

MEKON 2025

RECENT ADVANCES IN MECHATRONICS ENGINEERING - II

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİNDEKİ SON GELİŞMELER - II

EDITORS

**Prof. Dr. Nihat AKKUS
Dr. Hakan BASARGAN**



BIDGE Publications

RECENT ADVANCES IN MECHATRONICS ENGINEERING – II
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİNDEKİ SON GELİŞMELER- II

EDITORS: PROF. DR. NİHAT AKKUS, DR. HAKAN BASARGAN

ISBN: 978-625-372-820-5

1st Edition

Page Layout By: Gozde YUCEL

Publication Date: 13.10.2025

BIDGE Publications

All rights reserved. No part of this work may be reproduced in any form or by any means, except for brief quotations for promotional purposes with proper source attribution, without the written permission of the publisher and the editor.

Certificate No: 71374

All rights reserved © BIDGE Publications

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya / Ankara



Editörden

MEKON – Mekatronik Mühendisliği Öğrenci Konferansı, ilk kez **2021 yılında** gerçekleştirilmiş, ikincisi ise dört yıl aradan sonra **2025 yılında** yeniden hayata geçirilmiştir. Bu konferans, sadece bir akademik etkinlik değil; aynı zamanda mühendislik öğrencilerinin **araştırma kültürüyle tanıştıkları bir okul** işlevi görmektedir.

MEKON'un temel amacı; başta **lisans son sınıf öğrencileri** olmak üzere, **yüksek lisans ve doktora düzeyindeki genç araştırmacılara**, bilimsel çalışmalarını raporlamayı, düzenli ve akademik bir biçimde anlatmayı ve en önemlisi **makale yazma becerisi kazanmayı öğretmektir**. Bilimsel üretimin ve paylaşımın ilk adımını atan bu platform, öğrencilerimizin akademiye ve Ar-Ge dünyasına geçişini kolaylaştırmakta; aynı zamanda özgüvenlerini geliştirmektedir.

MEKON 2025 kapsamında, toplam **41 bildiri** sunulmuş, konferansa **7 değerli davetli konuşmacı** katkı sağlamıştır. Sunulan bildiriler; robotik sistemler, otonom sürüş teknolojileri, endüstriyel otomasyon çözümleri, enerji sistemleri ve yapay zekâ tabanlı mühendislik uygulamaları gibi son derece güncel ve çok disiplinli alanları kapsamaktadır.

Bu yıl özellikle öne çıkan bir tema **yapay zekâ** olmuştur. Programda yer alan bildirilerin büyük bir bölümü doğrudan veya dolaylı olarak yapay zekâ, makine öğrenmesi ve görüntü işleme teknolojileriyle desteklenmiştir. Bu durum, genç mühendislerin teknolojiye olan ilgisinin ne kadar güncel ve vizyoner bir noktaya geldiğini açıkça göstermektedir.

Konferans boyunca sunulan projeler arasında; atık sınıflandırma sistemlerinden, afet yönetimi için drone'lara; işitme engellilere yönelik titreşimli müzik bantlarından, enerji verimli araçlara kadar birçok toplumsal ve çevresel katkı sağlayan örnek yer almıştır. Bu yönüyle MEKON, yalnızca akademik bir platform değil, aynı zamanda **sosyal sorumluluk ve mühendislik etiği** taşıyan bir vizyonun da taşıyıcısı olmuştur.

Bu kitabın, hem yeni çalışmalara ışık tutacağına hem de MEKON'a katılan öğrencilerimizin ilk akademik adımlarını belgeleyen bir kaynak olarak uzun yıllar değerlendirileceğine inanıyoruz. Bu yolculukta emeği geçen tüm öğrencilerimize, danışman akademisyenlere, hakem heyetine, değerli konuşmacılarımıza ve düzenleme kuruluna içten teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Yeni MEKON konferans'larında tekrar görüşmek dileğiyle...

Saygılarımla,

Prof. Dr. Nihat Akkuş

Konferans Başkanı & Kitap Editörü

MEKON 2025

From the Editor

The MEKON – Mechatronics Engineering Student Conference was first held in 2021, and after a four-year break, its second edition was brought to life again in 2025. This conference is not merely an academic event; it also serves as a school where engineering students are introduced to a culture of research.

The primary aim of MEKON is to teach young researchers—especially senior undergraduate students, as well as master’s and doctoral candidates—how to report their scientific work, present it in a structured and academic manner, and most importantly, to develop the essential skill of writing academic papers. This platform, which marks the first step in scientific production and dissemination, both facilitates our students’ transition into academia and the R&D world, and strengthens their self-confidence. Within MEKON 2025, a total of 41 papers were presented, and 7 distinguished invited speakers contributed to the conference.

The presented papers covered highly contemporary and multidisciplinary fields such as robotic systems, autonomous driving technologies, industrial automation solutions, energy systems, and AI-based engineering applications. This year, artificial intelligence emerged as a particularly prominent theme. A large portion of the papers featured in the program were directly or indirectly supported by artificial intelligence, machine learning, and image processing technologies. This clearly demonstrates how up-to-date and visionary young engineers’ interest in technology has become.

Among the projects presented throughout the conference were examples that provided social and environmental contributions, ranging from waste classification systems and drones for disaster management, to vibrating music bands designed for the hearing-impaired and energy-efficient vehicles. In this respect, MEKON has been not only an academic platform, but also a bearer of a vision rooted in social responsibility and engineering ethics.

We believe that this book will both shed light on new studies and serve for many years as a source that documents the first academic steps of the students participating in MEKON.

We extend our heartfelt thanks to all our students, advisor academics, the panel of reviewers, our distinguished speakers, and the organizing committee who contributed to this journey.

We look forward to meeting again at future MEKON conferences...

Respectfully,

Prof. Dr. Nihat Akkuş

Conference Chair - Editor

MEKON 2025

Editörden

MEKON'25 – Uluslararası Katılımlı Mekatronik Öğrenci Konferansı Bildiriler Kitabı'nı sizlerle buluşturmaktan büyük mutluluk duyuyorum. 26–27 Haziran 2025 tarihlerinde İstanbul Bilgi Üniversitesi ev sahipliğinde hibrit formatta gerçekleştirilen bu konferans, mekatronik mühendisliği alanında genç araştırmacılar, akademisyenler ve öğrencilerin bir araya geldiği verimli bir bilimsel platform olmuştur.

Konferans boyunca katılımcılar, yürütmekte oldukları çalışmalarını uluslararası bir ortamda sunma ve tartışma fırsatı bulmuş; farklı bakış açılarıyla tanışarak akademik birikimlerini zenginleştirmişlerdir. Bu süreçte, titiz bir hakem değerlendirmesinden geçen bildiriler, bilimsel kalitenin korunmasına ve konferansın akademik değerinin yükselmesine katkı sağlamıştır.

