

T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



OTONOM KARA ARAÇLARI İÇİN İNSANSIZ HAVA ARACI İLE  
NEGATİF ENGEL TESPİT METODU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sertaç GÜL

Yapay Zekâ Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapay Zekâ Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

AĞUSTOS 2023

T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



OTONOM KARA ARAÇLARI İÇİN İNSANSIZ HAVA ARACI İLE  
NEGATİF ENGEL TESPİT METODU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sertaç GÜL  
(200039006)

Yapay Zekâ Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapay Zekâ Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet SARIKAHYA

AĞUSTOS 2023



**T.C.**  
**İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ**

**Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi**

Enstitümüz, Yapay Zeka Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı 200039004 numaralı öğrencisi Sertaç GÜL'ün "Otonom Kara Araçları İçin İnsansız Hava Aracı İle Negatif Engel Tespit Metodu" adlı tez çalışması 28/08/2023 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aşağıdaki jüri tarafından *Oy Birliği* ile Yüksek Lisans tezi olarak *Kabul* edilmiştir.

**Öğretim Üyesi Adı Soyadı**

**Tez Savunma Tarihi:** 28/08/2023

- 1) Tez Danışmanı:** Dr. Öğr. Üyesi Ahmet SARIKAHYA
- 2) Jüri Üyesi:** Dr. Öğr. Üyesi Tuğbay Burçin GÜMÜŞ
- 3) Jüri Üyesi:** Doç. Dr. Mehmet Serdar GÜZEL

## YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunmuş olduğum, “Otonom Kara Araçları İçin İnsansız Hava Aracı İle Negatif Engel Tespit Metodu” isimli tezin, proje safhasından sonuçlanmasına kadarki tüm süreçlerde bilimsel ahlak kurallarına uyulduğu, yararlandığım eserlerin Kaynakça’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (28.08.2023)

Sertaç GÜL



## ÖNSÖZ

Bu tezin yazım aşamasında desteğini esirgemeyen başta Dr. Öğr. Üyesi Ahmet SARIKAHYA olmak üzere tüm İstanbul Gedik Üniversitesi ailesine teşekkürlerimi sunarım.

26 yıllık eğitim ve öğretim hayatımda bana sahip oldukları her olanağı sunarak Büyük Atatürk'ün yolunda ilerleyen bir subay, bir sistem mühendisi ve bir havayolu pilotu olmamı sağlayan kıymetli ablam SMMM Sevilay YETER'e, annem Sevim GÜL'e ve babam Kamer GÜL'e,

Hayatımın her anında yanımda olan, varlığından güç aldığım sevgili eşim Uzm. Dr. Feride GÜL'e ve biricik oğlum Deha Ataol GÜL'e sonsuz sevgilerimi ve şükranlarımı sunarım.

Ağustos 2023

Sertaç GÜL  
Yüksek Mühendis, Pilot

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>iv</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>v</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Otonom Araç Tanımı.....	2
1.2. Otonom Araçların Engel Tanıma Sistemleri.....	3
1.3. Negatif Engel Tanıma.....	4
<b>2. LİTERATÜR TARAMASI</b> .....	<b>8</b>
2.1. İnsansız Araçlar .....	9
2.1.1. Uzaktan komutalı araçlar .....	9
2.1.2. Otonom araçlar .....	10
2.2 Otonom Araç Tarihçesi.....	10
2.3. Otonom Araçların Karşılaştıkları Güçlükler.....	11
2.4. Yol Tespitinde Kullanılan Algoritmalar .....	12
2.4.1. Hough dönüşüm algoritması.....	13
2.4.2. Yapay sinir ağları.....	13
2.4.3. Canny kenar dedektörü .....	13
2.4.4. SLAM algoritması .....	13
2.4.5. K-Means kümeleme algoritması.....	13
2.4.6. Partikül süzgeci.....	13
2.4.7. RANSAC (Düzgelenmiş doğrudan dönüşüm) algoritması .....	14
2.4.8. Harris köşe tanıma algoritması .....	14
2.5. Yol Tespitinde Kullanılan Sensör Sistemleri.....	14
2.5.1. RADAR.....	14
2.5.2. LIDAR.....	15
2.5.3. GPS .....	16
2.5.4. IMU.....	17
2.5.5. Kamera sistemleri .....	17
2.5.6. Hız tespit sensörleri.....	18
2.5.7. Ultrasonik sensörler .....	19
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>21</b>
3.1. Engel Tespit Metodolojisi.....	21
3.1.1. Veri Seti.....	21
3.1.2. Veri Seti Özellikleri .....	22
3.1.2.1. Matlab .....	24

3.1.2.2. Unity .....	24
3.2. İHA'nın Otonom Araç ile Hareket Kabiliyetine Dayanan Sistem Yapısı .....	25
3.2.1. İHA ile negatif engel tespit mimarisi .....	25
3.2.2. İHA'nın hareket kabiliyeti.....	26
3.3. Otonom Araçın Hareket Eksenleri .....	27
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>29</b>
4.1. İHA'nın İniş ve Kalkış Algoritması .....	29
4.2. Otonom Araç ile İHA Arasındaki Veri Bağlantısı .....	32
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>34</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>36</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>39</b>



## **KISALTMALAR**

<b>SAE</b>	: Society Automobile Engineers
<b>İHA</b>	: İnsansız Hava Aracı
<b>RADAR</b>	: Radar Detection and Ranging
<b>LIDAR</b>	: Laser Imaging Detection and Ranging
<b>GPS</b>	: Global Navigation System
<b>IMU</b>	: Inertial Measurement Unit
<b>TASMUS</b>	: Taktik Saha Muhabere Sistemi
<b>RANSAC</b>	: Düzgelenmiş Doğrudan Dönüşüm



## ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: Otonom Araç Planlama İhtiyaç Zaman Çizelgesi .....	11
Çizelge 2.2: Otonom Araçlar ile İnsan Performans Karşılaştırması .....	20
Çizelge 2.3: Kamera, Lidar, Radar ve Ultrasonik Sensörlerin Karşılaştırması .....	20



## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: Uçak ve Otomobil Yazılım Kodları Karşılaştırması .....	8
Şekil 2.2: Uzak Komutalı Araç .....	9
Şekil 2.3: Otonom Araçlar İçin Fonksiyonel İlişkiler .....	10
Şekil 2.4: Otonom Araçların Yaya Tespit Davranışı .....	12
Şekil 2.5: Otonom Araçlardaki Radar Sensörleri.....	15
Şekil 2.6: LIDAR Sensör .....	16
Şekil 2.7: Otonom Araç GPS Bağlantısı .....	16
Şekil 2.8: Otonom Araç IMU Sensörü .....	17
Şekil 2.9: Otonom Araç Kamera Sistemleri Görüşü .....	18
Şekil 2.10: Hız Tespit Sensörleri .....	19
Şekil 2.11: Ultrasonik Sensörler .....	19
Şekil 3.1: Harris Köşe Algoritması kullanarak İHA ile haritalandırma .....	22
Şekil 3.2: Hough Transform Görüntü İşleme Yöntemi ile Daire ve Amorf Şekil Tespiti .....	22
Şekil 3.3: Gürültü Giderme İçin 5x5 Çekirdeklerde 3 Adımlı İşlem .....	23
Şekil 3.4: Sistem Mimarisi.....	25
Şekil 3.5: İHA'nın Havır Pozisyonu .....	27
Şekil 3.6: İHA'nın Hareket Eksenleri .....	27
Şekil 3.7: Otonom Aracın Arazideki Hareket Eksenleri .....	28
Şekil 4.1: İHA'ya Etki Eden Kuvvet Birleşenleri .....	29
Şekil 4.2: Otonom Aracın Üzerindeki İHA'nın İniş Platformu .....	31
Şekil 4.3: İniş Platformunun Algılanması .....	31
Şekil 4.4: YSA'nın Regresyon Sonucu .....	32
Şekil 4.5: Veri Bağlantı Döngüsü .....	33
Şekil 5.1: TASMUS Altyapısı.....	35

## OTONOM KARA ARAÇLARI İÇİN İNSANSIZ HAVA ARACI İLE NEGATİF ENGEL TESPİT METODU

### ÖZET

Yapay zekâ teknolojileri tüm dünyada gün geçtikçe daha fazla yer edinmektedir. Sağlıktan uzay teknolojilerine kadar çok geniş bir alanda etkinlik gösteren yapay zekâ çalışmaları, insan hayatını kolaylaştırmasının yanı sıra gelecekteki yaşam faktörlerini değiştirecek yenilikler sağlamaktadır. Askeri, lojistik, ulaşım gibi pek çok farklı alanda faaliyet gösterecek otonom araç sistem projeleri de yapay zekâ çalışmalarının başında gelmektedir. Bu tezde askeri maksatlı otonom araç sistemlerinin geliştirilmesinde karşılaşılan en önemli sorunlardan olan negatif engel tespit yöntemleri üzerine kurulan metodolojik çalışma anlatılacaktır. Otonom araçların kullandıkları yollar orta ve yüksek irtifada seyir halindeki döner kanatlı insansız hava aracı aracılığıyla sık periyotlarda haritalandırılacak, engeller tespit edilecek ve tespit edilen tüm engeller aracın veri havuzunda toplanacaktır. Toplanan veriler teşhis edilecek, sınıflandırılacak ve önceliklendirilecektir. İnsansız hava aracının etkinliğinin stabil kalması için otonom araç üzerindeki platforma otonom iniş ve kalkışı modellenecektir. Kurulan Yapay Sinir Ağı algoritması ile makine öğrenmesi gerçekleştirilecektir. Böylelikle otonom araç ile insansız hava aracı arasındaki etkileşimden ötürü otonom araç, negatif engellere takılmadan ilerlemeye devam edecektir. Bu çalışmada sistem mimarisinin nasıl kurulacağı, kurulan mimarinin ve makine öğrenmesinin başarı oranı kurulan model ile anlatılmaya çalışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** *Otonom Araç, Negatif Engel Tespiti, İnsansız Hava Aracı, Yapay Zekâ, Yapay Sinir Ağı Makine Öğrenmesi*

## **NEGATIVE OBSTACLE DETECTION BY UNMANNED AERIAL VEHICLE FOR AUTONOMOUS LAND VEHICLES**

### **ABSTRACT**

Artificial intelligence technologies are gaining more and more places all over the world. Operating in a wide range of fields from health to space technologies, artificial intelligence studies provide innovations that will change future life factors as well as facilitating human life. Autonomous vehicle system projects that will operate in many different fields such as military, logistics and transportation are also among the main AI studies. In this article, the methodological study on negative obstacle detection methods, which is one of the most important problems encountered in the development of autonomous vehicle systems for military purposes, will be explained. The roads used by autonomous vehicles will be mapped in frequent periods by means of a rotating winged drone traveling at medium and high altitudes, obstacles will be detected, and all obstacles detected will be collected in the vehicle's data pool. The collected data will be identified, classified, and prioritized. Autonomous landing and takeoff will be modeled on the platform on the autonomous vehicle to keep the effectiveness of the unmanned aerial vehicle stable. Machine learning will be performed with the established artificial neural network algorithm. Thus, due to the interaction between the autonomous vehicle and the unmanned aerial vehicle, the autonomous vehicle will continue to move forward without negative obstacles. In this study, how to establish the system architecture, the success rate of the established architecture and machine learning is tried to be explained with the established model.

