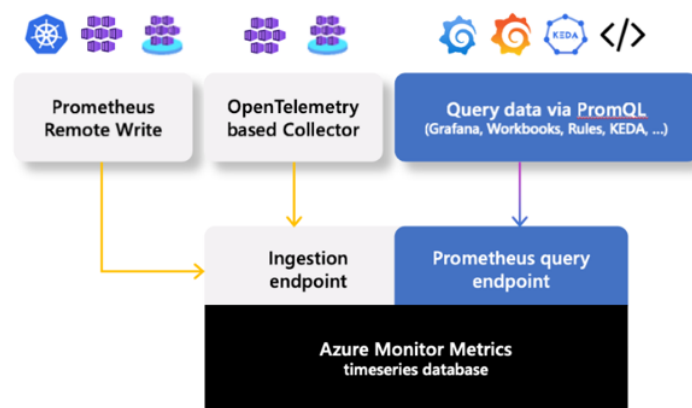


Figure: Diagram comparing the features of Prometheus and Azure Monitor.

Real-world applications of this monitoring framework further illustrated its practical benefits. In one instance, an e-commerce platform experienced a 300% surge in traffic during a promotional event. The system's alerts and dashboards identified performance bottlenecks in real time, enabling engineers to scale resources dynamically and maintain service availability. Similarly, monitoring memory usage trends led to the identification of underutilized resources, resulting in

optimized pod configurations and reduced operational costs. These examples underscore the framework's ability to enhance system reliability, optimize resource utilization, and improve incident response times.

Despite its many advantages, the deployment of Prometheus and Grafana was not without challenges. One significant issue was the high cardinality of metrics in a Kubernetes environment, which led to increased memory consumption in Prometheus. This challenge was mitigated by refining scrape configurations to exclude unnecessary metrics and reducing scrape intervals where possible. Another challenge was the initial noise generated by alerting rules, as frequent and low-priority alerts overwhelmed administrators. By refining alert thresholds and conditions, the team reduced alert fatigue and ensured that notifications were actionable and relevant. The resource-intensive nature of Prometheus and Grafana also necessitated the use of dedicated nodes within the AKS cluster, ensuring that monitoring tools did not interfere with application workloads.

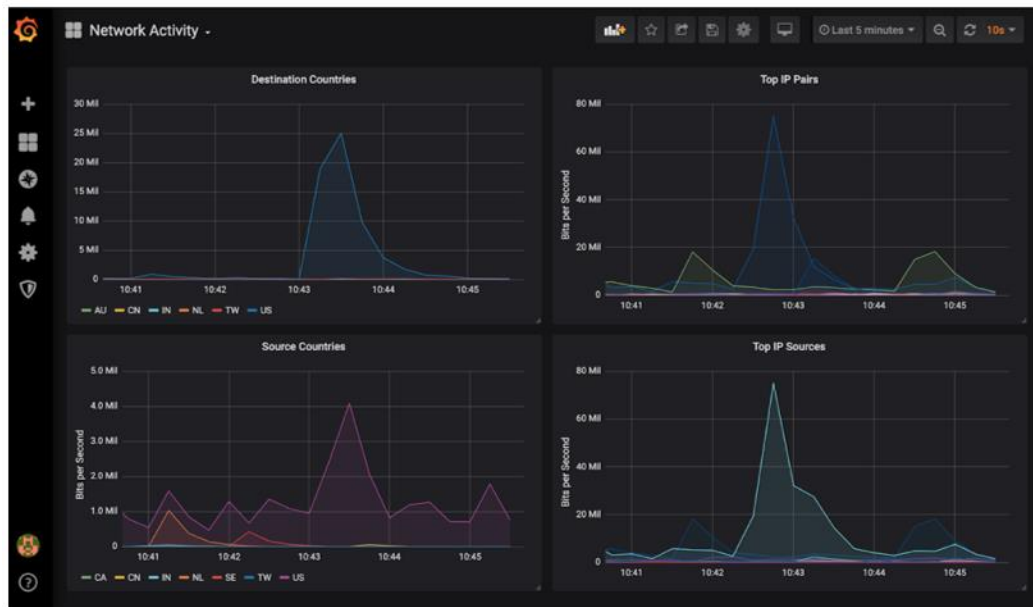


Figure: Table displaying optimized alert thresholds alongside corresponding performance metrics.

The results of this study demonstrate the transformative impact of Prometheus and Grafana on Kubernetes monitoring. By providing a comprehensive view of system performance, these tools empowered teams to identify bottlenecks, optimize resource allocation, and respond proactively to potential issues. However, as Kubernetes environments continue to grow in scale and complexity, there is room for further innovation. Incorporating advanced analytics, such as machine learning-based anomaly detection and predictive modeling, could enhance the framework's ability to preemptively address performance issues. Additionally, integrating log monitoring tools like Loki or extending the framework to support multi-cloud environments could further expand its capabilities.

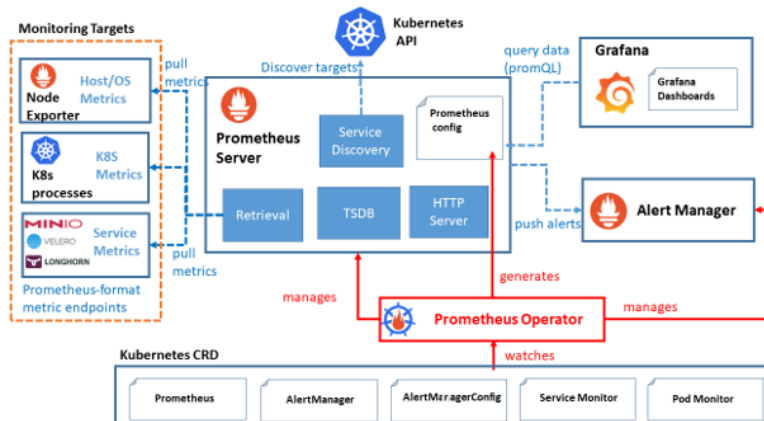


Figure: Diagram illustrating the architecture of Prometheus and Grafana operating within a Kubernetes environment.

In conclusion, the combination of Prometheus and Grafana has proven to be a robust and adaptable solution for monitoring Kubernetes environments. The insights gained from this framework enable organizations to enhance system reliability, improve operational efficiency, and ensure the scalability of their applications. As the demands of modern IT infrastructures evolve, the continuous refinement and extension of this monitoring framework will remain essential for maintaining high levels of performance and reliability.

REFERENCES

- [1] Bernstein, D. (2014). Containers and Cloud: From LXC to Docker to Kubernetes. *IEEE Cloud Computing*, 1(3), 81–84.
- [2] Brazil, B. (2018). *Prometheus: Up & Running*. O'Reilly Media.
- [3] Grafana Labs Documentation. (2023). Custom Dashboards and Widgets. Retrieved from <https://grafana.com/docs>.
- [4] Red Hat. (2021). Monitoring Kubernetes Applications. Retrieved from <https://www.redhat.com>.
- [5] Microsoft Azure. (2023). Azure Kubernetes Service Documentation. Retrieved from <https://azure.microsoft.com>.
- [6] Thakkar, S., & Doshi, A. (2018). Monitoring Microservices Using Prometheus. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, 6(4), 2340–2345.
- [7] Grafana Labs. (2023). Advanced Dashboards in Grafana. Retrieved from <https://grafana.com/advanced-dashboards>.
- [8] Node Exporter Documentation. (2022). Collecting System Metrics. Retrieved from <https://prometheus.io/docs>.
- [9] Apache JMeter Documentation. (2023). Load Testing Kubernetes Applications. Retrieved from <https://jmeter.apache.org>.
- [10] Yegulalp, S. (2022). Comparing Prometheus and Azure Monitor. *InfoWorld*. Retrieved from <https://infoworld.com>.

Single Axis PID Test Rig for Rotary Wing Unmanned Aerial Vehicles and Controller Design

¹Bilal GÜN, ^{2*}Sema SERVİ

¹ Department of Electric Electronic Engineering, Selcuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

^{2*}Department of Computer Engineering, Selcuk University Faculty of Technology, Selçuklu, Konya

¹213302052@ogr.selcuk.edu.tr, ^{2*}semaservi@selcuk.edu.tr

Abstract – While rotary wing unmanned aerial vehicles (UAVs) are used in tasks such as search, rescue and observation, the payload they can carry and flight duration create limitations in design. In this study, a single-axis PID test rig and PID control system were developed to enable rotary wing UAVs to fly more stably. The parameters to be used in the PID controller system were analyzed by equation solution and Matlab Simulink's "tune" feature. It has been observed that the values automatically adjusted with Tune stabilize the system faster and reduce the oscillation percentage and peak time.