Elinizdeki bu kitap, söz konusu bildirilerin bir araya getirilmesiyle hazırlanmış olup, mekatronik mühendisliği alanında güncel araştırmaları ve yenilikçi yaklaşımları yansıtan önemli bir kaynak niteliği taşımaktadır.

Bu vesileyle, konferansın düzenlenmesinde emeği geçen tüm kurul üyelerine, hakemlere, destek veren kurum ve kuruluşlara, ayrıca katkılarıyla bu kitabı değerli kılan tüm katılımcılara teşekkür ederim.

Kitabın, araştırmacılar ve öğrenciler için ilham verici ve faydalı bir başvuru kaynağı olmasını dilerim.

Saygılarımla,

Dr. Hakan Basargan

Düzenleme Kurulu Başkanı & Kitap Editörü

MEKON 2025

From the Editor

It is my great pleasure to present to you the Proceedings of MEKON'25 – International Mechatronics Student Conference. Held on June 26–27, 2025, in hybrid format at Istanbul Bilgi University, this conference has served as a productive scientific platform where young researchers, academics, and students came together to share knowledge and exchange ideas in the field of mechatronics engineering.

Throughout the conference, participants had the opportunity to present and discuss their research in an international environment, benefiting from diverse perspectives and enriching their academic experience. The submitted papers underwent a rigorous peer-review process, which ensured the preservation of academic quality and enhanced the scientific value of the event.

This volume brings together those contributions, reflecting current research trends and innovative approaches in mechatronics engineering, and aims to serve as a valuable reference for researchers and students alike.

I would like to take this opportunity to express my gratitude to the organizing and scientific committees, the reviewers, the supporting institutions, and all participants whose contributions have made this volume possible.

I sincerely hope that this book will serve as an inspiring and useful resource for the academic community.

Sincerely,

Dr. Hakan Basargan

Chairman of the Organizing Committee & Editor
MEKON 2025

MEKON 2025 Komitesi - Committee

MEKON 2025 Konferans Başkanı - Conference Chair

Prof. Dr. Nihat Akkuş

MEKON 2025 Konferans Başkan Yardımcısı - Conference Vice Chair

Dr. Öğr. Üyesi Yeşim Öniz

MEKON 2025 Düzenleme ve Yürütme Kurulu - Organizing and Executive Committee

Dr. Hakan Basargan

Abdullah Özver

Zekeriya Polat

Mekseliyna Tartan Akbal

MEKON 2025 Sekreteryası - Secretariat

Merve Çelikkol

Nergis Başak Bozoğlu

Halime Yiğit

MEKON 2025 Bilim Kurulu - Scientific Board of the MEKON 2025

Prof. Dr.	Ahmet Fenercioğlu	Dr. Öğr. Üyesi	Hasan Demir
Prof. Dr.	Ahmet Mert	Dr. Öğr. Üyesi	Hilal Doğanay Katı
Prof. Dr.	Aysel Ersoy	Dr. Öğr. Üyesi	İbrahim Kürşad Türkođlu
Prof. Dr.	DurmuşKarayel	Dr. Öğr. Üyesi	İrem Şenyer Yapıcı
Prof. Dr.	Klaus Werner Schmidt	Dr. Öğr. Üyesi	Kemal Sarıoğlu
Prof. Dr.	M. Caner Aküner	Dr. Öğr. Üyesi	Kürşat Tanrıver
Prof. Dr.	Mehmet Azmi Aktacir	Dr. Öğr. Üyesi	Mehmet Ekrem Çakmak
Prof. Dr.	Bülent Aktaş	Dr. Öğr. Üyesi	Merdan Özkahraman
Doç. Dr.	Ahmet Meram	Dr. Öğr. Üyesi	Merve Erkınay Özdemir
Doç. Dr.	Ali Can Kaya	Dr. Öğr. Üyesi	Mohammed Mansour
Doç. Dr.	Altuğ Karabey	Dr. Öğr. Üyesi	Murat Erhan Çimen
Doç. Dr.	Beyda Taşar	Dr. Öğr. Üyesi	Mustafa Kocakulak
Doç. Dr.	Erkin Dinçmen	Dr. Öğr. Üyesi	Mustafa Tümbek
Doç. Dr.	İlyas Kacar	Dr. Öğr. Üyesi	Mustafa Çağrı Kutlu
Doç. Dr.	Kasım Serbest	Dr. Öğr. Üyesi	Necati Vardar
Doç. Dr.	Kemal Furkan Sökmen	Dr. Öğr. Üyesi	Özgür Solmaz
Doç. Dr.	Mehmet Koç	Dr. Öğr. Üyesi	Yenal Aydın
Doç. Dr.	Mehmet Polat	Öğr. Gör.	Ezgi Başaran
Doç. Dr.	Muhammet Aydın	Öğr. Gör.	Mustafa Perçin
Doç. Dr.	Osman Ülkir	Öğr. Gör.	Zeki Omaç
Doç. Dr.	Özlem Polat	Arş. Gör.	Abdullah Feyzi Keleş
Doç. Dr.	Serkan Güler	Arş. Gör.	Berkay Eren
Doç. Dr.	Tahsin Köroğlu	Arş. Gör.	Cenk Kılıç
Dr. Öğr. Üyesi	Ahmet Yıldız	Arş. Gör.	Dođu Manalı
Dr. Öğr. Üyesi	Ahmet Remzi Özcan	Arş. Gör.	Elanur Ekici
Dr. Öğr. Üyesi	Akif Karafil	Arş. Gör.	Gülyeter Öztürk
Dr. Öğr. Üyesi	Arif Solmaz	Arş. Gör.	İbrahim Arslanođlu
Dr. Öğr. Üyesi	Berin Özdalğıç	Arş. Gör.	Kubilay Han
Dr. Öğr. Üyesi	Çağrı Kaymak	Arş. Gör.	Onur Akgün
Dr. Öğr. Üyesi	Emre Demirci	Arş. Gör.	Ruken Daş
Dr. Öğr. Üyesi	Emre Kemer	Arş. Gör.	Sedat İn
Dr. Öğr. Üyesi	Eren Tosyalı	Arş. Gör.	Ahmet Kırnay
Dr. Öğr. Üyesi	Furkan Dündar	Arş. Gör.	Egemen Belge
Dr. Öğr. Üyesi	Hamdullah Merdane		

Mekatronik Mühendisleri Derneği Akademik Kurulu
The Academic Board of the Association of Mechatronics Engineers