**Keywords:** *Autonomous Vehicle Negative Obstacle Detection, Unmanned Air Vehicle, Artificial Intelligence, Convolutional Neural Network, Machine Learning*

## 1. GİRİŞ

İnsanoğlunun tarihi boyunca ulaşım ihtiyacı pek çok defa farklı türde araçlar ile karşılanmıştır. Karada at, deve, eşek, katır gibi hayvanların kullanımının yanı sıra tekerleğin icat edilmesi ile bu seyir çok farklı bir boyut kazanmıştır. Önceleri bir hayvan ile çekilen arabalar, 19. yüzyılda yerlerini öncelikle buharlı trenlere, sonrasındaysa içten yanmalı piston motorlu araçlara devretmişlerdir. Elbette ki fosil yakıt temelli bu içten yanmalı motora sahip araçlar son yüzyılda muazzam ölçüde değişim göstermişlerdir. Bu değişim, yalnızca araçların aerodinamik kesitleri ve buna bağlı olarak performans ölçekli değil, ayrıca sürüş konforunu da artıran nitelikte olması münasebetiyle yeni teknolojilerin entegre edilmesi ve araştırılması süreçlerini de beraberinde getirmiştir. Özellikle transistörlerdeki gelişimin ışığında bilgisayar teknolojilerine dayalı uygulamalar araçlarda kullanıma sunulmuştur. Bu kullanımların öncülleri, çeşitli sensörler vasıtasıyla araçtaki sürüş bilgilerini gösterme, hız kontrolü gibi kısıtlı kullanım alanları bulmaktaydı. Ancak, son 20 yıldaki bilgisayar teknolojilerine dayalı akıllı sistemler, nesnelerin interneti ve yapay zekâ çözümlerindeki muazzam gelişmeler bir insan desteğine gerek duymadan karar alabilme yeteneğine sahip otonom sistemlerin yer aldığı otonom araç adı verilen teknolojilerin ortaya çıkmasına neden oldu.

Önümüzdeki süreçte otonom araçlar, yapay zekâ teknolojileri geliştikçe ve insan ihtiyaçları değiştikçe hayatın her alanında faaliyet göstermeye başlayacaktır. Afet bölgelerinde kullanımı, kara mayınlarının tespiti, personel kurtarma, inşaat işleri, tarımsal hasat ve otomatik taşıma gibi örnek uygulamalar bulunabilir.1 Otonom araç sistemleri, diğer bir tabirle insansız araç sistemleri, sahip olduğu algoritmalar ile üzerindeki sensör sistemlerinden aldığı verileri yapay sinir ağları ile işleyerek makine öğrenmesini gerçekleştirme ve insan müdahalesi olmadan hareket etme kabiliyetine sahip sistemlerdir. İnsansız hava araçları, insansız deniz araçları, insansız raylı araçlar ve insansız kara araçları bu metodoloji ile geliştirilmiştir. Ancak bu sistemler arasında tasarımı ve geliştirilmesi en zor

sistemler insansız kara araçları yani otonom kara araç sistemleridir. Çünkü kara araçları dünya üzerinde birbirinden çok farklı yollar ve düzenlemelerin bulunduğu ortamlarda hareket etmek zorundadır. Buna karşın hava ve deniz platformlarının manevra alanlarının genişliği ve karşılaşılabilecekleri engellerin az olması sebebiyle tasarımları daha kolaydır.

### **1.1. Otonom Araç Tanımı**

Eğitim, Otonom araçların tasarım yeteneklerini gösteren, Otomotiv Mühendisleri Derneği (SAE) tarafından belirlenmiş 6 seviye vardır. Bu seviyeler şunlardır (Dubbelman ve diğ., 2007):

Seviye-0: Sürüş Otomasyonu Yok

Seviye-1: Sürücü Yardımı ile Sürüş

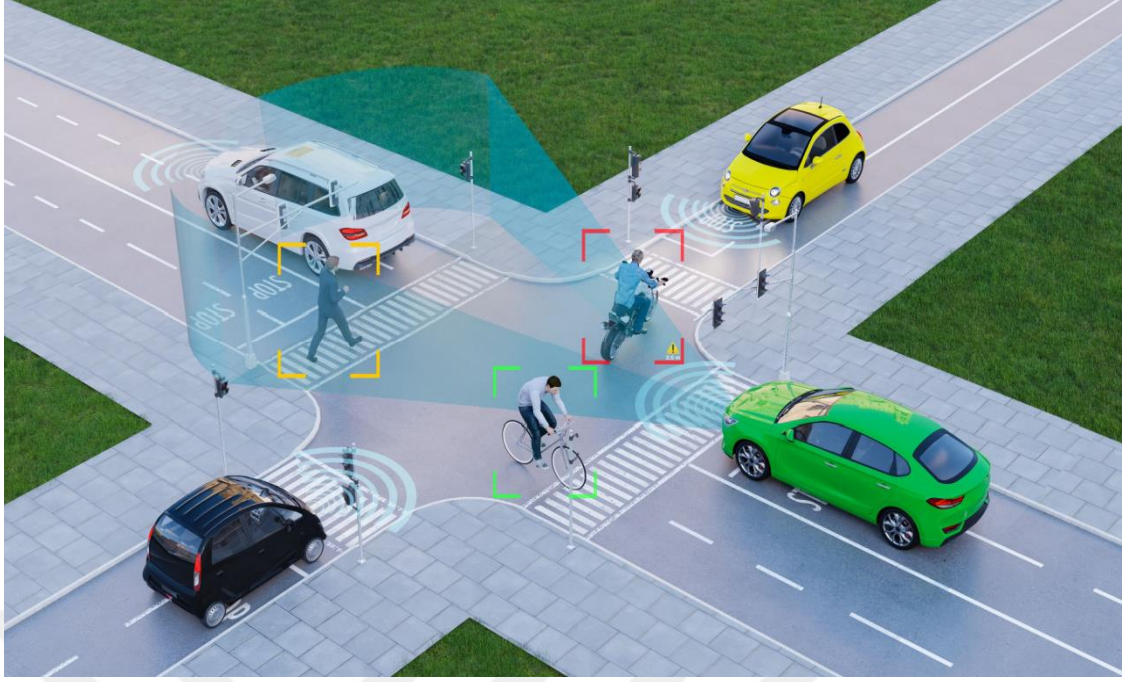
Seviye-2: Kısmi Sürüş Otomasyonu

Seviye-3: Koşullu Sürüş Otomasyonu

Seviye-4: Yüksek Sürüş Otomasyonu

Seviye-5: Tam Sürüş Otomasyonu

Çalışmamızda konu olan sürüş seviyesi Seviye-5'tir. Bu seviyede hiçbir dış müdahale olmadan araç şehir içi, şehir dışı yollar ile arazi yollarından tamamen kendi verdiği kararlar ile hareket etme kabiliyetine sahiptir. Otonom araçların tasarlanması ve kullanımının geliştirilmesindeki en önemli sorunların başında engel tespiti gelmektedir. Engel tespiti de pozitif ve negatif olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır. Pozitif engel Şekil 1.1'de olduğu gibi, otonom aracın ilerlediği istikametteki yol üzerinde bulunan, aracın hareketini engelleyen veya aracın hareket kabiliyetini kısıtlayan engel yapısıdır. Pozitif engeller duvar, kaya, ağaç, direk gibi yukarı uzanan engel yapılarıdır (Morton ve diğ., 2011). Negatif engeller ise off-road adı verilen arazi ortamlarındaki hendekler, uçurumlar, delikler veya dik negatif eğimlere sahip engebeler ile güvenlik tehlikelerine neden olabilen engellerdir (Zhong ve diğ., 2020).



**Şekil 1.1:** Tam Sürüş Otomasyonuna Sahip Otonom Araçlar

**Kaynak:** <https://www.verdict.co.uk/top-ranked-semiconductors-companies-in-autonomous-vehicles/>

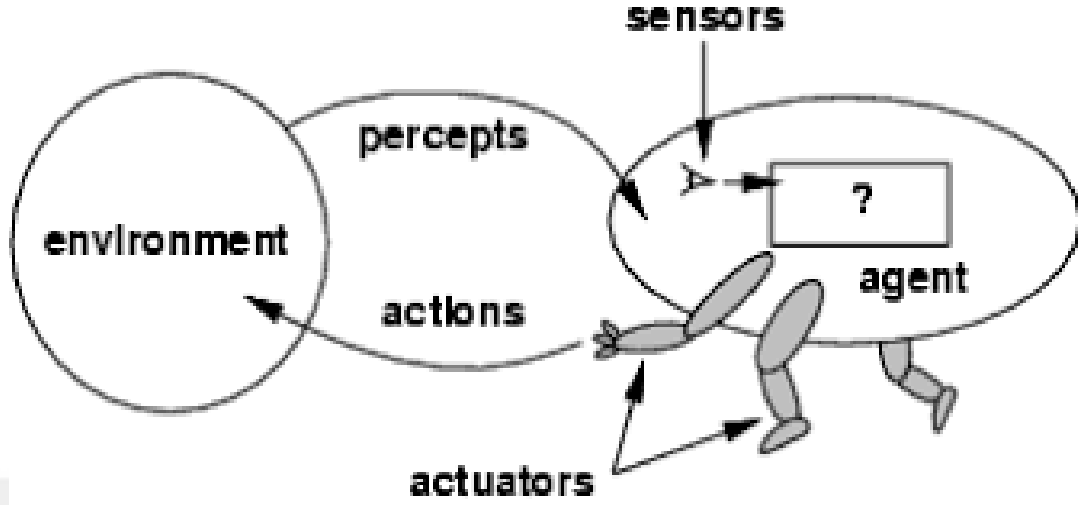
## 1.2. Otonom Araçların Engel Tanıma Sistemleri

Otonom araçlar, sahip oldukları teknolojik altyapılar bir dizi teknolojik altyapıya dayalı sistemler vasıtasıyla eyleme geçerler. Otonom araçların karşılaştıkları engelleri tespit etmesini sağlayan ve aracın çevresindeki objeleri algılamasına yönelik kullanılan çeşitli ajanlar bulunmaktadır. Bu ajanlar, çevresinde olan olayları sensörler aracılığıyla algılayıp aktüatörler ile eyleme dönüştüren yapılardır. Örneğin, insanı bir ajan olarak ele alırsak sensör olarak burun, göz gibi organlar, aktüatör olarak da ayak, kol gibi organlarından bahsedebiliriz.