The test rig combines electronics, mechanics and software disciplines, allowing the controller system to be analyzed before physical tests. As a result of the study, unique and stable PID values were obtained, providing safer and more stable flight. These methods and values can be used in flight control algorithms of rotary wing UAVs.

Keywords – PID Test Device, PID Control System, Unmanned Aerial Vehicle, Stable Motion, Rotary Wing

INTRODUCTION

In recent years, the demand for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) platforms has been steadily increasing, especially in military applications, making them a strategic technology. UAVs are aerial vehicles capable of flying without a human on board, operating autonomously or being controlled via remote control. They are used in a wide variety of fields such as research and development, search and rescue, communication and broadcasting, aerial photography and videography, border security, traffic control, forest fire prevention, working in environments with toxic chemical gases, preventing illegal hunting, exploring and extracting natural resources, spraying, archaeology, and many similar applications. To achieve movement along three axes, balloon structures, fixed-wing aircraft, single-rotor helicopters, and bird-like configurations are employed. These structures have advantages as well as numerous disadvantages. However, rotary-wing structures offer many advantages over their counterparts due to their ability to perform vertical takeoff and landing, hover in place, fly at low speeds, have small sizes, and possess better maneuverability. A quadrotor can be cited as an example of a rotary-wing UAV. The quadrotor is one of the most widely used systems within its classification due to its cost-effectiveness, ease of control, manufacturability, and functional versatility, such as payload enhancement. It falls into both the "rotary-wing" and "multirotor" categories and is defined as a four-rotor system. Quadrotors are capable of vertical takeoff and landing and have forward, backward, right, and left movement capabilities. The ascent and movement of the vehicle are achieved through the thrust force produced by the four propellers. In a quadrotor, one pair of opposing propellers rotates clockwise, while the other opposing pair rotates counterclockwise. This control mechanism is further explained in [9], [10], and [11]. Differences in the rotational speeds of the propellers cause variations in force and torque, leading to the movement of the vehicle [2]. In addition to the main frame, UAVs incorporate essential hardware components such as motors, electronic speed controllers, sensors (barometer, accelerometer, gyroscope, magnetometer, GPS, ultrasonic, etc.), propellers, power systems, cameras, and communication systems.

The inability to properly adjust the flight control parameters of UAVs can lead to unwanted accidents during flight. Due to the high cost of the hardware components used and the lengthy procurement process, it is crucial to accurately configure the controller parameters in such aerial vehicles. Maintaining the balance of UAVs during flight is highly complex due to several factors that complicate control, such as managing multiple motors, accounting for sensor error margins, calculating angle parameters with high precision, and adapting to weather conditions. This requires the use of advanced control algorithms. Examples of such algorithms include PID, LQR, SMC, and FBL. Among these, the PID control algorithm is the easiest to implement [12]. Its simplicity, fewer adjustable parameters, reliability, and robustness are the primary reasons for its widespread use. Therefore, for a multirotor UAV to operate autonomously, it must undergo

several tests, including those involving control algorithms.

To ensure seamless adjustment of the required parameters, address potential damages and safety issues during the testing phase of the device's development, and reduce development time, various test setups should be prepared. The planned test setup will include a PID controller system. Most flight control programming applications for UAVs provide predefined PID values. However, rotary-wing UAVs may require different PID values for various tasks. To achieve more stable operations, PID controllers must be specifically designed. Moreover, the values for the variables in a PID controller system can be calculated using various methods. One approach involves solving a custom transfer function to determine the necessary values, or alternatively, the automatically calculated parameters using the tune feature in Matlab Simulink can be tested. In this study, a controller system was developed, PID parameter values were calculated, their results were analyzed and compared, and a test setup was designed for physical implementation. The results obtained are planned to be applied to a rotary-wing UAV defined for a specific task. Summary information on some solutions available in the literature is presented in Table 1.0. One of the methods used in the literature, the Matlab tune feature, was found to stabilize the designed controller system much faster compared to values obtained through equation solving. This was achieved by reducing characteristics such as signal oscillation percentage and peak time. In this study, the advantages and disadvantages of both methods were assessed, and potential scenarios were evaluated.

Table 1.0

	Denklem Çözümleme ile Bulunan Veriler	Matlab Tune Özelliği ile Bulunan Veriler
Sistemin Kararlılığa Geçme Süresi (s)	6,89	1,61
Salınım Yüzdesi	79,1	21,1
Pik Süresi(s)	1,79	1,21

By comparing the results obtained through the necessary analyses, PID values specific to rotary-wing UAVs can be determined using both methods, leading to a more unique structure and a much more stable flight system. But is it not possible to design a setup and controller system to test control algorithms and flight control parameters for multi-rotor rotary-wing UAVs? With this test setup, it is aimed to prepare single-axis controlled flight setups for multi-rotor UAVs and adjust their flight control parameters. The proposed setup will enable control of the UAV system on individual axes, and the data collected will facilitate autonomous flight scenarios. The data, analyses, and methods obtained through the literature will allow for flight scenarios with UAVs that can be used for various applications such as autonomous search and rescue operations in both open and closed environments [15,16].

MATERIALS AND METHOD

2.1 System Description

PID control is an acronym for proportional, integral, and derivative. It is essentially a control feedback mechanism. A PID controller calculates an "error" value by taking the difference between a measured process variable and a desired setpoint. The PID algorithm is applied to this error value. The proportional (P) term is multiplied by the instantaneous error and makes corrections based on the magnitude of the error. The integral (I) term accumulates the error over time and is used to correct slow or persistent errors in the system. The derivative (D) term calculates the rate of change of the error and is used to dampen sudden changes. PID controllers are formed by combining the three basic controllers (proportional, integral, and derivative), and the control signal $u(t)$ is represented by Equation 1. The output values are then calculated and redirected back to the input to determine the error variable again, thus completing the loop. The block diagram of the PID control algorithm is shown in Figure 1.

$$u(t) = k_p e(t) + k_i \int_0^t e(t) dt + k_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (1)$$

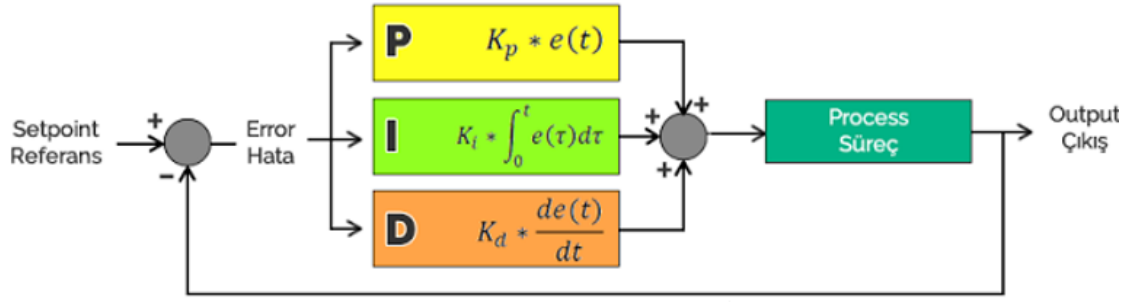


Figure 1. PID Control Algorithm Block Diagram

Multicopters have three axes of motion: roll, pitch, and yaw. Figure 2 illustrates the movements of a quadrotor, a type of multicopter, along the x, y, and z axes. This system, fixed at its center, has three degrees of freedom. As shown in Figure 2, the roll movement occurs as a rotational or circular motion around the x-axis, pitch around the y-axis, and yaw around the z-axis. The roll movement corresponds to the vehicle's linear right and left motion, while the pitch movement represents the forward and backward orientation of the vehicle. Yaw refers to the circular motion of the vehicle rotating left or right around its own axis. The PID control algorithm in multicopters determines the angles of the UAV along the three axes relative to the ground using sensors. Desired angles are provided by the user. The algorithm aims to minimize the difference between the measured and desired angles. The PID algorithm's task is to calculate the necessary motor speed values to reduce this difference to the lowest possible level. These terms, multiplied by the system error, use three fundamental mathematical functions. The goal of the PID control method is to minimize error and ensure the system operates stably, regardless of the task. In multicopters, separate PID control algorithms are applied for each of the three axes.