Prof. Dr.	Nihat Akkuş	Dr. Öğr. Üyesi	Mehmet Polat
Prof. Dr.	Ahmet Fenercioğlu	Dr. Öğr. Üyesi	Ahmet Burak Tatar
Prof. Dr.	Durmuş Karayel	Dr. Öğr. Üyesi	Ahmet Yıldız
Prof. Dr.	Haydar Livatyalı	Dr. Öğr. Üyesi	Muhammet Aydın
Prof. Dr.	M. Caner Aküner	Dr. Öğr. Üyesi	Yenal Aydın
Prof. Dr.	Mehmet Akar	Dr. Öğr. Üyesi	Kürşat Tanrıver
Prof. Dr.	Raif Bayır	Dr. Öğr. Üyesi	Hakan Çelik
Prof. Dr.	Savaş Dilibal	Dr. Öğr. Üyesi	Arif Solmaz
Prof. Dr.	Şahin Yıldırım	Dr. Öğr. Üyesi	Büşra Ceyhan
Prof. Dr.	Şeniz Ertuğrul	Dr. Öğr. Üyesi	Gülçin Özevci Çelebi
Prof. Dr.	Ayşegül Uçar	Dr. Öğr. Üyesi	İlknur Melis Durası
Prof. Dr.	Oğuz Yakut	Dr. Öğr. Üyesi	Armağan Özkaya
Prof. Dr.	İsmail Cem Parmaksızoğlu	Dr. Öğr. Üyesi	Ebru Günister
Prof. Dr.	Şükrü Alp Baray	Dr. Öğr. Üyesi	Meliha Pınar Sipahi
Doç. Dr.	Asaf Tolga Ülgen	Dr. Öğr. Üyesi	Cüneyt Ertal
Doç. Dr.	Bekir Aksoy	Dr. Öğr. Üyesi	Kemal Sarıoğlu
Doç. Dr.	Erkin Dinçmen	Dr. Öğr. Üyesi	Ahmet Yıldız
Doç. Dr.	Gökhan Atalı	Dr. Öğr. Üyesi	Alper Özpınar
Doç. Dr.	Gökhan Gelen	Dr. Öğr. Üyesi	Altuğ Karabey
Doç. Dr.	Kasım Serbest	Dr. Öğr. Üyesi	Arif Solmaz
Doç. Dr.	Mehmet Hakan Demir	Dr. Öğr. Üyesi	Berin Özdalğç
Doç. Dr.	Merve Erkinay Özdemir	Dr. Öğr. Üyesi	Cansu Noberi
Doç. Dr.	Özlem Polat	Dr. Öğr. Üyesi	Cemil Közkurt
Doç. Dr.	Sabri Bıçakçı	Dr. Öğr. Üyesi	Engin Ayçiçek
Doç. Dr.	Serkan Güler	Dr. Öğr. Üyesi	Hamdullah Merdane
Doç. Dr.	Tahsin Köroğlu	Dr. Öğr. Üyesi	Hilal Doğanay Katı
Doç. Dr.	Beyda Taşar	Dr. Öğr. Üyesi	Kenan Şentürk
Doç. Dr.	Murat Polat	Dr. Öğr. Üyesi	Kürşat Tanrıver
Doç. Dr.	Evren Çağlarer	Dr. Öğr. Üyesi	Mehmet Emin Aktan
Dr. Öğr. Üyesi	Yeşim Öniz	Dr. Öğr. Üyesi	Merdan Özkahraman
Dr. Öğr. Üyesi	Furkan Dündar	Dr. Öğr. Üyesi	Merve Teke Budaklı
Dr. Öğr. Üyesi	Mehmet Ayaz	Dr. Öğr. Üyesi	Mine Ak
Dr. Öğr. Üyesi	Ahmet Gültekin	Dr. Öğr. Üyesi	Mücahit Soyaslan
Dr. Öğr. Üyesi	Erdal Tunçer	Dr. Öğr. Üyesi	Nurettin Gökhan Adar
Dr. Öğr. Üyesi	Nurullah Hulki Tanrıyar	Dr. Öğr. Üyesi	Osman Ülkir
Dr. Öğr. Üyesi	Mehmet Erman Çalışkan	Dr. Öğr. Üyesi	Yenal Aydın
Dr. Öğr. Üyesi	Gülten Sadullahoğlu	Öğr. Gör. Dr.	Süleyman Çeven
Dr. Öğr. Üyesi	Berin Özdalğç	Dr.	Ruken Daş
Dr. Öğr. Üyesi	Koray Altıntaş	Arş. Gör. Dr.	Sefa Furkan Küçükoğlu
Dr. Öğr. Üyesi	Abdurrahman Eray Baran	Öğr. Gör.	Ezgi Başaran
Dr. Öğr. Üyesi	İbrahim Başar Aka	Arş. Gör.	Devrim Tümer
Dr. Öğr. Üyesi	Alper Kadir Tanyıldızı	Arş. Gör.	Sedat İn
Dr. Öğr. Üyesi	Çağrı Kaymak		

Destekleyen Kuruluşlar - Supporters



Mekatronik Mühendisleri Derneği Hakkında

Mekatronik Mühendisleri Derneği, 01 Mart 2016 tarihinde kurulan, 09 Mart 2016'da tüzüğü onaylanan; Mekatronik Mühendisleri ve Mekatronik ile alakalı ilk ve tek dernektir. Türkiye'deki **Mekatronik teknolojisini geliştirmeyi hedefleyen**, bu teknolojiyi **Türkiye sanayisine entegre etmeyi isteyen**, Mekatronik Mühendislerinin, teknisyenlerinin, teknikerlerinin ve Mekatronik teknolojisi ile ilgilenen tüm çalışanların/öğrencilerin **hakkını savunmayı amaçlayan** Mekatronik Mühendisleri Derneği, 9 kurucu yönetim kurulu üyesi tarafından kurulmuştur. **Yönetim kurulu içerisinde öğrenciler, Profesör akademisyenler ve şirket sahibi Mekatronik Mühendisi bulunmaktadır.**

Mekatronik Mühendisleri'nin yetkinliklerinin bulunduğu fakat yetkilerinin olmadığı alanlarda da **söz sahibi olabilmesi**, kendi içerisinde **örgütlenmesi için Mekatronik Mühendisleri Odası** kurmak amacıyla da sahip olan bu dernek, kurumsal firmaları veya öğrenci, mühendis, tekniker, teknisyenleri üye olarak bünyesine alabilmektedir.

About the Association of Mechatronics Engineers

The Association of Mechatronics Engineers was established on March 1, 2016, and its charter was approved on March 9, 2016. It is the first and only association dedicated to Mechatronics Engineers and mechatronics-related fields. Aiming to advance mechatronics technology in Türkiye, integrate this technology into Turkish industry, and protect the rights of mechatronics engineers, technicians, technologists, as well as all employees and students interested in mechatronics technology, the Association was founded by nine founding board members. The board includes students, professors, and company-owning mechatronics engineers.

The Association also pursues the goal of establishing a **Chamber of Mechatronics Engineers**, so that mechatronics engineers can have a say in fields where they possess competence but lack formal authority, and to strengthen organization within the profession. The Association accepts corporate firms, students, engineers, technologists, and technicians as members.