İşte insan vücuduna benzer mantıkla bilgisayar algoritmalarına dayalı robotik ajanlar için sensörler, termometre, kamera gibi, aktüatörler ise dinamo, motor gibi ekipmanlardır.

Otonom araçlarda, engel tanıma sistemleri, PEAS (Performance Measures Environment Actuators Sensors) adı verilen silsileye dayalı performans ölçümü yapan, çevreyi algılayan, harekete geçiren sensörler marifetiyle tanımlanır. LIDAR Sensörü, Radar Sensörü, Ultrasonik Sensör, GPS gibi çeşitli sensörlerden alınan dış çevre bilgileri sistematik bir biçimde analiz edilir. Aracın hareketi, bu sensörlerin sağladığı iz bilgisine göre şekillenir. Dolayısıyla sensörler araç faal olduğu her anda

ya periyodik olarak ya da sürekli ölçümler yaparlar. Bu ölçümler, aracın hangi hızda gitmesi, nerede durması, hangi yolları takip etmesi gibi bilgilerin temel kaynağıdır.



**Şekil 1.2:** Otonom Araç Çevre Algılama Mimarisi

**Kaynak:** Pınar Duygulu, Artificial Intelligence Bilkent University, Spring 2008

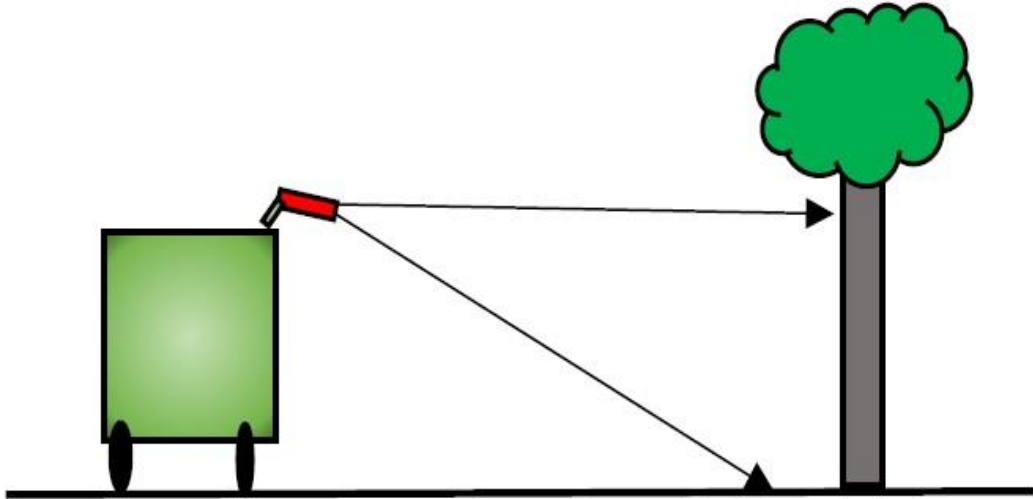
Sensörlerin sağladığı bir diğer dış çevre bilgisi de aracın hareket halindeyken karşılaşılabileceği engeller, çukurlar, bozuk yollar, su birikintileri, insan ve hayvanlardır. Bu noktada, aracın gidiş istikametinde yolun üzerinde bulunan duvar gibi engellere pozitif engel, aracın gidiş istikametinde, ancak araçtan daha aşağıda yer alan çukur, boşluk gibi engellere negatif engel denilmektedir. Araç, araç ile engel arasındaki mesafe göz önünde bulundurularak pozitif engeli tespit ettiğinde göstereceği reaksiyon negatif engeli tespit ettiğinde göstereceği reaksiyona göre çok daha fazladır. Çünkü, pozitif engel aracın hemen karşısında durmakta ve araç bunu daha erken algılayabilmektedir. Ancak aracın negatif engeli üzerindeki sensörler ile pozitif engeldeki benzer zamanda algılayıp reaksiyon gösterme imkânı yoktur. Bu maksatla, aracın doğru zamanda ve doğru reaksiyonu gösterebilmesi için negatif engeli algımlarken araca zaman kazandıracak önlemeni sağlanması gerekmektedir.

### 1.3. Negatif Engel Tanıma

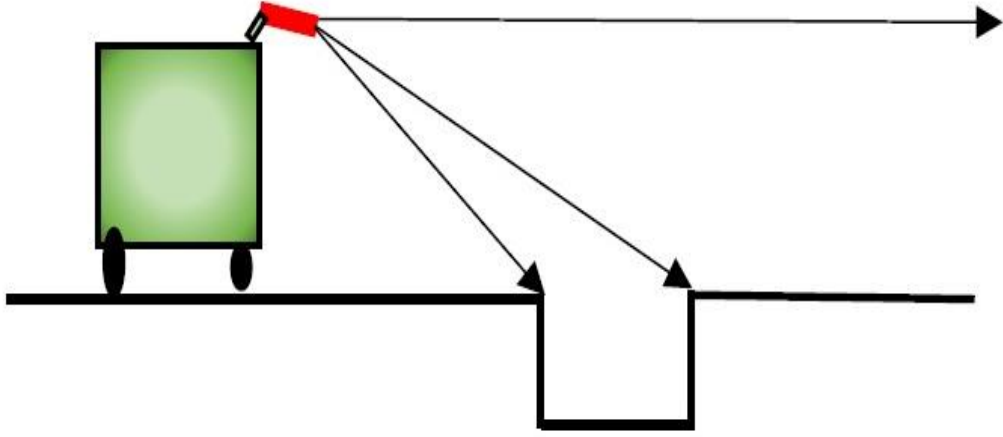
Negatif engellerin Şekil 1.3'te olduğu gibi engellerin tespiti pozitif engellere kıyasla daha güçtür. Bunun sebeplerinin başında otonom aracın üzerindeki sensör sistemlerinin negatif engellerin tespitinde yeterli verimi sağlayamaması gelmektedir. Otonom araçlar, engel tespiti için LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) adlı darbeli lazer sinyali gönderen sensörleri, termal görüş 3 kameraları, radar ses

darbeli sensörleri gibi sensörlere sahiptir. Aracın hareketini izlemek, hızını, yönünü ve konumunu ölçmek için kilometre sayacı, hız sensörü, konum sensörü, ivmeölçer ve eğim sensörü gibi atalet sensörleri kullanılır (Debastiti, 2012).

Aracın üzerindeki sensörlerin topladıkları tüm veriler ham olarak önce elektronik kontrol ünitelerine, oradan da işlenmek üzere aracın bilgisayarına gönderilir. Aracın bilgisayarını sahip olduğu yapay zekâ algoritması ile ilgili bilgiyi işler, negatif engeli tespit eder ve aracın göstermesi gereken komut dizinlerini belirler. Burada izlenmesi gereken çok hızlı bir süreç vardır. Aracın belirli bir hızda olması, tespiti gereken engelin pozitif bir engele nazaran daha yavaş tespit edilmesine neden olmaktadır. Bunun sebebi, aracın sahip olduğu sensörlerin belirli bir açıyla ve engelleri algılama kabiliyetinin sınırlı olması, pozitif engellerin aracın gidiş istikametinde önleme vererek algılanırken negatif engelin aracın sensör açılarının algılamakta güçlük çekeceği konumda bulunmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla sensör sistemleri engeli çok kısa bir sürede algılamalı, CPU (işletim bilgisayarını) bu veriler ile aracın göstereceği reaksiyona yönelik komutları vermeli ve araç da bu komutları algılayabilmelidir.



Şekil 1.3: Pozitif Engel Tespiti



**Şekil 1.4:** Negatif Engel Tespiti

Sensör sistemlerinin engelin tespit etkinliği aracın engel ile mesafesi arttıkça azalmaktadır. Örneğin saatte 36 Km yani saniyede 10 metre hızla giden bir otonom aracı ele alalım. Aracın karşılaştığı bir negatif engeli 20 metre öteden tespit ettiğini varsayalım. Bunu,  $D = 1/R^2$  eşitliği ile açıklayabiliriz. D tespit yeteneğini, R ise mesafeyi gösterir. Aracın engeli tespit ettiği andan itibaren uygulayacağı tüm proses 2 saniyedir. Diğer bir deyişle sensörlerden veri aktarımı ile bu verinin CPU denilen bilgisayarda işlenmesi ve araca komut verilmesi ile aracın komuta göstereceği reaksiyon için tüm işlemler 2 saniye içinde gerçekleşmek zorundadır. Şekil 1.4'teki örnek engelde görüldüğü gibi negatif engellerin tespiti için sensörlerin görüş açılarından kaynaklanan güçlük bulunmaktadır. Tespit sensörleri negatif engeli uzaktan tespit etmede yeterli başarıyı gösterememektedir. Bu durum da aracın zamanında önleme verememesinden dolayı, doğru reaksiyonu gösterememesine neden olmaktadır.