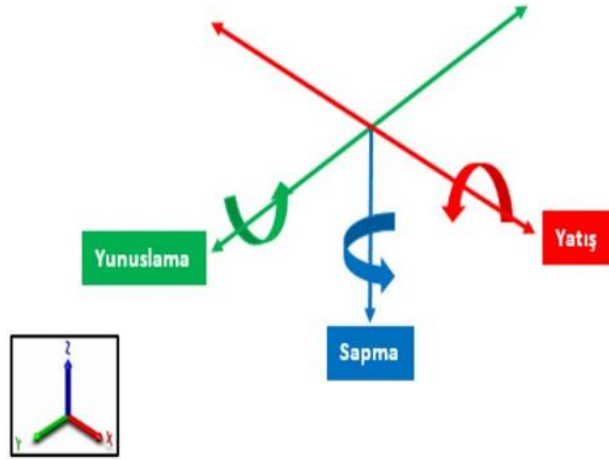


Figure 2. Movements of the Quadrotor Along the x, y, and z Axes

2.2 Test Setup System Design

The computer-aided design of the single-axis PID test setup to be developed is shown in Figure 3. In this test setup, the sigma profile housing the motor and propeller is supported with ball bearings and shafts, and it is positioned to operate based on data received from the accelerometer sensor located precisely at the center.



Figure 3. Designed Single-Axis PID Test Setup

In the mechanical assembly, 30x30 sigma profiles will be used for ease of assembly and durability. The dimensions of the sigma profiles, in centimeters, are shown in Figure 4. Corner connectors will be used to mount the sigma profiles to each other. M3 and M4 bolts will be utilized for the connections. The sigma profile responsible for axis movement will be supported by 8 mm diameter shafts with opposing ball bearings positioned at the exact center, enabling the movement. The part designed to mount the motors onto the sigma profile will be produced using a 3D printer. To prevent accidents caused by the propellers striking the ground during sudden oscillations, a 9-centimeter-long sigma profile will be added at the center.

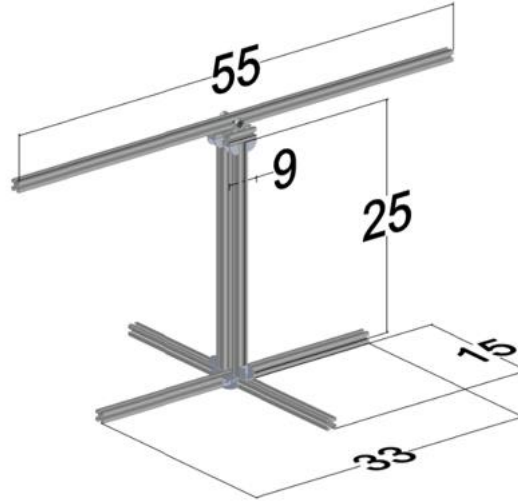


Figure 4. Dimensions of the Sigma Profiles to Be Used in Centimeters

The A2212 1000KV brushless motor has been selected for use. The KV rating, which indicates the revolutions per volt, has been chosen as 1000 KV to ensure it is neither too low nor excessively high to lift the system. This motor, paired with a 1045-sized compatible propeller, allows for obtaining the reference thrust value. Considering the current draw of the motors, 30-amp ESCs will be used. At the center of the test setup, the MPU6050 6-axis gyro and tilt sensor will provide data from the desired axis. The Arduino Uno has been selected as the microcontroller to facilitate the required communication. Communication between the sensor and the control board is achieved using the I2C communication protocol [3]. This system will be powered by a 3S LiPo battery. The electronic circuit diagram of the single-axis PID test setup is shown in Figure 5. The brushless motors will be connected to the output terminals of the ESCs.

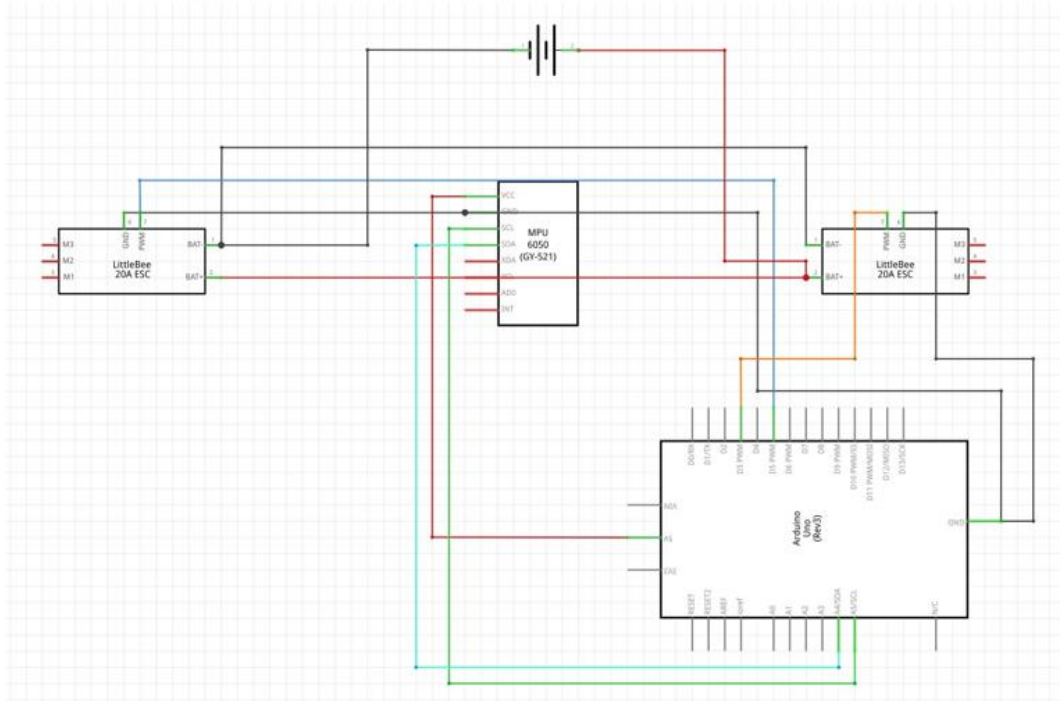


Figure 5. Electronic Circuit Diagram of the Single-Axis PID Test Setup

2.3 PID Control Equations and Transfer Function Calculations

PID controller settings may vary depending on the type of vehicle, design, flight requirements, and performance objectives. Therefore, they must be adjusted to meet the specific requirements and design characteristics needed to precisely control the vehicle's rotational movements. Below is an example of a system's transfer function representing a PID control system, which will be used in our PID test setup and Matlab environment for testing and analysis. This example demonstrates the relationship between the input signal $U(s)$ and the output signal $Y(s)$. The coefficients calculated using the transfer function in the PID controller system will be tested in the Matlab environment, and the output graphs will be analyzed. Additionally, using the same transfer function, the output graphs obtained through Matlab's tune feature will also be evaluated, and a comparison between the two methods will be conducted. Let us first consider a system whose differential equation can be expressed as follows (Equation 2).

$$a \frac{d^2y(t)}{dt^2} + b \frac{dy(t)}{dt} + cy(t) = du(t) \quad (2)$$

Let's apply the Laplace transform to this equation:

$$as^2Y(s) + bsY(s) + cY(s) = dU(s)$$

Let's calculate the transfer function of the PID control system. The transfer function represents the dynamic relationship between the input and output values in a process. It is defined as the ratio of the Laplace transforms of the output and input variables, expressed as deviation variables. A deviation variable indicates how far the variable deviates from its steady-state value (unstable value – steady-state value).

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{d}{as^2 + bs + c}$$

In our study, several function values were tested to evaluate the data in the analysis environment. The most suitable function, which will be used as an example for comparison, was selected once the necessary coefficient values were determined. To stabilize this function, a PID controller needs to be created. Figure 6 shows the block diagram that will be used to calculate the transfer function of our closed-loop system.

Here, the PID control equation represents the controller, and the function represents the process to be placed in the closed loop.