Recent Advances in Mechatronics Engineering II

Prof. Dr. Nihat Akkuş
Dr. Hakan Basargan

İÇİNDEKİLER - CONTENTS

Designing A Music-Vibration Band for Deaf Individuals: Feel The Music.....	1
Implementing Monte Carlo Tree Search for Adaptive Traffic Light Control: A SUMO-Based Study....	5
Real-Time Noise Reduction and Outlier Detection in Servo Motor Encoder Signals Using Kalman Filter-Based Signal Processing Algorithm.....	9
Compact Product Design for Maintaining Beverages/Foods Hot or Cold for a Specified Duration in Desktop Applications.....	4
Design and Prototype Development of an Adaptive Hair Dryer to Prevent Hair Damage.....	4
Solar-Assisted Electric Vehicle Topologies: A Comparative Analysis.....	4
STM32 Tabanlı Sensörsüz BLDC Motor Sürücü Tasarım ve Uygulaması.....	4
Radyo Frekans Saldırılarında Araç Kiti Güvenliği.....	8
Dinamik Raf Sistemli Servis Robotu.....	11
Enkaz Altı Mikro Kurtarma Kolu Tasarımı (EMOK).....	15
Hava Araçları için Katlanabilir Anten Tasarımı.....	19
Endüstriyel Otomasyon Sistemleri için Çoklu Haberleşme Protokollerini Destekleyen Gömülü Kontrol Kartı Tasarımı.....	24
Çelik Yüzeylerinde Oluşan Üretimsel Arızalarının Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Tespiti.....	28
Dişli Kutu Arızalarının Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Tespiti.....	32
Tehlikeli Yaya Davranışlarının Değerlendirilmesi İçin Bir Metrik Önerisi.....	63
Girişimcilik Ağrı: Çok Katmanlı Dijital Girişimcilik Ağrı Platformu Tasarımı ve Uygulama Modeli....	67
Kitap Taşıma Robotlarında Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Mekanik Performansın Değerlendirilmesi..	71
PV Destekli 7.4 kW Ev Tipi Hibrit Elektrikli Araç Şarj İstasyonunun Elektronik Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi.....	75
Bobinli Silah Tasarımı ve Uygulaması: Elektromanyetik Fırlatma Sistemine Yönelik Bir Yaklaşım... 80	80
PID Kontrollü, Topoloji Optimizasyonlu ve Görüntü İşlemeli Otonom Arama Kurtarma Dronu.....	84
Arama Kurtarma Çalışmaları İçin Tasarlanmış Örümcek Robotun Optimize Edilmiş Tasarımı.....	89
İnşaat Sektöründe Çalışan İşçilerin İş Güvenliğini Artırmaya Yönelik Bir Bileklik Geliştirilmesi.....	93
Değiştirilebilir Platformlu Rover Araç.....	96
Görüntü İşleme Tabanlı Geri Dönüştürülebilir Atık Sınıflandırma Sistemi.....	100
Pres Uygulamaları İçin Akıllı Çubuk Mekanizması Tasarımı.....	104
Derin Öğrenme Tabanlı Görüntü İşleme ile Otonom Görev Yürüten Su Altı Aracının Geliştirilmesi	109
Elektrotermal Mikroaktüatörde Boşluk Geometrisinin FEM ile Termomekanik Modellemesi ve Analizi.....	113

Değiştirilebilir Platformlu Rover Araç

Diyar Can Aydın, Halil Aktoz, Berin Özdalğıç, Arif Solmaz

İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada, çok amaçlı kullanım senaryolarına uyum sağlayabilen, modüler yapıda bir rover araç tasarımı ve geliştirilmesi ele alınmıştır. Geliştirilen sistem; arazi keşfi, çevresel veri toplama, mahsul analizi ve tarımsal ürünlerin toplanması gibi görevleri yerine getirebilecek şekilde yapılandırılmıştır. Tasarım süreci; robot kolları, görüntü işleme algoritmaları, sensör tabanlı veri analizi ve modüler mekanik-elektronik yapılar üzerine yapılan kapsamlı literatür taramalarıyla temellendirilmiştir. Sistem geliştirme süreci, elde edilen akademik ve deneysel veriler doğrultusunda özgülleştirilmiş; prototip üretimi sonrası gerçekleştirilen saha testleri ile sistem performansı değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda, sadece mekanik yapı değil, elektronik devreler, yazılım altyapısı ve görev modülleri de geri bildirimler doğrultusunda sürekli olarak optimize edilmiştir. Kullanılan sensör ve modüller görev bazlı olarak çeşitlendirilmiştir: arazi analizi için gaz sensörleri, kamera, robot kol ve aydınlatma sistemleri; tarımsal uygulamalar için ise nem ve sıcaklık sensörleri ile otonom destekli robotik kollar entegre edilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma farklı operasyonel ihtiyaçlara cevap verebilen, yeniden yapılandırılabilir modüllere sahip, sahada etkin görev icra edebilen otonom bir robotik platform geliştirilmesini hedeflemektedir. Sistem, çok disiplinli bir yaklaşımla tasarlanmış olup, tarım teknolojileri ve keşif robotları gibi çeşitli alanlara katkı sağlayacak potansiyele sahiptir.

Anahtar kelimeler: Modüler Rover, Robot Kol, Arazi Keşfi, Tarımsal Otomasyon.

I. GİRİŞ

Robotik sistemler, farklı sektörlerde artan ihtiyaçlara cevap verebilmek adına günümüzde yoğun bir şekilde geliştirilmektedir. Özellikle keşif, afet yönetimi, tarım, mayın tespiti ve arama-kurtarma gibi insan sağlığı açısından riskli veya ulaşılması güç alanlarda robotik çözümler kritik bir rol oynamaktadır. Bu gibi durumlarda, insan gücünün yetersiz kaldığı veya sürekli iş gücü gerektiren ortamlarda robotlar güvenli, verimli ve sürdürülebilir bir alternatif sunmaktadır. Literatürde modüler mobil robotların endüstri, uzay, sağlık ve kurtarma gibi pek çok sektörde farklı görevleri yerine getirebilmek için yeniden yapılandırılabilirliği ve giderek önemli hale geldiği vurgulanmaktadır [1].