Otonom araçların günlük hayatın içerisinde kullanılması için giderilmesi gereken sorunların başında negatif engel tespiti gelmektedir. Bu zafiyetin giderilmesi için gün geçtikçe farklı yaklaşımlar ortaya konmakta ancak istenilen seviyeye ulaşılamamaktadır. Negatif engelin tespiti için tespit vasıtasının görüş açısının genişliği ve mümkün olan en uzak mesafeden tespiti kilit bir noktadır.

Çalışmamızda negatif engelin tespiti için otonom aracımız ile sayısal haberleşme bağlantısı bulunan insansız hava aracı sisteminin kullanılması incelenmiştir. Seviye-5 Tam Sürüş otomasyonlu, mini kategorideki, döner kanatlı bir insansız hava aracı sistemi ile negatif engel ve araç arasında uzun bir mesafe varken engel tespiti yapılabilir. Gece görüş özelliğine de sahip döner kanatlı insansız hava aracının

entegre kamerası gidilen yolun istikametinde taramalar yaparak tespit işlemini gerçekleştirecektir. Aracın göstermesi gereken reaksiyon için gerekli zaman yaratılabilir. Çalışmamızın geri kalanında döner kanatlı insansız hava aracı yerine kısaca İHA kısaltması kullanılacaktır.

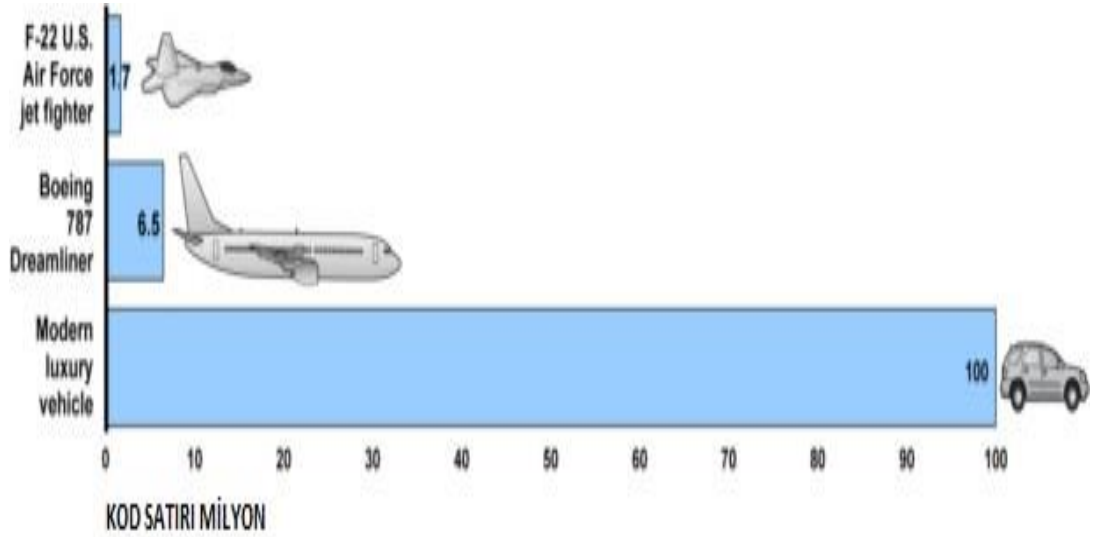
Çalışmamızda sistem simülasyonuna dayalı veri seti modelin çıktısı ile elde edilecektir. İHA kamerasının engelleri tespit metodolojisi, hareket halindeki otonom aracın üzerine iniş ve kalkış algoritması Matlab ve Unity üzerinden kurulan model ile anlatılacaktır.



## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Konvansiyonel araçlardan akıllı araçlara geçişte son evreyi temsil eden otonom araçlardan üç temel beklenti vardır;

1. Araç sahibi, yolcu veya kontrol merkezi isteklerinin doğru bir şekilde alınması (İnsan-Makine Etkileşimi, HMI (Human-Machine Interface))
2. Araç altyapısının (manevra, hız ve fren gibi işlemlerin olması istendiği gibi yapılması için sürüş ve güç kontrol sistemleri ile tüm mekanik ve elektriksel donanımların) eksiksiz sevk ve idaresi
3. Dinamik tam çevre (yol, trafik ve çevresinde bulunan nesnelerin belirlenmesi, sınıflandırılması, hareketlerinin tahmini ile) kontrolü Otonom araçlarda ilk iki beklenti tam anlamıyla yapılmakta iken üçüncü beklentide halen ciddi eksikler bulunmaktadır. Otonom araçların normal koşullarda güvenilir bir şekilde seyahat edebilmesi için birçok teknik sorunun çözülmesi gerekir (Dubbelman ve diğ., 2007).



**Şekil 2.1:** Uçak ve Otomobil Yazılım Kodları Karşılaştırması

**Kaynak:** Grush, B. (2016), Driverless Cars Ahead: Ontario Must Prepare for Vehicle Automation. Residential and Civil Construction Alliance of Ontario (RCCAO).

## 2.1. İnsansız Araçlar

İnsansız araçlar, elektronik bilimine dayalı teknolojilerin insan hayatında yer almasıyla çok geniş ölçekte gelişim göstermiştir. Başlangıçta askeri alanda kullanım için geliştirilen pek çok teknoloji günümüzde hayatın hemen hemen her alanında kendine yer bulmaktadır. İnsan araçları birbirlerinden ayıran temel etmen, aracın bir insan tarafından doğrudan veya bir bilgisayar sistemi tarafından tamamen veya kısmi olarak kumanda edilmesi olarak ortaya çıkmaktadır.

### 2.1.1. Uzaktan komutalı araçlar

Uzaktan komutalı araçlar, bir insan tarafından kontrol edilen, araç ile uzak komuta arayüz sistemi üzerinden etkileşim sağlanan araçlardır. Geçmişte araç ile çift yönlü radyo dalgaları veya kablolu sistemler üzerinden iletişim kurulurken günümüzde 5G, Wi-Fi gibi internet altyapılarına dayalı sistemler ile uydu, bluetooth vb. teknolojiler üzerinden bağlantı sağlanmaktadır. Bu sistemlerin temel özellikleri, dış dünya ile insanların birebir temas etmeden araç ile karşılaşılan problemlere çözüm üretmeleri veya hareket etmeleridir. Örneğin, mayın arama araçları kablosuz uzaktan komuta ile bir insan tarafından kontrol edilir ve mayın tespiti ve temizlenmesi konusunda çözümler sunabilmektedir. Aracın üzerinde yer alan kamera ve diğer sensörler araçtan anlık iz bilgisini operatöre sunarak operatörün karar etkinliğini sağlamaktadır.

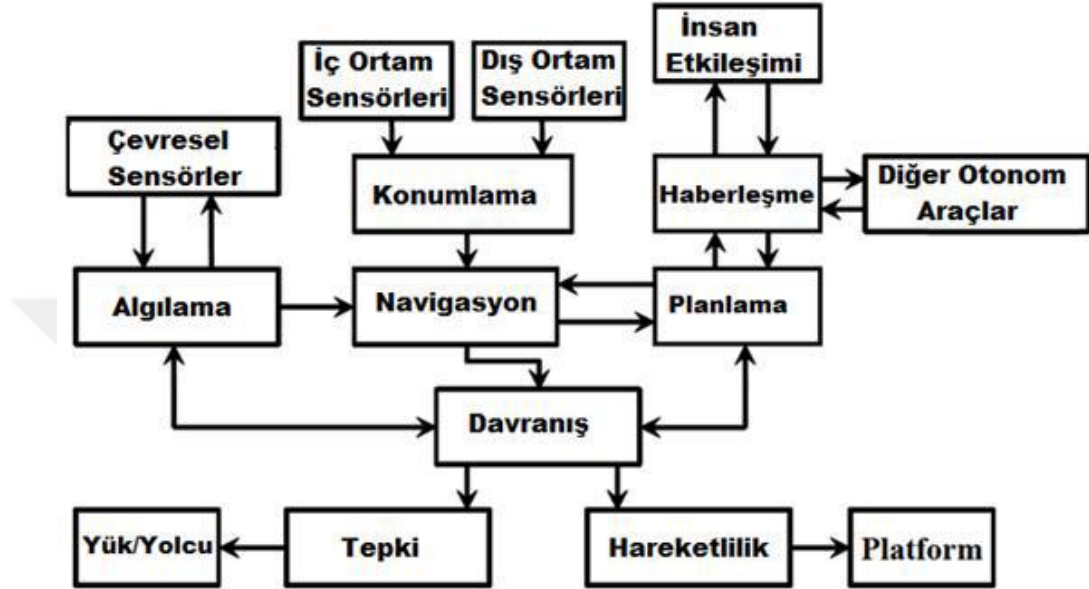


**Şekil 2.2:** Uzak Komutalı Araç

**Kaynak:** <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/turkiyenin-uzaktan-kumandali-piyadeleri-geliyor/1328915>

### 2.1.2. Otonom araçlar

Otonom araçlar, üzerindeki sensör sistemlerinden iz bilgilerini alarak bir bilgisayar sistemi tarafından merkezi kontrolü sağlanan, insan müdahalesi gerekmeden hareket kabiliyetine sahip araçlardır. Örneğin, Google'nin veya Tesla'nın geliştirdiği "self-driving car" adı verilen araçlar bu kategoride çalışmalarına devam etmektedirler.



Şekil 2.3: Otonom Araçlar İçin Fonksiyonel İlişkiler

**Kaynak:** Martínez-Díaz, M., & Soriguera, F. (2018). Autonomous vehicles: theoretical and practical challenges. *Transportation Research Procedia*, 33, 275-282.

### 2.2 Otonom Araç Tarihçesi

Tarih boyunca insanlar daha konforlu bir hayata sahip olabilmek için çeşitli aletler geliştirme yoluna gitmişlerdir. Gelişen teknolojiler ile bu aletler evrilmiş ve başka sistemler ile entegre olmuşlardır.

Tekerleğin ilk icadında kullanılan ilkel at arabalarından elektrikli ve otonom araçların gelişmesinde çok çeşitli fazlar geçirilmiştir. Sürücüsüz bir gelecek çok yakın görünmektedir, ancak o noktaya gelmek uzun ve zorlu bir yolculuktur.

Otonom araçların hikayesi, fosil yakıtlı araçların günlük hayatta yaygınlaşması kadar geri bir tarihe dayanmaktadır.