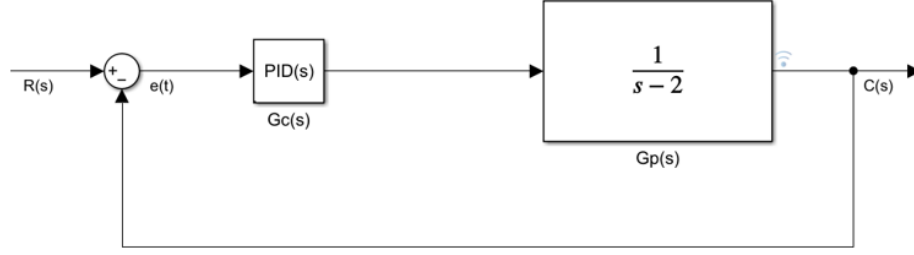


Figure 6. Block Diagram of the Closed-Loop System

In a closed or feedback system, the transfer function is calculated using Equation 3 [6].

$$T = \frac{G_c \cdot G_p}{1 + G_c \cdot G_p} \quad (3)$$

$$G_p = \frac{1}{s - 2}$$

$$G_c = K_p + \frac{1}{s}K_i + sK_d$$

$$G(c) = \frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s}$$

Let us substitute the values into the equation:

$$T = \frac{\frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s} \cdot \frac{1}{s - 2}}{1 + \frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s \cdot (s - 2)}}$$

If the equation is rearranged, the general transfer function of the system with PID control becomes:

$$T = \frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{(K_d + 1)s^2 + (K_p - 2)s + K_i}$$

To stabilize this equation, the chosen poles must be tested. The roots of the characteristic equation in the transfer function

of the PID controller can be at or near -1. If we select the poles as -1, for a second-order equation, we can choose two poles.

$$K_d + 1 = 1 \quad , \quad K_d = 0$$

$$K_p - 2 = 2 \quad , \quad K_p = 4$$

$$K_i = 1 \quad , \quad K_i = 1$$

This result means that if we take both poles as -1, the system will be stable with these PID coefficients.

2.4 System Modeling and Analysis

To test the obtained data, Matlab and Simulink simulation programs were chosen [13]. The PID controller system's block diagram will be modeled, and the calculated values will be entered. Additionally, using the same transfer function, the PID tuner feature in Matlab Simulink will be utilized to automatically calculate the K_p, K_i, K_d values through equation solving. A comparison will then be made to evaluate the advantages and disadvantages of each method. Figure 7 illustrates the PID Controller Matlab Simulink Model.

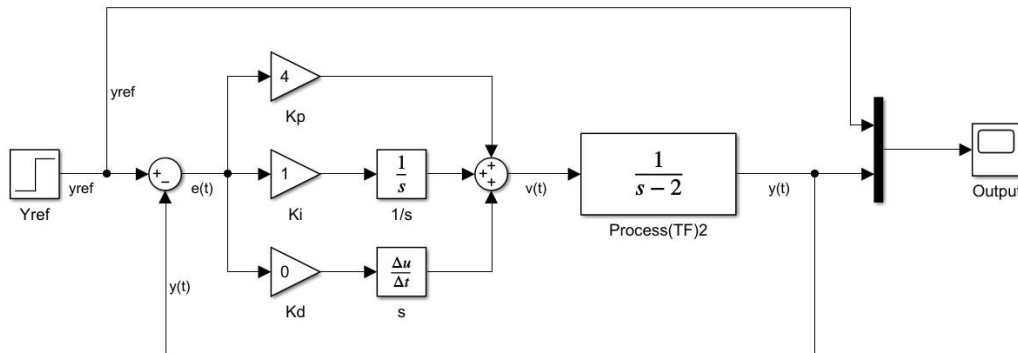


Figure 7. PID Controller Matlab Simulink Model

The transfer function block parameters created for the PID controller system have been entered into the model. Additionally, the desired value of the input signal has been set to 1. This indicates that the output graph should stabilize at the value of 1. The yellow graph represents the desired value, while the blue graph represents the output of the PID controller system created. Figure 8 shows the graph generated as a result of the analysis.

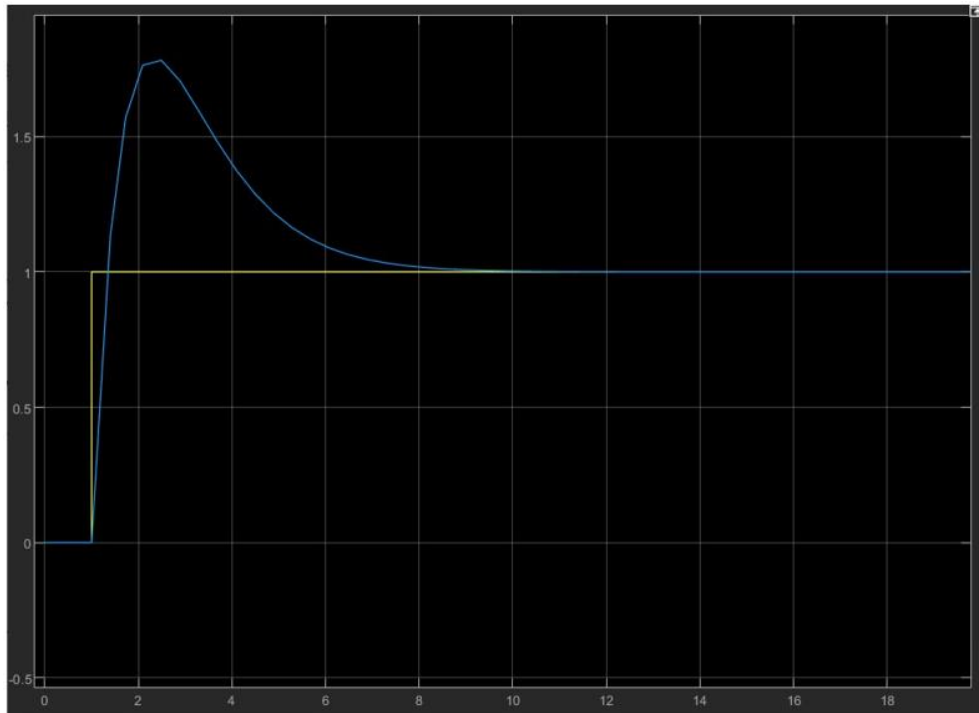


Figure 8. Analysis Result of the PID Controller Matlab Simulink Model

The analysis results show that the system stabilizes around the 10th second after some oscillation. This confirms that the PID controller system we designed and solved is functioning correctly. To utilize the PID tuner feature in Matlab Simulink, we add a PID controller block to the existing model, using the same transfer function and feedback system. Figure 9 shows the constructed block diagram.

Using Matlab Simulink's PID tuner feature, the K_p , K_i , and K_d values were found to be 15.6, 21.6, and -0.2, respectively. Figure 10 presents the analysis results, which include the manually calculated K_p , K_i , K_d values derived from the equations and the automatically computed values from the PID tuner feature, along with the desired value.

In the graph:

- The yellow curve represents the desired value.
- The red curve represents the output graph generated using the PID tuner feature.
- The blue curve represents the output graph obtained using the values calculated from the equations.