Bu proje kapsamında, çok yönlü ve görev odaklı modüler bir robotik sistemin tasarımı ve geliştirilmesi hedeflenmiştir. Projenin en özgün yönlerinden biri, taşıyıcı rover aracın modüler bir yapıya sahip olmasıdır. Bu sayede sistem, farklı görev tanımlarına uygun olarak kolayca yeniden konfigüre edilebilir; bu esneklik hem araştırma hem de uygulama sahalarında geniş bir kullanım potansiyeli sağlamaktadır. Modüler yaklaşım aynı zamanda bakım ve iyileştirme süreçlerini de kolaylaştırmaktadır. Sistem üzerindeki 5 eksenli robot kol, platforma işlevsel esneklik kazandıran temel bileşenlerden biridir. Bu robot kol sayesinde çevreden numune toplama, nesne manipülasyonu ve çeşitli saha görevlerinin yerine getirilmesi mümkün hale gelmektedir. Robot kolun yapısı, modüler tasarıma uyumlu olacak şekilde özelleştirilebilir olup farklı modül ve sensörlerle entegre çalışabilecek biçimde tasarlanmıştır. Nitekim literatürde de arazi veya tarım gibi alanlarda gezinim platformuna entegre robot kolların, ortamdaki veri toplama ve müdahale etme kabiliyetini önemli ölçüde artırdığı gösterilmektedir [2].

Bu doğrultuda, geliştirilen Modüler Rover Aracı, birden fazla alanda görev yapabilen yenilikçi ve pratik bir robotik çözüm olarak tasarlanmıştır.

II. TASARIM VE GELİŞTİRME SÜRECİ

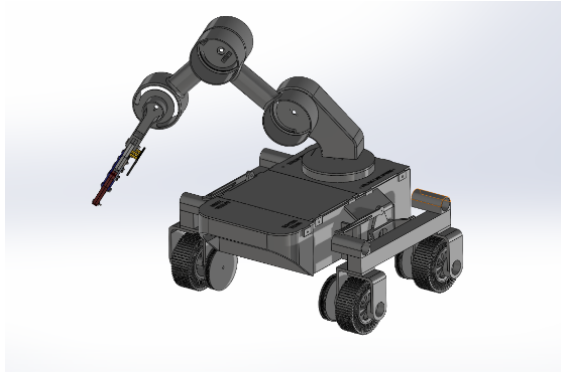
II.1. Mekanik Tasarım ve Üretim

Robot kol ve rover araç gövdesinin parçaları Autodesk Inventor [6] yazılımı ile modellenmiş, ardından tüm alt sistemler SolidWorks [7] ortamına aktarılarak bir arada montaj modeli oluşturulmuştur. SolidWorks [7] üzerinde yürütülen simülasyon ve analizlerle, robot kol ile rover araç entegrasyonu optimize edilmiş; saha koşullarına uygunluk, mekanik dayanıklılık ve işlevsellik kriterleri değerlendirilerek tasarım iyileştirmeleri yapılmıştır. Örneğin, arazi şartlarında ortaya çıkabilecek titreşim ve yükler göz önünde bulundurularak şasi yapısı güçlendirilmiş, ağırlık merkezi ve denge hesapları gerçekleştirilmiştir.

Tasarım onayının ardından üretim aşamasına geçilmiştir. Mekanik parçaların prototip imalatı için Fused Deposition Modeling (FDM) teknolojisi kullanan "3 Boyutlu" yazıcılar tercih edilmiştir. Seçilen malzeme ile gövde, kol eklemleri ve tekerlek bağlantı parçaları gibi bileşenler katmanlı imalat tekniğiyle üretilmiştir. Baskı parametreleri, parçaların mekanik dayanımını artıracak şekilde optimize edilmiştir. Montaj sırasında tespit edilen ufak çaplı hatalar yine 3 boyutlu baskı ile yenilenerek hızlıca giderilmiştir. Bu hızlı prototipleme döngüsü sayesinde tasarım, imalat ve test süreçleri etkin bir şekilde yürütülmüştür. Nitekim günümüzde pek çok robotik platform neredeyse tamamen 3 boyutlu basılmış parçalardan oluşacak şekilde prototipleşmektedir. Örneğin; Veter gezgin aracı veya dört bacaklı robot platformu gibi sistemlerin hemen hemen tüm mekanik aksamlarını ABS (Akrilonitril bütadien stiren) plastikten 3 boyutlu baskıyla üretmiştir. Bu proje de benzer şekilde, eklemeli imalat yöntemlerinin sunduğu esneklikten yararlanarak karmaşık mekanik parçaların hızlı ve düşük maliyetli üretimini mümkün kılmıştır.[1]

Rover aracın yürüyen aksamı ve hareket kabiliyeti tasarlanırken 4 tekerlekten çekiş konsepti uygulanmıştır. Şasiye dört köşeden bağlanan birbirinden bağımsız DC motor tahrikli tekerleklerle araç hareket etmektedir. Her bir tekerlekte kullanılan 12 V motorlar, gömülü dişli kutuları sayesinde yaklaşık 1200 devir çıkış hızı ve yüksek tork sağlamaktadır. Dört motorlu sürüş sistemi sayesinde araç, diferansiyel direksiyon prensibiyle kendi eksenini etrafında dönebilecek 2 manevra yeteneğine kavuşmuştur. Zorlu arazi koşullarında tutunmayı artırmak için tekerlekler TPU (Termoplastik Poliüretan) filament seçilmiştir.

Robot kolun mekanik tasarımında hafiflik ve güç aktarımı arasındaki denge gözetilmiştir. Kolun eklemleri 5 serbestlik derecesine sahiptir ve insan kolunu andıran bir çalışma uzayına ulaşabilmektedir. Her eklemden hareket, uygun oranda dişli redüksiyonları ve kayış-kasnak mekanizmaları ile sağlanmıştır. Bu kayış-kasnak sistemi, motorların eklem noktalarından uzakta konumlandırılmasına imkân tanıyarak kolun uç kısımlarındaki kütleyi azaltmakta ve eklemlerin daha akıcı hareket etmesini sağlamaktadır. Eklem motorları olarak yüksek torka sahip servo motorlar kullanılmış; bu motorlar PWM (Pulse Width Modulation) sinyalleri ile hassas açısal konumlandırma yapabilmektedir. Sonuç olarak, mekanik tasarım süreci sonunda modüler rover aracının gövdesi, hareket mekanizması ve robot kolu bir prototip olarak başarıyla ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 4: Modüler Rover Araç Tasarım Görseli.