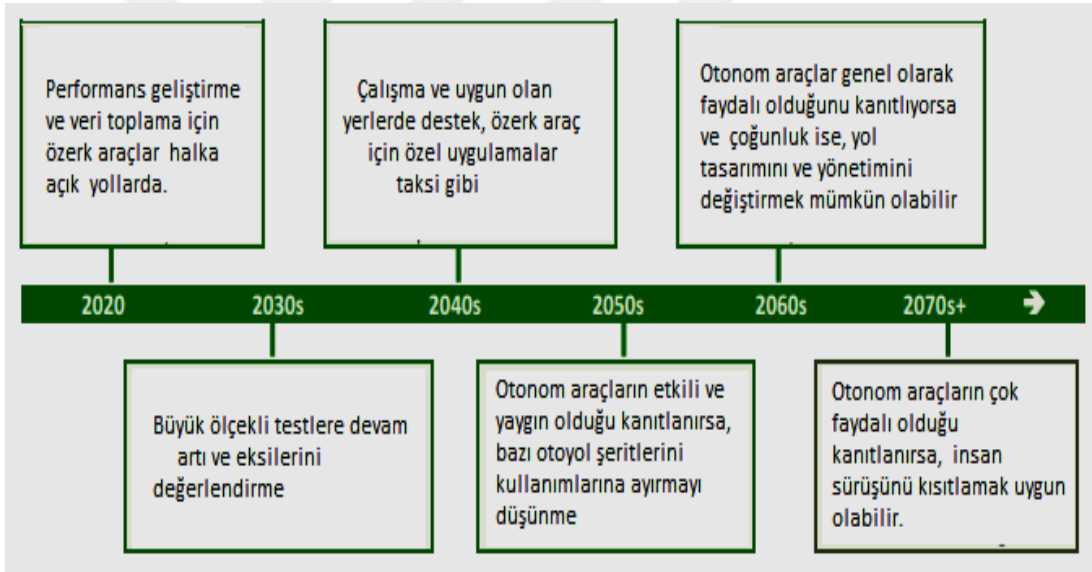
İlk olarak 1920'lerde Almanya'da geliştirilen VAMORS (Volkswagen Mobilitat für Ortseingeschränkte Verkehrsteilnehmer) üzerindeki ilkel kameraları ve diğer

sensörleri ile günlük hayatın içerisine girmeye çalıştı. Ancak teknolojik yetersizlikler sebebiyle aracın geliştirilmesi sonlandırıldı.

1980’li yıllarda DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) yani ABD Savunma İleri Araştırma Projeleri Ajansı’nın düzenlediği yarışma ile otonom araç çalışmalarına katkı sağlamak amaçlandı. Altyapı ve teknolojik eksiklikler nedeniyle buradaki çalışmalar da istenen düzeye ulaşmadı.

2000’li yıllara gelindiğinde başta Google olmak üzere çeşitli büyük kuruluşlar kendi otonom araç çalışmalarını ilan ettiler. Bununla birlikte otonom araçların sadece binek otomobil olarak değil, Locomation gibi firmalar otonom araçların ticari taşımacılıkta kullanılması gibi projelerin öncülleri oldular. Günümüzde de Tesla, Apple gibi dünya devleri ile pek çok savunma sanayii kuruluşu otonom araç teknolojisi programları geliştirmeye devam etmektedirler.

**Çizelge 2.1:** Otonom Araç Planlama İhtiyaç Zaman Çizelgesi



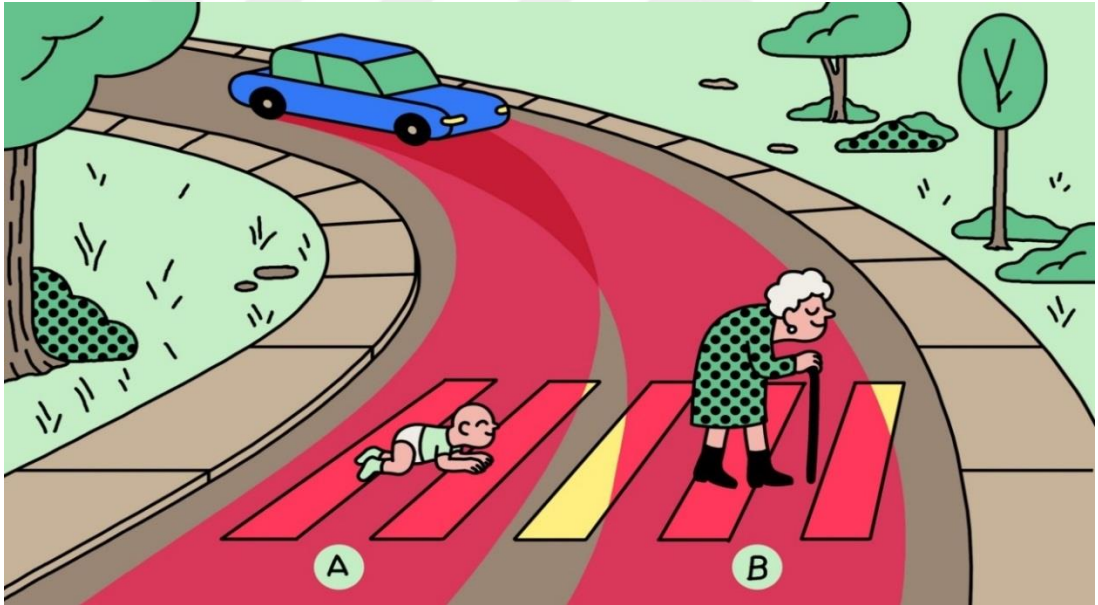
**Kaynak:** Bacha, A. (2008). Odin: Team VictorTango’s entry in the DARPA Urban Challenge. J. Field, Robot. 25, 467–492.

### 2.3. Otonom Araçların Karşılaştıkları Güçlükler

Otonom araçların günümüzde yaşadığı en büyük sorunların başında çevre algılaması gelmektedir. Bu konuda her geçen gün yeni gelişmeler elde edilmesine karşın henüz istenilen boyutta bir çözüme ulaşılamamıştır.

Yapay zeka teknolojileri görüntü işleme başta olmak üzere sahip oldukları algoritmalar ile çevre algısını geliştirirken makine öğrenmesi ile dış dünyadaki objeleri algılama yeteneğini ilerletmeye çalışmaktadır. Son yıllarda otonom araçların

karşılaştıkları ölümcül neticelere varan kazalar sorunun daha derin olduğu gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Bu sorunları ortaya çıkaran etmenlerin başında sensör sistemlerinin aracın hareketi ile istenilen senkronizasyona ulaşamaması, aracın karşılaştığı etkiye doğru tepki gösterememesi gelmektedir. Özellikle otonom araçlar belirli hızların üzerine çıktığında karşılaştıkları hareketi engelleyici objelere ve engellere karşı doğru tepki gösterecek öngörüye sahip olamamaktadırlar. Dolayısıyla araç, telafisi mümkün olmayan sonuçlarla karşılaşmaktadır. Ancak bu sorunların çözümünün salt olarak sahip olunan radar, LIDAR veya diğer sensör sistemlerinin imkânlarını artırmaktan geçmemektedir. Tüm bunların neticesinde ya aracın belirli hız ve hareket limitlerinin üzerinde kullanılmaması ya da sadece bir tren yolu gibi istikametlerde hareket etmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Yine de otonom araçlar geliştirilen sensör sistemleri ile pozitif engellere karşı kısmi tedbir alsalar da özellikle değişik arazi kesimlerindeki beklenmeyen çukur, su birikintisi gibi negatif engellere karşı yetersiz kalmaktadırlar.



**Şekil 2.4:** Otonom Araçların Yaya Tespit Davranışı

**Kaynak:** <https://www.technologyreview.com/2018/10/24/139313/a-global-ethics-study-aims-to-help-ai-solve-the-self-driving-trolley-problem/>

## 2.4. Yol Tespitinde Kullanılan Algoritmalar

Otonom araçların yol tespitinde kullandıkları algoritmalar görüntü işlemede kullanılan algoritmaların uyarlanması sonucunda geliştirilmektedir.

#### **2.4.1. Hough dönüşüm algoritması**

Bu algoritma, görüntünün sahip olduğu geometrik şeklin algılanarak tanımlanması üzerine dayalıdır. Araç, şeklin köşeli veya dairesel olduğundan yola çıkararak verisetindeki görseller ile karşılaştırma yaparak hareketini sağlar. Karmaşık görüntüler uzayının derinliğine bağlı olarak algoritmanın performansı değişebilmektedir.

#### **2.4.2. Yapay sinir ağları**

Yapay sinir ağları, insan beyninin öğrenme ve algılama metodolojisinin makine öğrenimi için uyarlanmış halidir. Derin öğrenme denilen algoritmik yapı çevrenin analiz edilerek algılanmasını ve yorumlanmasını sağlar. Araç, bu öğrenme yöntemi ile çevredeki şekillerin ne olduğuna karar verir ve veritabanında bu verileri saklayarak daha sonrasında karşılaşacağı diğer şekil ve objeleri benzeştirmeye çalışır ve buna göre karar verir.

#### **2.4.3. Canny kenar dedektörü**

Görüntünün kenarlarını algılamaya dayalı bir algoritma olan Canny Kenar Dedektörü, görüntünün kenarlarının keskinlik durumuna göre görüntüyü analiz ederek aracın hareketine katkı sağlar.

#### **2.4.4. SLAM algoritması**

Tam açılımıyla Simultaneous Localization and Mapping yani Eş Zamanlı Haritalandırma ve Konumlandırma adı verilen algoritma, otonom aracın harita üzerindeki konumlandırmasına göre engellerin pozisyonlarını belirleme yeteneğine sahip verileri üretmektedir.

#### **2.4.5. K-Means kümeleme algoritması**

Aynı veya birbirleriyle yakın özellik gösteren nesnelerin veya veri gruplarının tasnif edilerek veritabanına verileri aktarır. Araç, şekil, renk, kontrast gibi sınıflara ayrılmış verileri gruplandırarak hareketini sağlar.

#### **2.4.6. Partikül süzgeci**

Partikül süzgeci, aracın izlediği rotada yer alan, stabil veya stabil olmayan, harita üzerinde işaretlenmiş veya işaretlenmemiş kenar çizgilerini, yol şeritlerini, hız

şeritlerini tespit ve takip ederek aracın hareket algısına katkı sağlayan bir algoritmadır.