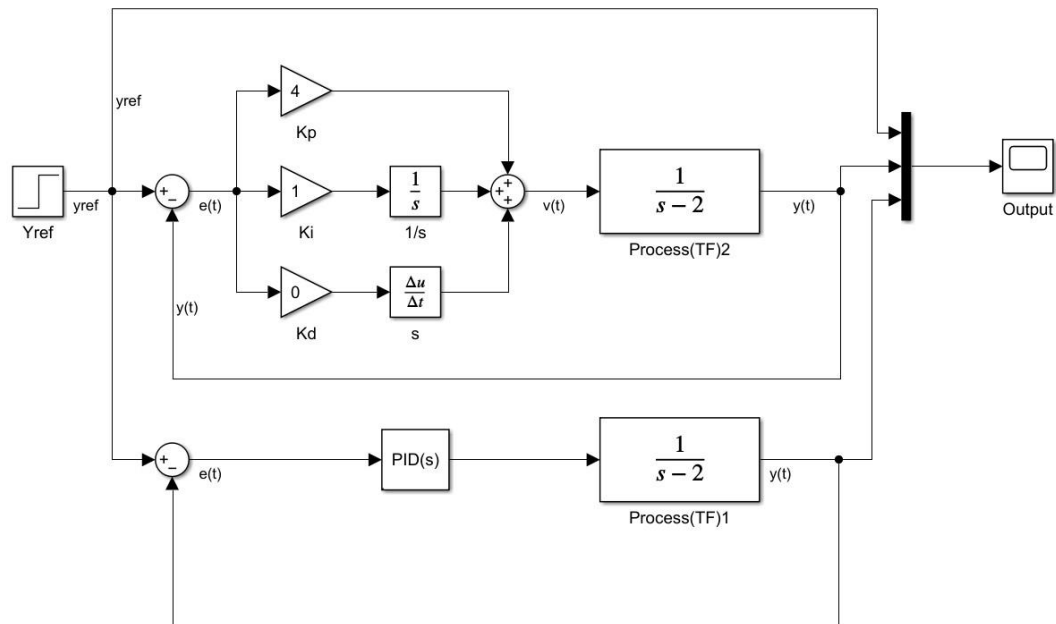


Figure 9. Block Diagram of the PID Controller Matlab Simulink Model Created for Tuner Feature and Comparison

RESULTS AND DISCUSSIONS

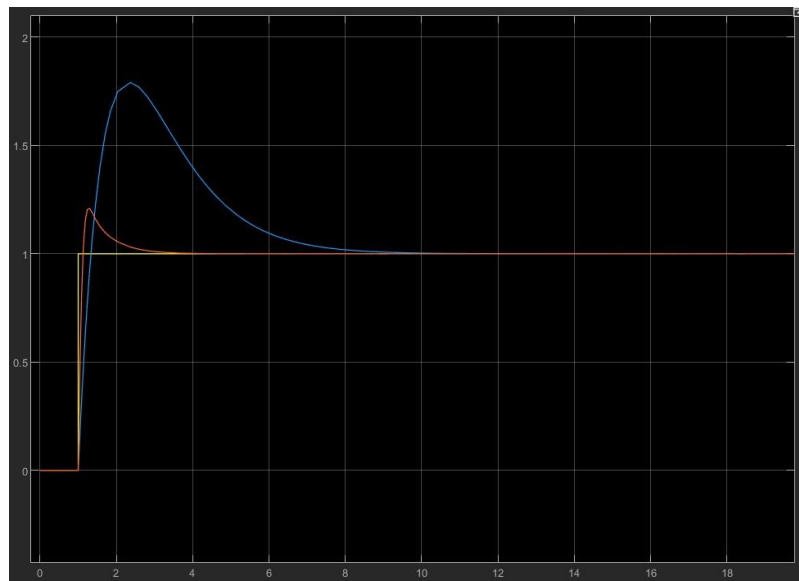


Figure 10. PID Controller-Matlab Simulink Tuner Feature Comparison Analysis Result

The analysis results show that the controller system created using the Matlab PID tuner feature achieves stability much faster. Additionally, it was observed that the oscillation rate significantly decreased. As a result, it has been determined that the PID controller values obtained through equation solving and those obtained via the Matlab PID tuner feature differ, each stabilizing the system with varying oscillation levels and durations. Both methods are deemed suitable for testing in the single-axis PID test setup we are developing.

These scenarios can be applied to rotary-wing UAVs defined for different tasks. For instance, if we want the movements of a rotary-wing UAV along the axes to stabilize quickly during flight, the PID parameters obtained using the Matlab tuner feature should be applied. Conversely, if slower movements along the axes are desired, the PID parameters derived from the equations should be used.

The results obtained will also be tested in the single-axis PID test setup designed for this research project. Additionally, the data from the single-axis PID test setup will be prepared for implementation on a rotary-wing UAV. Control

parameters, performance metrics, robustness values, other graphs, and simulation results from the data inspector for the designed PID controller system and comparisons are provided at the end of the literature.

REFERENCES

- [1] Katsuhiko, O. (2010). Modern control engineering.
- [2] Rimestad, M., Petersen, C. F., Hansen, H., Larsson, S. ve Bo L. (2008). Autonomous Hovering with a Quadrotor Helicopter. Aalborg Universitet, Danimarka.
- [3] Leens, F. (2009). An introduction to I2C and SPI protocols. IEEE Instrumentation & Measurement Magazine. 12, (1), 8-13
- [4] Olfati-Saber, R. (2001). Nonlinear control of underactuated mechanical Systems with Application to Robotics and Aerospace Vehicles. Yüksek Lisans Tezi, Massachusetts Institute of Technology, ABD, s. 32-47.
- [5] Oflaz, T. (2013). Dört Rotorlu Hava Aracının İrtifa Denetimi İçin Doğrusal Olmayan Denetleyici Tasarımı ve Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye, s. 32-45.
- [6] Girgin, Z. (2016). Otomatik Kontrol Ders Notları, Pamukkale Üniversitesi
- [7] Wikipedia/"Proportional-integral-derivative controller". https://en.wikipedia.org/wiki/Proportional-integral-derivative_controller
- [8] Fernando, H., De Silva, A., De Soysa, M., Munasinghe, S. ve Dilshan, K. (2013). Modelling, Simulation and Implementation of a Quadrotor UAV. IEEE 8th International Conference on Industrial and Information Systems, ABD, 1 Aralık, IEEE
- [9] Samir Bouabdallah, Andr'e Noth ve Roland Siegwart, "PID vs LQ Control Techniques Applied to an Indoor Micro Quadrotor", Akıllı Robotlar ve Sistemler, 2004.
- [10] Kong Wai Weng, Mohamad Shukri b. Zainal Abidin, "Havadan Gözetleme İçin Dört Rotorlu Uçan Robotun Tasarımı ve Kontrolü", 4. Araştırma ve Geliştirme Öğrenci Konferansı, 2006.
- [11] Alexandros Soumelidis, P'eter G'asp'ar, Gergely Regula, B'ela Lantos, "Control of an deneysel mini quad-rotor UAV", 16. Akdeniz Kontrol ve Otomasyon Konferansı Merkezi, Ajaccio, Fransa, 2008 .
- [12] Ogata, K., Modern Kontrol Mühendisliği. Beşinci baskı. 2009.
- [13] Bouabdallah, S., P. Murrieri ve R. Siegwart. Bir iç mekan mikro quadrotorunun tasarımı ve kontrolü. Robotik ve Otomasyon alanında, 2004. Bildiriler Kitabı. ICRA'04. 2004 IEEE Uluslararası Konferansı. 2004.IEEE
- [14] Randal W. Beard. (2015). Quadrotor Dynamics and Control. Brigham Young University. February 19, 2008
- [15] S. Bouabdallah, C. Berme, S. Grzonka, C. Gimkiewicz, A. Brenzikofer, R. Hahn, D. Schafroth, G. Grisetti, W. Burgard ve R. Siegwart. Avuç içi büyüklüğünde otonom helikopterlere doğru. İnsansız Alan Araçlarına (İHA) ilişkin Uluslararası Konferans ve Sergide, Dubai, BAE, 2010
- [16] A.Coates, P. Abbeel ve AY Ng. Çoklu Gösterimlerden Kontrolü Öğrenmek. Uluslararası Makine Öğrenimi Konferansı (ICML) Bildirileri, 2008.

Enhancing Connectivity in Smart Cities: UAV Placement Optimization with the Reptile Search Algorithm

Rachda El taani¹, Karim Baiche¹, and Yassine Meraihi^{1,2}

¹ LIST Laboratory, University of M'Hamed Bougara, Boumerdes, Algeria r.eltaani@univ-boumerdes.dz,
kbaiche@univ-boumerdes.dz

² LIMOSE Laboratory, University of M'Hamed Bougara, Boumerdes, Algeria
y.meraihi@univ-boumerdes.dz

Abstract. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) serving as mobile base stations (UAV-BSs) are emerging as a transformative solution for advancing communication networks, particularly in the context of smart cities, disaster recovery, and areas lacking traditional infrastructure. These aerial platforms can be rapidly deployed to ensure seamless connectivity during emergencies, network overloads, or failures of terrestrial base stations. This study addresses the challenging problem of optimizing UAV-BS placement to maximize downlink coverage while minimizing energy consumption, taking into account user distribution and UAV altitude. To solve this intricate optimization problem, we employ the Reptile Search Algorithm (RSA), a cutting-edge metaheuristic inspired by the adaptive predatory behavior of reptiles. RSA effectively balances exploration and exploitation to uncover optimal solutions in complex search spaces. Comparative analysis across multiple scenarios demonstrates that RSA surpasses established algorithms such as the Marine Predators Algorithm (MPA), the Whale Optimization Algorithm (WOA), and the Grey Wolf Optimization (GWO), providing a robust and efficient approach for UAV placement in static environments. The findings of this research pave the way for innovative UAV-based solutions in modern communication systems.