II.2. Elektronik Sistemler

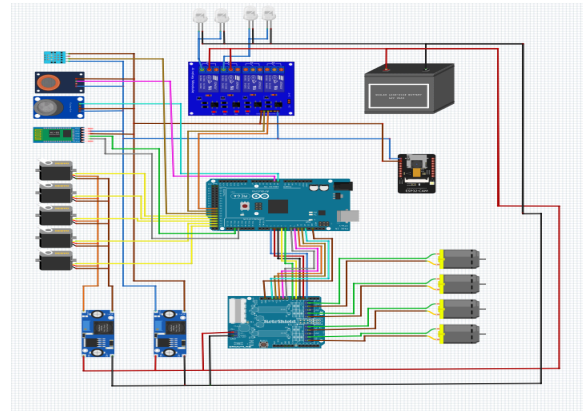
Modüler Rover aracın elektronik kontrol altyapısı hem gövde üzerindeki hareket sistemini hem de entegre modülleri yönetebilecek şekilde tasarlanmıştır. Sistemin beyni olarak Arduino Mega mikrodenetleyici kartı seçilmiştir. 16-bit ARM tabanlı bir denetleyiciye sahip olan Arduino Mega, önceki Arduino modellerine kıyasla çok daha yüksek bir saat hızına (16 MHz) ve geniş Giriş/Çıkış pin kapasitesine sahiptir. Bu sayede Rover araç, robot kol ve çeşitli sensör modüllerinin eşzamanlı kontrolü bu tek kart üzerinden gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca yüksek işlemci hızı, ileride eklenecek daha karmaşık algoritmalar (örneğin görüntü işleme) için de bir temel sağlamaktadır. Arduino platformunun açık kaynaklı ve kolay programlanabilir yapısı, projeye hızlı geliştirme imkânı sunmuştur. Nitekim Arduino basitliği, düşük maliyeti ve esnekliği sayesinde hobi, eğitim ve profesyonel pek çok robotik projesinde tercih edilmektedir [3].

Rover gövdesinin dört DC motorunun sürülmesi için H-köprüsü motor sürücülerini kullanılmıştır. Her iki motor çifti için birer L293B entegresi tercih edilerek ileri-geri

sürüş ve hız kontrolü (PWM ile) uygulanmıştır. L293B sürücüler, Arduino'dan gelen sinyaller ile 12 V 1200 devirlik motorları kontrol edecek şekilde devreye entegre edilmiştir. Motor sürücülerinin çıkış akım kapasitesi, kullanılan motorların nominal akım değerlerini karşılayacak şekildedir (her motor için ~2 A). Yön ve hız kontrolü, Arduino üzerinde yazılan programla gerçek zamanlı olarak sağlanmaktadır.

Sistemin enerji kaynağı olarak, Rover üzerinde taşınan şarj edilebilir bir Li-Po batarya paketi kullanılmıştır. Seçilen batarya 11.1V çıkış vermekte ve tüm sistem bileşenlerini beslemektedir. Farklı gerilim gereksinimleri olan bileşenler için batarya hattı üzerinde LM2596 gerilim regülatör modülleri kullanılarak 7.4 V ve 5 V gibi sabit çıkışlar elde edilmiştir. Bu regülatörler sayesinde Arduino kartı, sensörler ve sürücüler için kararlı bir güç dağıtımı sağlanmıştır.

Modüler sistemin çevresel algılamasını ve görev icrasını sağlayan sensörler; Gaz sensörleri olarak MQ-135 ve MQ-5 kullanılmıştır. MQ-135, ortamdaki hava kalitesini ve zararlı gazları (örneğin CO₂, benzen, duman) tespit edebilen bir sensördür; MQ-5 ise özellikle LPG gibi gazların varlığını algılamada kullanılır. Bu sensörler, arazi keşfi modülünde aracın bulunduğu ortamdaki 3 gaz kompozisyonunu sürekli izleyerek olası tehlikeli durumları tespit etmeye yarar. DHT-11 sıcaklık ve nem sensörü, tarımsal uygulama modülünde ortam sıcaklığı ve bağıl nem bilgisini sağlar. Bu veriler, özellikle sera veya tarla gibi ortamlarda bitki sağlığını etkileyen mikroklimatik koşulların izlenmesi açısından önemlidir. Sensörlerden gelen analog ve dijital sinyaller Arduino üzerindeki uygun girişlere bağlanmıştır.



Şekil 5: Modüler Rover Araç Elektronik Şeması [8]

Rover aracın uzaktan kontrolü ve veri iletimi, kablosuz haberleşme modülü ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, Arduino'ya Bluetooth üzerinden bağlanabilen bir HC-05 modülü kullanılmıştır. HC-05, Rover ile harici cihaz (ör. Android telefon, Tablet) arasında çift yönlü seri iletişim kurarak kumanda sinyallerinin alınmasını ve sensör verilerinin gönderilmesini sağlar. Bluetooth modülü, Arduino UART portuna bağlanmış ve 115200 baud gibi uygun bir hızda haberleşecek şekilde yapılandırılmıştır. Bu sayede Rover, yakın mesafede (5-10 metre) kablosuz olarak kontrol edilebilmekte ve gerçek zamanlı veri aktarımı yapabilmektedir.

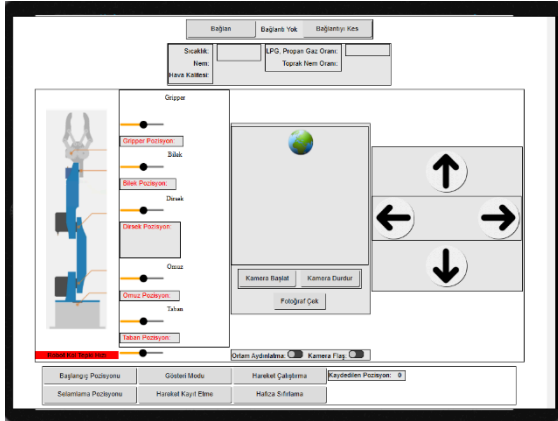
Kullanılan elektronik bileşenlerin güncel literatürde benzer projelerde de yer bulunduğunu belirtmek gerekir. Örneğin, yakın tarihli bir yangın söndürme robotu çalışmasında, kontrol sistemi olarak Arduino Uno mikrodenetleyici, motor

sürücü olarak L293D entegresi ve kablosuz iletişim için Wi-Fi modülü kullanıldığı raporlanmıştır. Bizim sistemimiz de benzer şekilde Arduino tabanlı bir kontrolcü ile L293D sürücülerini entegre etmektedir. Bu benzerlik, seçilen elektronik mimarinin küçük ölçekli mobil robotlar için yaygın ve kullanışlı bir tercih olduğunu göstermektedir [4].

II. 3. Yazılım ve Kontrol

Geliştirilen Rover aracının yazılım ve kontrol sistemi hem dönme hareketlerini hem de robot kolunun işlevlerini kullanıcı kontrolü veya belirli senaryolara göre otonom olarak yönetebilmektedir. Ana kontrol yazılımı Arduino Mega üzerinde C/C++ tabanlı Arduino IDE kullanılarak geliştirilmiştir. Bu gömülü yazılım, sensör okumalarını gerçekleştirir, karar alma süreçlerini yönetir ve motor/servo kontrol sinyallerini üretir.