#### **2.4.7. RANSAC (Düzgelenmiş doğrudan dönüşüm) algoritması**

RANSAC algoritması, belirlenmiş noktalar arasındaki farklı değerleri ve veriler arasındaki korelasyonu analiz eden bir istatistiksel makine öğrenim algoritmasıdır. Otonom araç bu sayede şekillerin geometrisinden yola çıkarak objeleri ve yol çizgilerini algılar.

#### **2.4.8. Harris köşe tanıma algoritması**

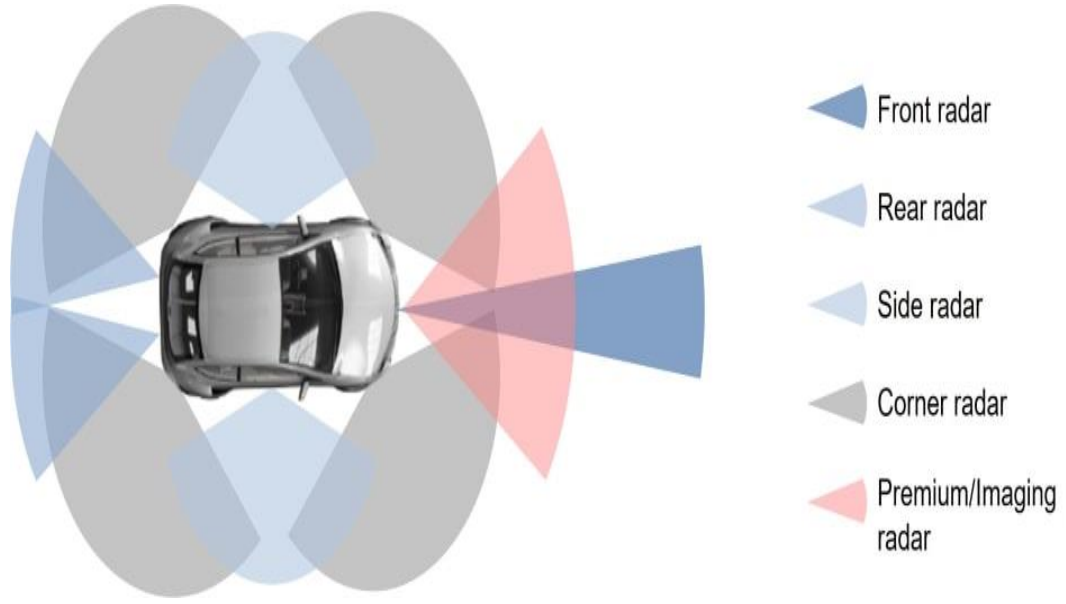
Harris köşe tanıma algoritması, görüntünün piksellerinin değişikliğine dayalı olarak görüntüdeki köşeleri tespit etmeye yarayan bir algoritmadır. Pikseller arasındaki yoğunluk farkından kaynaklı değişikliklere göre görüntünün köşeleri belirginleşir. Harris köşe tanıma algoritması, görüntü tanımlama, nesne analizi, nesne takibi, 3 boyutlu modelleme gibi pek çok alanda kullanılmaktadır.

### **2.5. Yol Tespitinde Kullanılan Sensör Sistemleri**

Otonom araçların yol üzerinde karşılaştıkları diğer araçlar, yayalar, çukurlar vb. engelleri tespit için kullandıkları sensörler zaman içerisinde ya başka teknolojilerden evrilmiş ya da otonom araç sistemleri için geliştirilmişlerdir.

#### **2.5.1. RADAR**

RADAR, tam açılımıyla Radio Detection and Ranging, yani radyo ile tespit etme ve mesafe tayini, 2. Dünya Savaşı'nda İngilizler tarafından Alman uçaklarını tespit etme amacıyla geliştirilmiştir. Sistem, kendi ekseninde 360 derece, dikey ekseninde de 90 dereceye kadar hareket kabiliyetine sahip olabilmektedir. Radar, belirli periyotlarda sahip olduğu güç ünitesinin sağladığı kabiliyetteki menzile radyo dalgaları iletir. Bu radyo dalgaları, ilgili menzilde bulunması durumunda hedeften geri yansıtılarak tekrar radar tarafından algılanır. Algılanan hedef bilgisi, yer, yön, istikamet, mesafe, yükseklik gibi bilgileri içerir. Bu sayede otonom araç, hedef sorgulamasına göre hareketine karar verir.

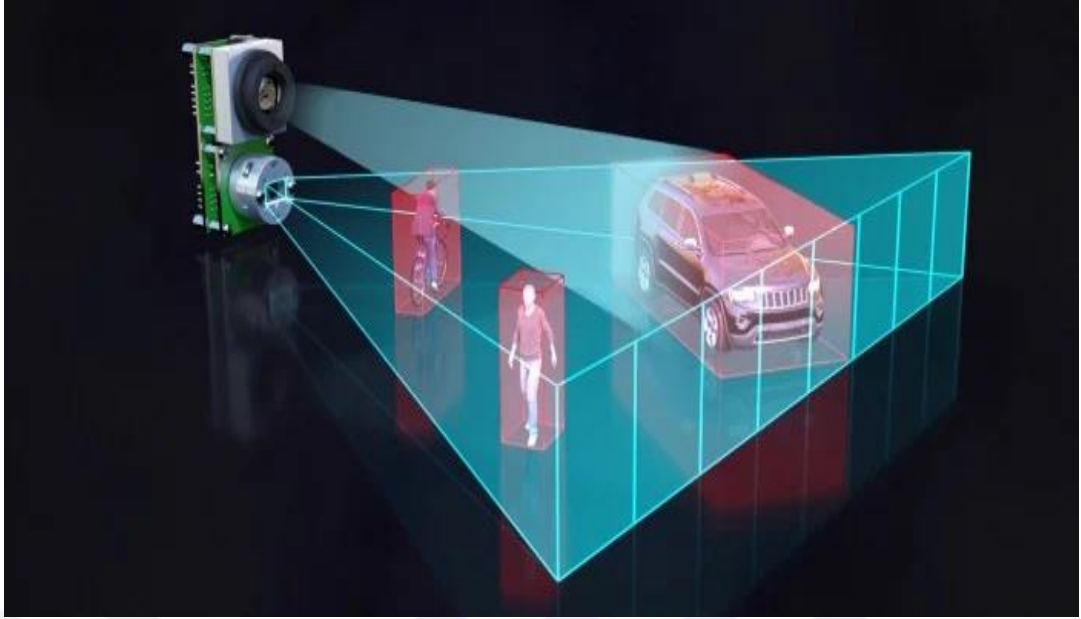


**Şekil 2.5:** Otonom Araçlardaki Radar Sensörleri

**Kaynak:** <https://www.renesas.com/us/en/blogs/why-do-we-need-radar>

### 2.5.2. LIDAR

LIDAR'ın açılımı Light Detection and Ranging, yani lazer tanımlama ve mesafe tayinidir. LIDAR, lazer darbeleri ile bir objenin mesafesini ölçmeyi sağlar. Sistem, periyodik olarak (lazerin güç kaynağına bağlı olarak) otonom aracın çevresindeki nesnelere lazer ışınları gönderir ve bu lazerlerin geri yansması ile ölçümü gerçekleştirir. Radara nispeten daha kısa menzile sahiptir. Otonom araçlarda, araca entegrasyonu açısından LIDAR sayısının optimum sayıda olması kadar LIDAR sensörünün pozisyonu, algı açısı, 2 veya 3 boyutlu algılama yeteneği ön plana çıkmaktadır.



**Şekil 2.6:** LIDAR Sensör

**Kaynak:** <https://www.allaboutcircuits.com/news/solid-state-LiDAR-is-coming-to-an-autonomous-vehicle-near-you/>

### 2.5.3. GPS

GPS, yani küresel konumlama sistemi dünyanın yörüngesinde yer alan uydular aracılığıyla otonom aracın enlem ve boylamlara dayalı konumunu belirleyerek harita veritabanına aktarır. Bazı durumlarda, sayısal haritalar aracılığıyla aracın irtifası da belirlenir, aynı şekilde aracın gideceği istikametteki yolların irtifası da değerlendirilip aracın en etkin yol ve sürede hedefine gitmesi sağlanır.

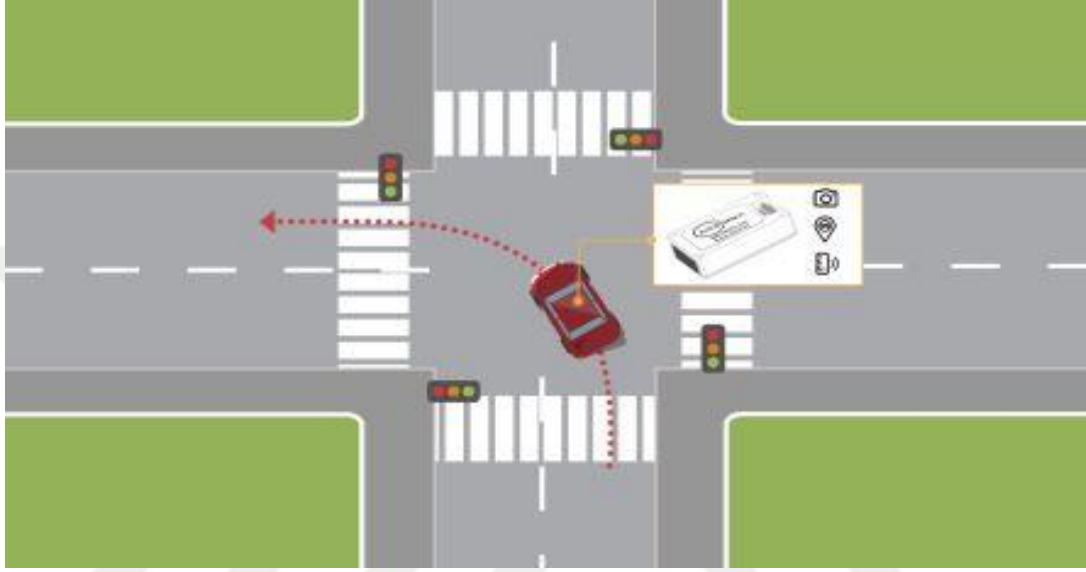


**Şekil 2.7:** Otonom Araç GPS Bağlantısı

**Kaynak:** <https://www.smallworldsocial.com/autonomous-cars-sensors-the-mysteries-of-gps/>

#### 2.5.4. IMU

IMU, Türkçe adlandırılmasıyla ataletsel ölçüm birimi, özellikle uçaklarda, helikopterlerde ve uzay araçlarında kullanılan ve jiroskobik etkiye dayalı bir yön tayin sistemidir. IMU'larda x, y ve z koordinatlarındaki iz bilgilerini alarak harita veritabanına aktarır. IMU'lar günümüzde akıllı telefonlardan tablet bilgisayarlara kadar pek çok teknolojik cihazda kullanılmaktadır.