Keywords: UAV base station· Reptile Search Algorithm· Energy Efficient· Downlink coverage· Smart Cities.

1 Introduction

The landscape of global communication is advancing at an unprecedented pace, driven by cutting-edge technologies that are reshaping connectivity. Among the most transformative innovations are Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) functioning as flying base stations (UAV-BSs). These versatile aerial platforms are revolutionizing mobile networks and heralding a new era of global connectivity. With the proliferation of the Internet of Things (IoT), the emergence of smart cities, and the expansion of precision agriculture, the demand for adaptable, high-performance communication networks has become more pressing than ever. UAV-BSs provide a promising solution to address the connectivity challenges posed by conventional infrastructure, particularly in remote regions or during disaster recovery.

As IoT devices become increasingly ubiquitous, from environmental sensors to agricultural tools, the importance of UAV-BSs continues to grow. These platforms enable the rapid deployment of communication networks, making them invaluable for disaster response, rural connectivity, and high-bandwidth applications such as real-time surveillance and IoT systems [1], [2], [3]. Despite their immense potential, integrating UAV-BSs into existing network architectures presents significant challenges.

The surging demand for dependable and efficient wireless networks is further compounded by the exponential growth of IoT devices. UAV-BSs are well-suited to fill coverage gaps, but their deployment requires meticulous optimization. Each UAV has a limited energy reserve, necessitating a balance between expanding coverage and conserving energy. While increasing transmission power can extend coverage, it also accelerates battery depletion. Therefore, the primary challenge lies in determining optimal UAV placements to maximize user coverage while minimizing energy consumption.

The UAV placement problem is recognized as NP-hard, making it challenging for traditional optimization methods to address its complexity. Consequently, researchers have increasingly turned to metaheuristic optimization techniques, which are well-suited for solving high-dimensional, complex problems. In the past decade, several approaches have been explored, including the Grey Wolf Optimizer (GWO) for 3D placement [4], Particle Swarm Optimization (PSO) and Exhaustive Search (ES) for optimizing Quality

of Service (QoS) [5], and Genetic Algorithms (GA) for 2D UAV positioning [6]. More recently, hybrid methods, such as combining the Whale Optimization Algorithm (WOA) with Simulated Annealing (SA), have been proposed to enhance the accuracy of UAV placement [7].

Among the newest metaheuristic algorithms, the Reptile Search Algorithm (RSA) has gained attention for its versatility and efficiency across diverse optimization problems. RSA, inspired by the predatory behavior and movement strategies of reptiles, effectively balances exploration and exploitation in the search space. This unique approach makes RSA particularly suitable for addressing complex challenges like UAV placement, where optimal solutions require navigating high-dimensional, nonlinear search spaces.

In this paper, we employ the Reptile Search Algorithm (RSA) to solve the UAV placement problem in a static environment. By leveraging the adaptive and dynamic nature of RSA, we aim to identify optimal UAV positions that maximize coverage while minimizing energy consumption. RSA's ability to balance global exploration with local exploitation provides a robust framework for tackling the challenges inherent in UAV placement optimization.

The remainder of this paper is structured as follows: Section 2 details the formulation of the UAV placement problem, including the system and mathematical models. Section ?? provides an overview of the Reptile Search Algorithm. Section 4 explains the application of RSA to the UAV placement problem. Section 5 presents the simulation results, and Section 6 concludes the study.

2 UAV-BSs Placement Problem Formulation

2.1 System model

This study addresses the UAV placement problem in a 3D urban environment, modeled as a spatial region with dimensions $W \times L \times H$. The area is populated with M ground users distributed at fixed positions (x_i, y_i) as illustrated in Fig. 1. The deployment includes:

- A set of N UAVs, denoted as D , where each UAV D_j is located at coordinates (x_j, y_j, h_j) . The parameter h_j represents the altitude of UAV D_j , which determines its coverage area and energy consumption.

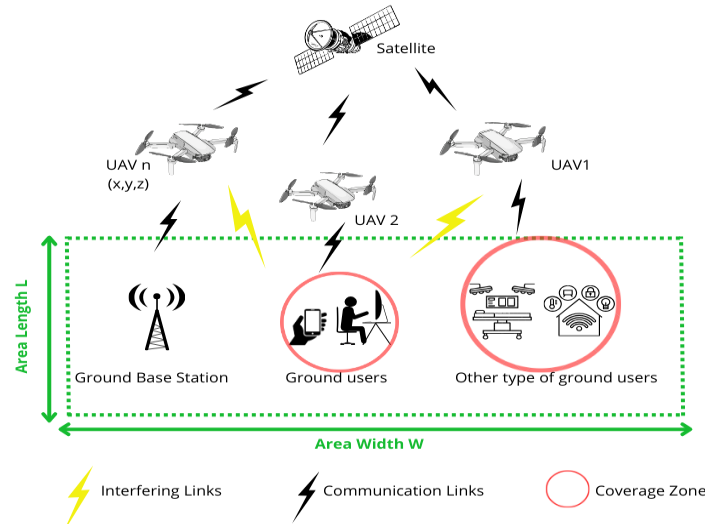


Fig. 1: System model

The altitude h_j of each UAV directly influences its coverage radius R_j and energy consumption. The energy consumed by UAV D_j is modeled as:

$$E_{D_j} = M_{D_j} \cdot g \cdot h_j \quad (1)$$

where M_{D_j} is the mass of the UAV, and g is the gravitational acceleration constant.

The goal is to optimize the placement of UAVs to ensure maximum coverage quality for ground users while minimizing energy consumption, which increases with altitude.

2.2 Problem Formulation

The optimization problem focuses on maximizing user coverage while maintaining energy efficiency. UAV placement must balance the trade-off between maximizing coverage quality and minimizing energy consumption.

Objective Function The primary objective is to maximize the total coverage quality, defined as:

$$\max f(\gamma) = \sum_{i=1}^M \max_{j \in \{1, \dots, N\}} \gamma_{U_i}^{D_j} \quad (2)$$

Here, $\gamma_{U_i}^{D_j}$ quantifies the coverage quality provided to user U_i by UAV D_j , which is determined based on the distance $d(U_i, D_j)$ between the user and the UAV.

The coverage quality is calculated as:

$$\gamma_{U_i}^{D_j} = \max(0, R_j - d(U_i, D_j)) \quad (3)$$

where R_j is the coverage radius of UAV D_j , influenced by its altitude h_j .

Constraints

1. **Altitude Range:** The altitude of each UAV must lie within permissible limits:

$$h_{\min} \leq h_j \leq h_{\max}, \quad \forall j \quad (4)$$

2. **Coverage Constraint:** Each user U_i must be within the coverage radius R_j of at least one UAV D_j :

$$d(U_i, D_j) \leq R_j, \quad \forall i \in \{1, \dots, M\}, \forall j \in \{1, \dots, N\} \quad (5)$$

3. **Deployment Boundaries:** The UAVs must remain within the deployment area:

$$0 \leq x_j \leq W, \quad 0 \leq y_j \leq L, \quad \forall j \quad (6)$$

4. **Energy Efficiency:** Energy consumption E_{D_j} must be proportional to the altitude of the UAV, encouraging efficient altitude selection:

$$E_{D_j} = M_{D_j} \cdot g \cdot h_j \quad (7)$$

2.3 Mathematical Model

Objective:

$$\max f(\gamma) = \sum_{i=1}^M \max_{j \in \{1, \dots, N\}} (\max(0, R_j - d(U_i, D_j))) \quad (8)$$

Subject to:

1. Altitude range:

$$h_{\min} \leq h_j \leq h_{\max}, \quad \forall j \quad (9)$$

2. Coverage constraint:

$$d(U_i, D_j) \leq R_j, \quad \forall i, \forall j \quad (10)$$

3. Deployment boundaries:

$$0 \leq x_j \leq W, \quad 0 \leq y_j \leq L, \quad \forall j \quad (11)$$

4. Energy efficiency:

$$E_{D_j} = M_{D_j} \cdot g \cdot h_j \quad (12)$$

This formulation ensures a balance between user coverage and energy consumption while adhering to deployment constraints, enabling effective UAV placement for urban environments.