Platformun gerçek zamanlı kontrolü için bir Android mobil uygulama geliştirilmiştir (Şekil 3). Bu mobil uygulama, Bluetooth haberleşmesi yoluyla Arduino ile sürekli bağlantı halinde çalışır. Uygulama arayüzü, kullanıcının robotu uzaktan kumanda etmesine ve sensör verilerini anlık olarak görüntülemesine imkân tanır. Arayüz üzerinde, rover aracın ileri/geri hareketi ve dönüş manevraları için bir sanal joystick veya ok butonları bulunmaktadır. Kullanıcı, bu kontrolleri kullanarak aracı sürerken aynı zamanda uygulama ekranında robotun ölçtüğü sensör değerlerini takip edebilir. Robot kolun kontrolü için mobil uygulamada ayrı bir bölüm yer almaktadır; burada 4 kolun her bir eklemi için ayrı kontrol düğmeleri veya bir slider arayüzü sağlanmıştır. Kullanıcı, omuz, dirsek, bilek eklemlerini kumanda ederek kolun istenen pozisyona gelmesini sağlayabilir ve uç efektörü açıp kapatabilir. Tüm bu komutlar, Bluetooth üzerinden Arduino'ya iletilir ve Arduino tarafından çözülerek ilgili motor sürücülerine veya servo çıkışlarına sinyal olarak gönderilir.



Şekil 6: Modüler Rover Araç Kontrol Uygulaması

Arduino üzerindeki kontrol yazılımı, basit otonom davranışlara da olanak tanıyacak şekilde yapılandırılmıştır. Bu kapsamda, belirli görevleri yarı-otonom gerçekleştirecek senaryolar denenmiştir. Örneğin tarım modülünde, önceden tanımlı bir mahsul toplama senaryosu programlanmıştır. Bu senaryoda, kamera ile algılanan bir meyvenin konumuna göre robot kol belirli bir hareket dizisini (örneğin uzanma ve kavrama) otomatik olarak gerçekleştirmektedir. Görüntü işleme, mevcut Arduino donanımının kısıtları nedeniyle, mobil uygulama tarafında veya harici bir bilgisayarda yapılacak şekilde planlanmıştır. Kamera modülünden gelen görüntüler mobil cihaz tarafından işlenip hedef nesnenin

(örneğin kırmızı bir elma) açılabilir ve mesafe bilgisi çıkarıldıktan sonra seri port üzerinden Arduino'ya iletilir. Arduino da bu bilgiye dayanarak robot kolu ilgili pozisyona hareket ettirir. Bu gibi ileri seviye işlemler henüz konsept kanıtı düzeyinde kalmaktadır.

Yazılım ve kontrol alanında karşılaşılan zorluklardan biri, çoklu görevin gerçek zamanlı yönetimidir. Arduino Mega, birden fazla sensör okuması ve motor kontrol işlemini zaman paylaşımı olarak yürütmektedir. Bu amaçla yazılım içinde kesmeler (interrupt) ve zamanlayıcılar kullanılarak görevler zaman dilimlerine bölünmüştür. Örneğin, belirli aralıklarla sensör değerleri okunurken, bu sırada sürekli döngü içinde Bluetooth iletişimi izlenmekte ve motor kontrolü akıcı şekilde devam ettirilmektedir. Bu çoklu görev yapısı, dikkatli bir kodlama ve geliştirme sonrasında kapsamlı testlerle optimize edilmiştir.

III. UYGULAMA ALANLARI VE MODÜLER YAPI

Geliştirilen rover aracının en büyük avantajı, modüler yapısı sayesinde birden çok uygulama alanında kullanılabilmesidir. Farklı sensör ve ekipman modülleri ekleyerek veya çıkararak, aynı temel platform ile bambaşka görevler yerine getirilebilir. Bu bölümde, sistemin özellikle odaklandığı iki ana uygulama senaryosu ve modüler yapının sağladığı esneklik açıklanmaktadır.

III. 1. Arazi Keşfi ve Çevresel Analiz

Modüler rover, doğal ortamların veya endüstriyel sahaların keşfi ve izlenmesi için bir arazi robotu olarak kullanılabilir. Bu senaryoda araca gaz sensörleri, kamera ve aydınlatma gibi modüler eklentiler takılarak çevresel veri toplama görevi icra edilmektedir. Örneğin, kimyasal sızıntı riski olan bir endüstri tesisinde rover, operatörün uzaktan yönlendirmesiyle içeride dolaştırılarak havadaki zararlı gaz seviyelerini ölçebilir. Üzerindeki MQ-135 ve MQ-5 sensörleri sayesinde ortamdaki tehlikeli gazların varlığını algılar ve elde ettiği verileri gerçek zamanlı olarak merkeze iletir. Aynı zamanda entegre kamera modülü aracılığıyla, keşif yapılan bölgenin görsel durumu da izlenebilir. Rover, düşük ışık koşullarında çalışmak üzere güçlü LED tabanlı aydınlatma projektörleriyle donatılmıştır; bu sayede karanlık ortamlarda veya gece görevlerinde de çevrenin görüntüsü kamerayla alınabilir.

Arazi keşif modülünde robot kol da kritik bir rol oynar. Örneğin, insan girişi için tehlikeli olabilecek bir bölgede rover, robot kolunu kullanarak yerden örnek alabilir bir nesneyi uzaktan incelemek üzere yakına getirebilir veya ufak engelleri kaldırabilir. Bu işlemler, operatörün mobil uygulama üzerinden verdiği komutlarla veya önceden tanımlanmış rutinlerle gerçekleştirilebilir. Sistem, bir yönetim senaryosunda da benzer şekilde değerlendirilebilir: Rover, deprem veya göçük alanlarından önden keşif yaparak gaz kaçağı, yangın riski gibi durumları sensörleriyle saptar; kamerayla enkaz altındaki yaralıları dair görsel bilgi aktarır; koluyla acil durum malzemesi (ilkyardım kiti vb.) ulaştırabilir. Tüm bu görevler için gereken farklı araçlar (termal kamera, gaz sensörü, hoparlör vb.) modüler olarak platforma entegre edilebilir. Modüler rover sistemi, uzaktan kumandayla çalıştığı için operatörler güvenli bir mesafede kalır ve böylelikle tehlikeli ortamlarda insan maruziyeti en aza indirilmiş olur [4].

III.2. Tarımsal İzleme ve Mahsul Toplama

Modüler Rover araç bir diğer önemli uygulama alanı, tarımsal robotik sistemlerdir. Tarım sektöründe özellikle tarımsal izleme konularında robotlara olan ilgi artmaktadır. Geliştirilen Rover, uygun modüller takıldığında bir tarla veya sera içinde gezerek bitki ve toprak koşullarını izleyebilir, hatta doğrudan ürün hasadı yapabilir. Bu senaryo için araca DHT-11 gibi sıcaklık/nem sensörleri, toprak nemi ölçer sensörler, kamera sistemi ve mahsul toplamak için özel uç efektörü sahip bir robot kol modülü entegre edilmiştir.