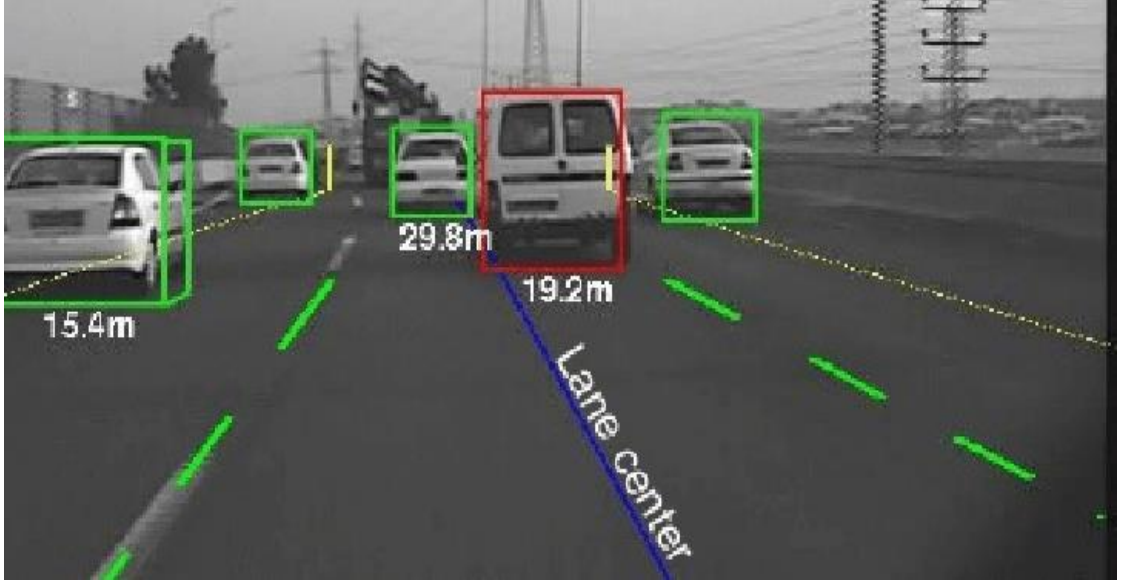


**Şekil 2.8:** Otonom Araç IMU Sensörü

**Kaynak:** <https://www.microcontrollertips.com/inertial-measurement-units-will-keep-self-driving-cars-on-track-faq/>

#### 2.5.5. Kamera sistemleri

Kameralar, günümüzdeki pek çok binek araçta kullanıldığı gibi otonom araçlarda da kullanılmaktadır. Ancak otonom araçlardaki kamera sistemleri çözünürlük ve veri işleme bakımından üst seviyede hizmet sağlayan özelliklere sahip olmalıdır. Otonom araçlar, kamera sistemleri aracılığıyla çevresindeki objeleri algılayıp teşhis edebilmekte ve buna göre hareketine karar verebilmektedir. Sahip olunan kameralar gece görüşü, kızılötesi ve derinlik algılama gibi çeşitli özelliklere sahip olmaktadır. Kameraların sahip olduğu bu özellikler sayesinde otonom araç, verisinde kayıtlı olan engeller, yol işaretleri ve objeleri ayırma ve tanıma kabiliyetine sahip olur.



**Şekil 2.9:** Otonom Araç Kamera Sistemleri Görüşü

**Kaynak:** Mh'D Yakub Abualhoul, Edgar Talavera, Fawzi Nashashibi, The Use of Lane-Centering to Ensure the Visible Light Communication Connectivity for a Platoon of Autonomous Vehicles, 2018, Conference: 2018 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety ICVES2018, At: Madrid, Spain

#### 2.5.6. Hız tespit sensörleri

Uzamsal optik filtre kullanarak yol yüzeyi koşullarını ayırt edebilen sensörlerdir. Bu sensörler araç hızını tespit etmek için de kullanılabilir. ABS (kilitlenme önleyici fren sistemi) gibi araç kontrol sistemlerinin gelişimini artırmak için araç hızını tespit etmek oldukça önemlidir. Bir aracın hızını tespit etme yöntemi olarak genel kabul gören yöntem, tekerleğin dönme hızını hesaplama yöntemidir. Ancak, hesaplama için bir parametre olarak tekerlek rotasyonunu kullanan bu yöntemde, tekerlek kayması durumunda veya yarışlarda büyük bir hesaplama sapması algılanabilir. Böyle bir problemin üstesinden gelmek için temassız bir sistem vasıtasıyla zemin hızını hesaplamak gerekir (Akar ve Orman, 2020), (Vlacic ve diğ., 2001), (Vishwanathan ve diğ., 2005).

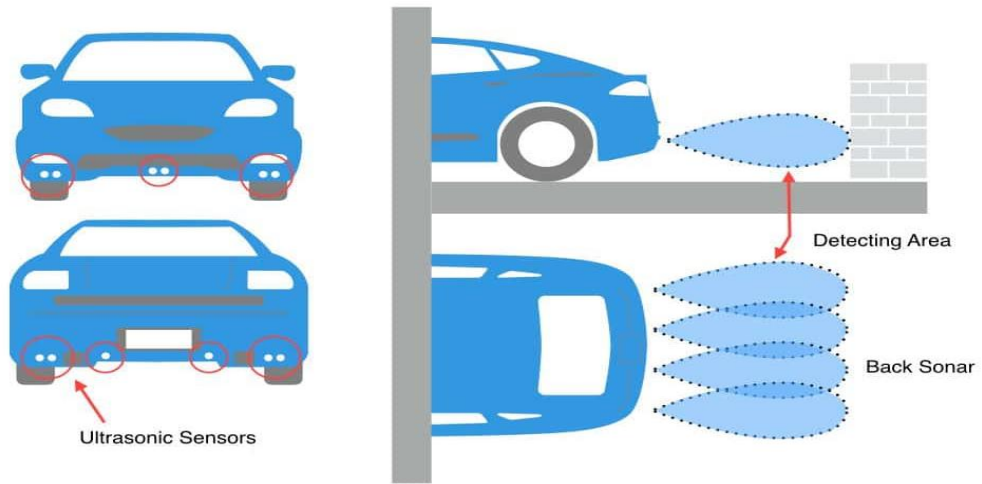


**Şekil 2.10:** Hız Tespit Sensörleri

**Kaynak:** <https://www.iiot-world.com/artificial-intelligence-ml/artificial-intelligence/five-challenges-in-designing-a-fully-autonomous-system-for-driverless-cars/>

### 2.5.7. Ultrasonik sensörler

Ultrasonik sensörler, ses dalgaları ile çevredeki objeleri algılamaya yarayan sistemlerdir. Günümüzdeki pek çok aracın park sistemlerinde olduğu gibi otonom araçların da tamponlarında yer alırlar. İnsan işitme eşiğinin üzerinde olan 20 kHz'in üzerindeki ses dalgalarını kullanır ve araç ile neşene arasındaki mesafeyi belirlemek için kullanılırlar. Bu tür sensörlerin menzili 25 ila 400 santimetre arasındadır (Akar ve Orman, 2020), (Taraba ve diğ., 2018).



**Şekil 2.11:** Ultrasonik Sensörler

**Kaynak:** <https://inrix.com/blog/ultrasonic-sensor-parking-availability-technology/>

**Çizelge 2.2: Otonom Araçlar ile İnsan Performans Karşılaştırması**

Performans ölçütü	İnsan	Otonom Araçlar		
		RADAR	LIDAR	Kamera
Nesne algılama	İyi	İyi	İyi	Orta
Nesne sınıflandırması	İyi	Kötü	Orta	İyi
Mesafe tahmini	Orta	İyi	İyi	Orta
Kenar algılama	İyi	Kötü	İyi	İyi
Şerit takibi	İyi	Kötü	Kötü	İyi
Görüş alanı	İyi	İyi	Orta	Orta
Kötü hava performansı	Orta	İyi	Orta	Kötü
Karanlık veya düşük aydınlatma performansı	Kötü	İyi	İyi	Orta
Trafikteki diğerleri ile iletişim kurabilme ve altyapı	Kötü	Yok	Yok	Yok

**Kaynak:** Ackerman, E., (2017). Toyota's Gill Pratt on Self-Driving Cars and Reality of Full Autonomy Spectrum, International Institute of Electrical Engineers

Çizelge 2.3'te kamera, LIDAR, Radar ve ultrasonik sensörlerin bazı özelliklerinin karşılaştırılması verilmiştir (Akar ve Orman, 2020).