3 Overview of the Reptile Search Algorithm (RSA)

The Reptile Search Algorithm (RSA) is a nature-inspired meta-heuristic optimization algorithm that mimics the unique hunting behaviors of crocodiles. RSA leverages the strategies of encircling, stalking, and cooperative hunting observed in crocodiles to achieve an effective balance between exploration and exploitation in the search space. The algorithm is particularly effective for solving complex optimization problems with continuous and discrete variables.

3.1 Algorithm Inspiration

The inspiration for RSA comes from the hunting mechanisms of crocodiles, which involve four main behaviors:

- **High walking:** Exploration phase where crocodiles search for prey over a wide area.
- **Belly walking:** A stealthy approach phase where crocodiles move closer to their prey.
- **Hunting coordination:** Cooperative hunting strategy among crocodiles to encircle the prey.
- **Hunting cooperation:** The exploitation phase where crocodiles attack the prey collaboratively.

3.2 Initialization Phase

In the initialization phase, RSA begins by defining the following parameters:

- Population size N (number of candidate solutions).
- Dimensionality d of the problem.
- Maximum number of iterations T .
- Control parameters α , β , and ϵ .

The positions of the candidate solutions are initialized randomly within the search space:

$$X_{i,j}(0) \sim U(X_{\min}, X_{\max}), \quad i = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, d, \quad (13)$$

where U denotes a uniform distribution.

3.3 Encircling Strategy

The encircling strategy (ES) is used to update the positions of candidate solutions. It is mathematically expressed as:

$$ES = 2 \cdot \text{randn} \cdot \left(1 - \frac{t}{T}\right) \quad (14)$$

where $ES(t)$ determines the influence of exploration and exploitation at iteration t .

3.4 Phases of RSA

The RSA operates in iterative phases, switching between exploration and exploitation behaviors based on the current iteration t :

- For $t \leq \frac{T}{4}$: **"High Walking"**

It is the exploration phase where the position update equation is:

$$x_{i,j}(t+1) = X_{\text{best},j}(t) - \eta_{i,j}(t) \cdot \beta - R_{i,j}(t) \cdot \text{rand}(), \quad (15)$$

where $X_{\text{best}}(t)$ is the best solution at iteration t , $\eta_{i,j}(t)$ is an adaptive parameter, and $R_{i,j}(t)$ is a randomization factor.

- For $\frac{T}{4} < t \leq \frac{T}{2}$: **"Belly Walking"**

It is the intermediate exploration where the position update equation is:

$$x_{i,j}(t+1) = X_{\text{best},j}(t) \cdot x_{r_1,j}(t) \cdot ES(t) \cdot \text{rand}(), \quad (16)$$

where $x_{r_1,j}(t)$ is a randomly selected candidate solution.

- For $\frac{T}{2} < t \leq \frac{3T}{4}$: **"Hunting Coordination"**

It is the transition phase where the position update equation is:

$$x_{i,j}(t+1) = X_{\text{best},j}(t) \cdot P_{i,j}(t) \cdot \text{rand}(), \quad (17)$$

where $P_{i,j}(t)$ is a probabilistic parameter guiding the candidate towards the best solution.

- For $t > \frac{3T}{4}$: **"Hunting Cooperation"**

It is the exploitation phase where the position update equation is:

$$x_{i,j}(t+1) = X_{\text{best},j}(t) - \eta_{i,j}(t) \cdot \epsilon - R_{i,j}(t) \cdot \text{rand}(). \quad (18)$$

3.5 Termination Criterion

The algorithm terminates when the maximum number of iterations T is reached or a satisfactory solution is found. The best solution X_{best} is returned as the optimal result.

4 Reptile Search Algorithm for Solving UAV-BSs Placement

The Reptile Search Algorithm (RSA) is employed to optimize the placement of UAV-based base stations (UAV-BSs) in wireless communication networks. RSA is well-suited for this problem due to its efficient balance between exploration and exploitation, inspired by the dynamic and adaptive behaviors of reptiles. The algorithm simulates these behaviors, enabling effective navigation of the solution space.

The process begins by initializing a population of candidate UAV positions, which are divided into distinct groups for exploration and exploitation. During the exploration phase, the solutions (UAV positions) are broadly spread across the solution space to ensure a diverse range of potential configurations. In the exploitation phase, the algorithm focuses on refining the most promising solutions, guided by the best-performing individuals within the population. This dual-phase approach allows RSA to efficiently identify UAV-BS placements that maximize coverage and minimize energy consumption.

5 Simulation results

This section presents an evaluation of the Reptile Search Algorithm (RSA) in optimizing the UAV placement problem. A comparative study is conducted between RSA and several established optimization algorithms, including the Marine Predator Algorithm (MPA), Whale Optimization Algorithm (WOA), and Grey Wolf Optimizer (GWO). All algorithms are implemented using Matlab. The performance of RSA is assessed based on metrics such as the mean coverage radius and overall coverage quality. Simulations are carried out in a static environment across 16 different scenarios. The deployment area is a $100m \times 100m$ grid, with the number of users randomly distributed between 5 and 40 in each scenario. The number of UAVs ranges from 1 to 8, with each UAV having a maximum coverage radius of 25 meters and a 45-degree field of view. The coverage radius is assumed to be equal to the UAV altitude. Each simulation runs for 1000 iterations per configuration. The detailed simulation parameters are provided in Table 1.

5.1 Impact of Changing the Number of UAVs

This section examines the effect of varying the number of UAVs, from 1 to 8, on coverage performance while keeping the number of users fixed at 30. The results are presented in Table 2, with coverage outcomes shown in Figure 2 and the average coverage radius in Figure 3. The findings, as presented in Table 2 and Figure 2, demonstrate that increasing the number of UAVs improves coverage, eventually achieving near-complete user coverage when the UAV count exceeds 8. However, this increase in UAVs leads to a reduction in the average coverage radius, which corresponds to a decrease in energy consumption per UAV. By deploying additional UAVs, the area is covered more effectively, and the workload is balanced, leading to lower energy consumption for each individual UAV. The RSA consistently outperforms the MPA, WOA, and GWO algorithms in most scenarios, providing superior coverage while optimizing energy efficiency.

Table 1: Parameters values considered in our simulations

Parameter	Value
N° of UAVs m	[1 8]
N° of users n	[5 40]
Width W	100 m
Length L	100 m
Max coverage radius R	25 m
Population size N	30
N° of iteration t_{max}	1000
RSA	
Alpha α	0.1
Beta β	0.005
MPA	
Fish Aggregating Devices $FADs$	0.2
Constant P	0.5
GWO	
Control parameter a_{min}	0
Control parameter a_{max}	2
WOA	
Control parameter a_{min}	0
Control parameter a_{max}	2

Table 2: Coverage and mean radius coverage under various numbers of UAVs

n	1	2	3	4	5	6	7	8
Coverage (%)								
RSA	31%	47%	60%	73.33%	86%	95%	97.1%	100%
MPA	30%	43.3%	53.33%	70%	86.66%	90%	93.33%	100%
WOA	30%	46.66%	53.33%	70%	70%	86.66%	86.66%	93.3%
GWO	30%	43.33%	53.33%	73.33%	76.66%	90%	93.33%	93.33%
Mean coverage radius (m)								
RSA	20	14	16	13	14.4	13.5	13	12.1
MPA	21.32	15.87	12.23	13.38	15.82	15.05	12.42	12.04
WOA	21.32	15.85	20.59	13.94	16.38	16.57	15.89	12.44
GWO	21.33	15.88	12.28	14.33	16.34	14.01	13.98	12.06