Hava sıcaklığı ve nem değerleriyle mikroklima haritası çıkararak seranın hangi bölümlerinde havalandırma veya ısıtma gerektiğini belirleyebilir. Üzerindeki kamera ve yapay zekâ destekli görüntü işleme algoritmaları sayesinde bitkilerin yaprak renklerini, büyüme durumlarını veya olası hastalık belirtilerini tespit edebilir. Örneğin, yapraklardaki sararma veya lekelenme gibi durumlar erken uyarı olarak tespit edilip ilgili bitkilerin yakın incelemeye alınması sağlanabilir. Bu tür hassas tarım uygulamaları, kaynak kullanımını optimize ederek verimi artırmayı ve kimyasal ilaç kullanımını azaltmayı hedeflemektedir [5].

Modüler rover'ın tarım modülünde en dikkat çekici özelliklerinden biri, 5 DOF robot kolu kullanarak mahsul toplama yapabilesidir. Kamera modülü ve görüntü işleme desteği sayesinde, bitki üzerindeki meyvelerin konumu ve olgunluk durumu tespit edilmektedir. Örneğin, bir domates serasında robot, sıra aralarında gezinirken her bir domates bitkisini kamerasıyla tarar; kırmızı renk yoğunluğunu ve boyutunu analiz ederek olgun domatesleri tespit eder. Tarımsal uygulamalarda modüler yapının avantajı, aynı sezon boyunca farklı işlere uyarlanabilesidir. Örneğin, hasat dönemi dışında rover aynı tarlada ilaçlama veya gübreleme modülü taşıyarak gezebilir. İhtiyaç duyulduğunda robot kolun ucuna takılacak farklı aparatlar (püskürtme memesi, budama makası vb.) ile budama veya noktasal ilaçlama işleri gerçekleştirilebilir. Bu şekilde, tek bir robotik platform yılın farklı zamanlarında farklı görevler üstlenerek çiftçiye çok yönlü bir yardımcı olur.

IV. SONUÇLAR

Bu bildiride sunulan “Modüler Rover Aracı” projesi kapsamında, çok amaçlı ve modüler yapıya sahip bir mobil robotik platformun tasarımı, prototip üretimi ve temel testleri gerçekleştirilmiştir. Proje sonucunda ortaya konan sistem, tek bir robotun uygun modüler değişimlerle birden fazla senaryoda görev yapabileceğini gösteren başarılı bir örnek teşkil etmektedir. Hem mekanik hem elektronik açıdan yapılan entegrasyonlar sorunsuz çalışmış; robotun arazi şartlarında hareket edebildiği, sensörler vasıtasıyla çevresel verileri toplayabildiği ve robot kol ile basit manipülasyonlar gerçekleştirebildiği gözlemlenmiştir.

Geliştirilen prototip, birkaç basit değişiklik ile keşif robotundan tarım robotuna dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm için gereken sensör ve aparat değişimleri kolaylıkla yapılmıştır. Bu da modülerliğin sağladığı zaman ve maliyet avantajını somut olarak göstermiştir. Ayrıca, 3 boyutlu baskı ile hızlı prototipleme yaklaşımı sayesinde tasarım döngüsü hızlanmış, olası tasarım hataları düşük maliyetle giderilmiş ve öğrenci seviyesindeki bir proje kısıtlı zamanda kapsamlı bir sisteme dönüşmüştür.

Modüler yapının sunduğu en büyük avantajlardan biri, yeni görev modüllerinin sisteme hızlı ve esnek bir şekilde entegre edilebilmesidir. Gelecekte bu platform için yer altı suyu tespiti, yapay zekâ destekli zararlı analizi veya yük taşıma gibi modüller geliştirilerek kullanım alanı daha da genişletilebilir. Sistemin donanım ve yazılım tasarımının açık kaynaklı olarak paylaşılması, farklı üniversiteler ve araştırma gruplarının kendi ihtiyaçlarına göre sistemi uyarlamalarını mümkün kılacaktır. Sonuç olarak, geliştirilen modüler rover aracı, çok disiplinli bir çalışmanın ürünüdür ve robotik alanında modülerlik kavramının somut bir uygulamasını temsil etmektedir. “Tak-çıkır” prensibiyle yapılandırılan sistem, tek bir platformun farklı görevler arasında hızlı geçiş yapmasını sağlayarak hem zaman hem maliyet açısından önemli bir esneklik sunmaktadır.

Platformun işlevselliğini daha da artırmak amacıyla, görüntü işleme ve çevresel analiz algoritmalarının entegrasyonu planlanmaktadır. Yapay zekâ destekli bu sistemlerin, mobil cihazlar veya harici bilgisayarlar üzerinden çalışarak nesne tanıma, ürün olgunluk analizi ve ortam sınıflandırması gibi görevleri otomatikleştirmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, sensör verilerinin anlaşılabilirliği için makine öğrenmesine dayalı karar destek sistemlerinin geliştirilmesi de gündemdedir. Bu geliştirmelerle birlikte, rover platformunun yalnızca mekanik değil, aynı zamanda bilişsel açıdan da yüksek düzeyde otonomiye sahip, çok amaçlı bir robot sistemine evrilmesi amaçlanmaktadır.

V. KAYNAKLAR

- [1] Belter, J. T., & Dollar, A. M. (2015). Strengthening of 3D printed fused deposition manufactured parts using the fill compositing technique. *PLoS one*, 10(4), e0122915.
- [2] Baris, C., Shifa, S., & Tatyana, T. (2024, February). A Design of a Modular Mobile Robot for Rescue Operations. In *Artificial Intelligence and Robotics in Life Sciences* (Vol. 29, pp. 267-271). *Life Science Robotics*.
- [3] Moonpreneur. (2024, Nisan 26). *Is Arduino used in robotics? – An overview and future*. Moonpreneur. <https://mp.moonpreneur.com/blog/arduino-used-in-robotics/>
- [4] Rahman, F. S., Sugathan, G. T., & Manohar, S. (2023, November). RESCUEBOT: An Autonomous Fire Rescue and Management Robot. In *2023 International Conference on Sustainable Communication Networks and Application (ICSCNA)* (pp. 726-731). IEEE.
- [5] Yadav, A., Kholiya, D., Manjeet, Bastia, R., Bhavana, Ballabh, J., Sah, B., & Bankoti, P. (2025). Agricultural robotics: Automating the future of farming. *Journal of Neonatal Surgery*, 14(6), 538–545.
- [6] Autodesk, Ltd. (2023) Autodesk Inventor Professional 2023 (Version 2023.5) [Computer software]. <https://www.autodesk.com/tr/products/inventor/overview?panel=buy&term=1YEAR&tab=subscription&plc=INVPROSA>
- [7] Dassault Systemes, S.E. (2022) SOLIDWORKS STUDENT EDITION 2022 (Version SP4) [Computer software]. <https://www.solidworks.com/tr>
- [8] Interaction Design Lab Potsdam, (2022) Fritzing (Version 0.9.10) [Computer software]. <https://fritzing.org/releases/0-9-10>



**İstanbul
Bilgi University**