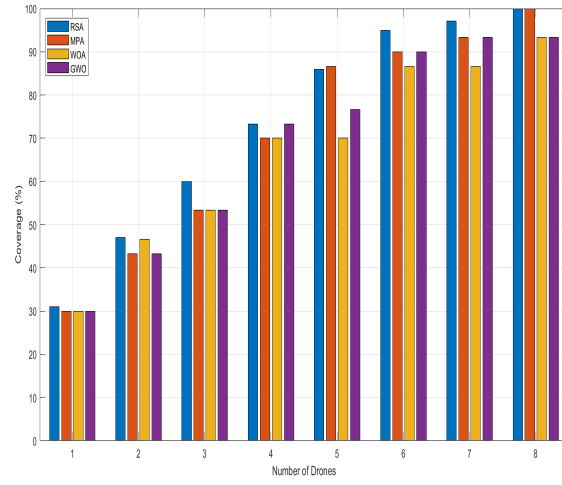


Fig. 2: Coverage under various numbers of UAVs

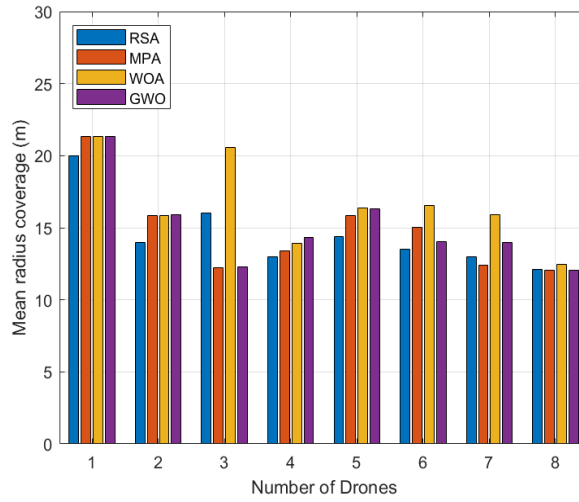


Fig. 3: Mean radius coverage under various numbers of UAVs

Table 3: Coverage and mean radius coverage under various numbers of users

m	5	10	15	20	25	30	35	40
Coverage (%)								
RSA	100%	100%	99%	96%	88%	87.7%	86%	85%
MPA	100%	100%	100%	95%	80%	86.66%	77.14%	82.5%
WOA	100%	100%	93%	90%	76%	70%	80%	70%
GWO	100%	100%	86.66%	85%	88%	76.66%	77.14%	82.5%
Mean coverage radius (m)								
RSA	0.3	1.7	8	7	12	11.9	16.1	18.1
MPA	0.34	3.05	10.28	15.29	11.73	15.81	16.72	19.28
WOA	1.98	4.55	6.14	13.87	13.32	12.33	17.31	18.29
GWO	0.03	3.10	7.66	12.94	14.37	13.26	16.73	19.20

5.2 Effect of Varying the Number of Users

This section investigates the effect of increasing the number of users, from 5 to 40, while keeping the number of UAVs fixed at 5. The analysis focuses on coverage and average coverage radius, with results summarized in Table 3, Figure 4, and Figure 5.

As illustrated in Figure 4 and Table 3, the coverage metric significantly decreases as the number of users increases. This decline occurs because the available UAVs are insufficient to cover the additional users. To meet the increased demand, the coverage radius of each UAV must be expanded, as shown in Figure 5. The RSA consistently outperforms the MPA, WOA, and GWO algorithms in terms of coverage, providing better coverage performance with optimal energy management.

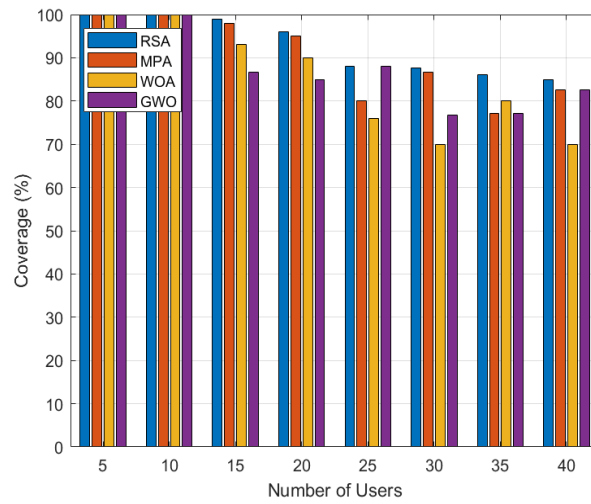


Fig. 4: Coverage under various numbers of users

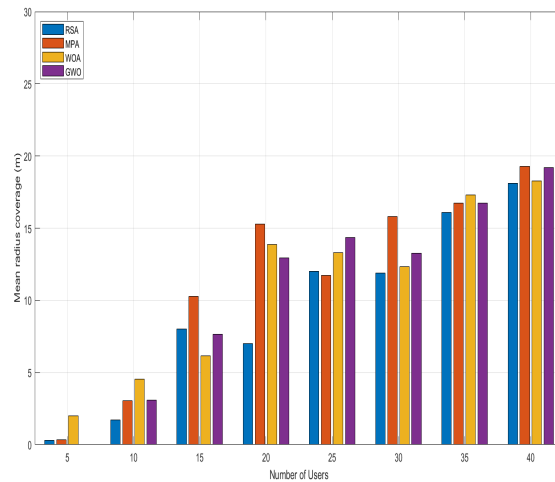


Fig. 5: Mean radius coverage under various numbers of users

6 Conclusion

This study introduced the Reptile Search Algorithm (RSA), a novel metaheuristic inspired by reptilian behaviors, to optimize the placement of UAV-based base stations (UAV-BSs) in wireless communication networks. RSA efficiently balances exploration and exploitation, enabling rapid convergence to optimal solutions. The algorithm leverages a unique search mechanism that mimics the adaptive movements of reptiles, improving solution diversity and preventing premature convergence. This makes RSA particularly effective for solving complex optimization problems, such as UAV-BS placement. A comparative analysis was conducted, assessing RSA's performance against several well-known algorithms, including the Marine Predator Algorithm (MPA), Whale Optimization Algorithm (WOA), and Grey Wolf Optimizer (GWO). The simulation results revealed that RSA outperforms these algorithms in terms of both coverage and energy efficiency. Its ability to optimize coverage while minimizing energy consumption, coupled with its robustness across various scenarios, establishes RSA as a powerful tool for UAV placement in wireless communication networks.

References

1. Achilles D Boursianis, Maria S Papadopoulou, Panagiotis Diamantoulakis, Aglaia Liopa-Tsakalidi, Pantelis Barouchas, George Salahas, George Karagiannidis, Shaohua Wan, and Sotirios K Goudos. Internet of things (iot) and agricultural unmanned aerial vehicles (uavs) in smart farming: A comprehensive review. *Internet of Things*, 18:100187, 2022.
2. Saptarshi Ghosh, Krishnachur Ghosh, Sayan Karamakar, Shubham Prasad, Nilava Debabhuti, Prolay Sharma, Bipan Tudu, Nabarun Bhattacharyya, and Rajib Bandyopadhyay. Development of an iot based robust architecture for environmental monitoring using uav. In *2019 IEEE 16th India Council International Conference (INDICON)*, pages 1–4. IEEE, 2019.
3. Waleed Ejaz, Muhammad Awais Azam, Salman Saadat, Farkhund Iqbal, and Abdul Hanan. Unmanned aerial vehicles enabled iot platform for disaster management. *Energies*, 12(14):2706, 2019.
4. Mohamed Amine Ouamri, Marius-Emil Oteşteanu, Gordana Barb, and Cedric Gueguen. Coverage analysis and efficient placement of drone-bss in 5g networks. *Engineering Proceedings*, 14(1):18, 2022.
5. Khaled F Hayajneh, Khaled Bani-Hani, Hazim Shakhathreh, Muhammad Anan, and Ahmad Sawalmeh. 3d deployment of unmanned aerial vehicle-base station assisting ground-base station. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2021, 2021.
6. Xukai Zhong, Yiming Huo, Xiaodai Dong, and Zhonghua Liang. Qos-compliant 3-d deployment optimization strategy for uav base stations. *IEEE Systems Journal*, 15(2):1795–1803, 2020.
7. Sylia Mekhmoukh Taleb, Yassine Meraihi, Selma Yahia, Amar Ramdane-Cherif, Asma Benmessaoud Gabis, and Dalila Acheli. Hybrid whale optimization algorithm with simulated annealing for the uav placement problem. In *EAI International Conference on Computational Intelligence and Communications*, pages 77–88. Springer, 2022.