**Çizelge 2.3: Kamera, Lidar, Radar ve Ultrasonik Sensörlerin Karşılaştırması**

	Kamera	Lidar	Radar	Ultrasonik
<b>Dalga Boyu (m)</b>	$10^{-7} - 10^{-6}$	10-6	$10^{-3} - 10^{-2}$	$10^{-3} - 10^{-4}$
<b>Hava Bağımlılığı</b>	Evet (Görünürlük)	Evet (Görünürlük)	Düşük	Yüksek (Rüzgar, Yağmur)
<b>Kötü Hava Koşullarının Tespiti</b>	Evet	Evet	Hayır	Bazı durumlarda
<b>Çözüm Yatay Düşey</b>	Yüksek Yüksek	Yüksek Orta	Orta Yok	Yok Yok
<b>Menzil*Görüş Alanı</b>	Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük
<b>Anlık Ölçümler</b>				
<b>Konum</b>	+	+	+	+
<b>Hız</b>	-	-	+	+
<b>İşlevsellik</b>				
<b>Engel Tespiti</b>	+	+	+	+
<b>Engel Sınıflandırma Yaya Tanıma</b>	+	+	+/-	+/-
<b>Çizgi Tanıma</b>	+	-	-	-
<b>Trafik İşareti Tanıma</b>	+	-	-	-

**Kaynak:** 2020 Vlacic, L., Parent, M., & Harashima, F. (2001). *Intelligent vehicle technologies*. Elsevier.

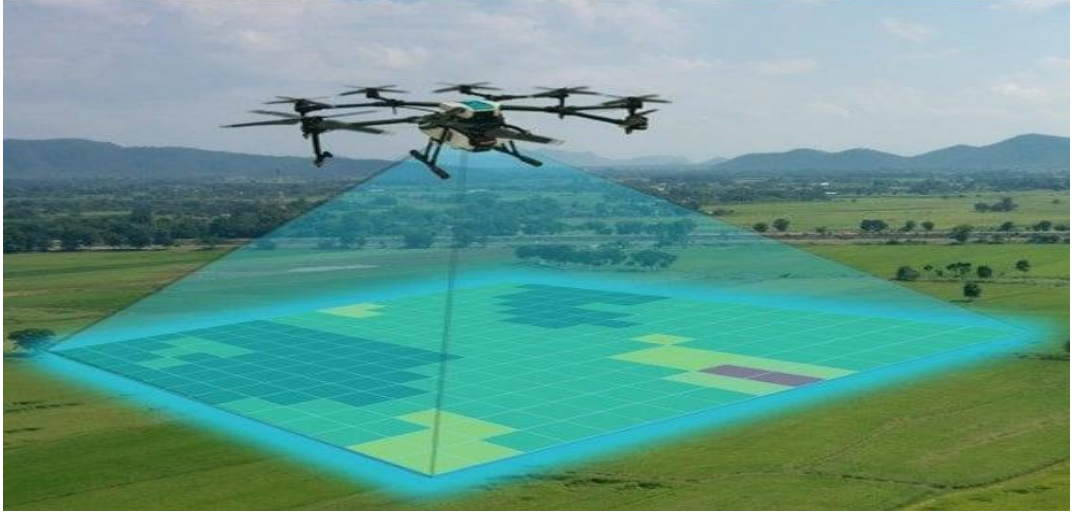
### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Engel Tespit Metodolojisi**

##### **3.1.1. Veri Seti**

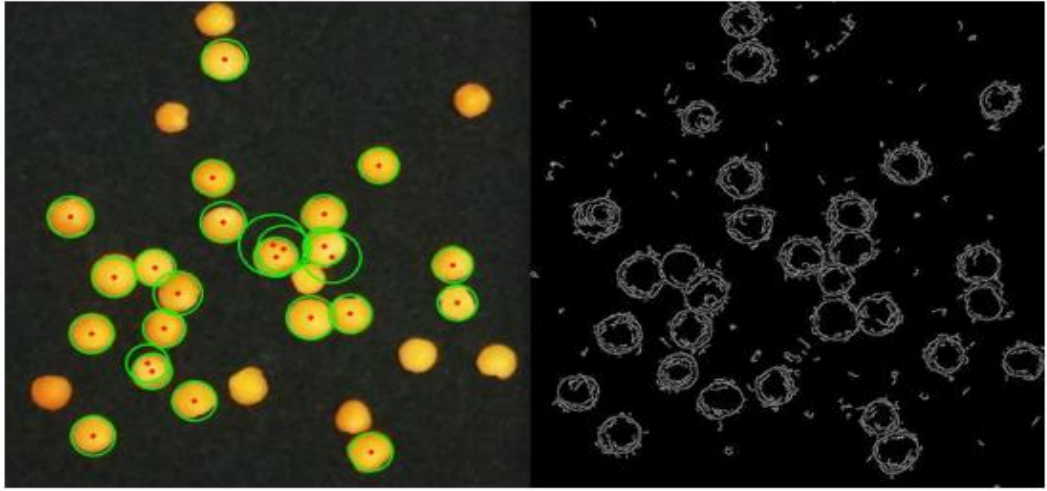
Otonom aracın hareket halinde negatif engeli tespit yeteneği, aracın önleme için belirli bir mesafe önünde ve görüş açısının artması için de belirli bir yükseklikte olması gerekmektedir. İHA'nın yüksekte olması araziyi haritalandırmada etkinlik kazandırmaktadır. Ancak İHA'nın sahip olduğu kameranın özellikleri sebebi ile elde edilen görüntünün kalitesi yer ile İHA arasındaki mesafe arttıkça azalacaktır. Buradaki maksat görüntü kalitesinden ve görülen kesitin genişliğinden taviz vermeden optimum bir sonuç elde etmektir. İHA'nın video kamerası aracılığı ile elde ettiği veri seti otonom aracın ana bilgisayarlarında işlenecektir. İşlenen veriden negatif engel olarak tespit edilen veriler aracın göstereceği reaksiyon için kıymetlendirilecektir. Aynı anda birden fazla engel tespit edilmesi durumunda ana bilgisayar, engellerin büyüklüğüne ve aracın manevra kabiliyetine göre önceliklendirme yapacaktır.

Şekil 3.1'de İHA ile arazinin tanımlanması ve tanımlanan arazinin sınıflandırılması gösterilmektedir. Aynı metodoloji otonom aracın seyir halinde kullanacağı off-road adlı arazi yolları için de geçerlidir. İHA'dan alınan veriler ile negatif engellerin tespit yeteneği Harris Köşe Algoritmasına dayanmaktadır. Harris Köşe Algoritması, çevreleyen komşulukta birden fazla yöndeki kenarları gösteren ilgi noktalarının bulunmasıdır ve bunlar görüntünün köşeleri olarak nitelendirilirler (URL-5).



**Şekil 3.1:** Harris Köşe Algoritması kullanarak İHA ile haritalandırma

**Kaynak:** <https://imneko-consulting.web.app/>



**Şekil 3.2:** Hough Transform Görüntü İşleme Yöntemi ile Daire ve Amorf Şekil Tespiti

**Kaynak:** Ahmet Çelik, Emre Tekin, Hough Transform Görüntü İşleme Yöntemiyle Ekim Makineleri için Tohum Sayma Uygulaması, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Özel Sayı, S. 260-267, Türkiye, Nisan 2020

### 3.1.2. Veri Seti Özellikleri

Bir köşegene sahip olmayan, amorf biçimdeki veya dairesel yapıdaki engeller Hough Transform Görüntü İşleme Yöntemi ile işlenebilmektedir (Şekil 3.2). Bu yöntemlerin yanı sıra arazideki renk, kontrast farklılıklarını algılayan spektral oranlama, zıtlık artırma, histogram dengeleme, parlaklık değiştirme görüntülerin sınıflandırılmasında kullanılmıştır (URL-6). Sınıflandırılan tüm veriler doğruluk analizi yapılması için matrislere ayrılır. Sınıflandırma için kullanılan ölçüt Kappa

(K) katsayısıdır, Kappa katsayısı şu şekilde hesaplanır (Ulusal Açık Ders Malzemeleri Konsorsiyumu, 2010):

$$\kappa = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}$$

Burada;

$r$  = Sınıf sayısı

$x_{ii}$  = Hata matrisinin köşegen elemanları

$x_{i+}$  = Satır toplamı

$x_{+i}$  = Sütun toplamı

$N$  = Hata matrisindeki toplam hücre sayısıdır.

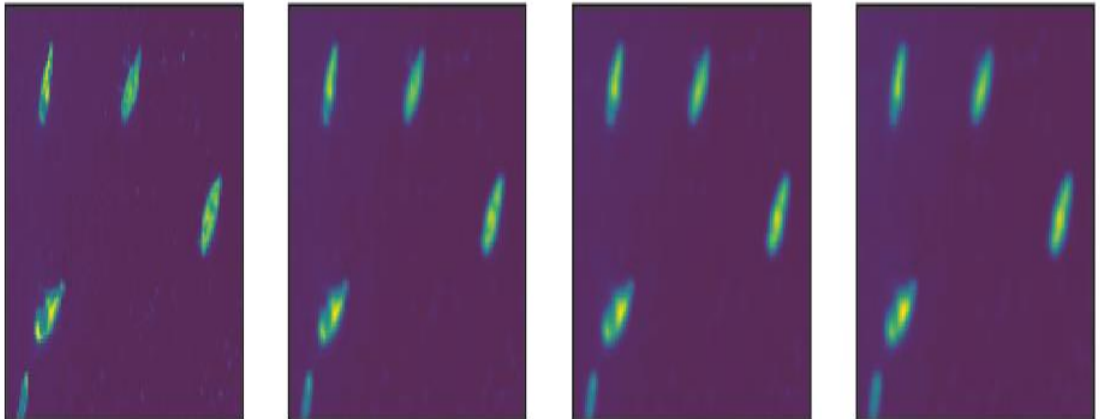
Tüm veri setleri hazırlandıktan ve sınıflara ayrıldıktan sonra makine öğrenmesinin gerçekleşmesi için girdiler Evrişimli Yapay Sinir Ağına (CNN) gönderilir. CNN de görüntüleri, üzerindeki gürültüyü gizli katmanda azaltır ve bir sonraki katmana gönderir.

$C = (f * g) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\eta)g(t - \eta) d\eta$  olarak tanımlandığı, CNN'nin geliştirdiği haritalandırma çıktısı

$$H(x, y) = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} I(x + i - ai, y + j - aj) K(i, j)$$

$$i=0 \sum_{j=0}^{M-1}$$

$j=0 I(x + i - ai, y + j - aj) K(i, j)$  olarak elde edilir. Şekil 3.3'te CNN aracılığıyla elde edilen, gürültüsü azaltılmış görüntüler görülmektedir.



**Şekil 3.3:** Gürültü Giderme İçin 5x5 Çekirdeklerde 3 Adımlı İşlem

**Kaynak:** Moisés Lodeiro-Santiago, Pino Caballero-Gil, Ricardo Aguasca-Colomo, Cándido Caballero-Gil, Secure UAV-Based System to Detect Small Boats Using Neural Networks, Hindawi Complexity Volume, ABD, 2019

### 3.1.2.1. Matlab

Bir MATLAB (matrix laboratory), çok paradigmalı sayısal hesaplama yazılımı ve dördüncü nesil programlama dilidir. Sahipli bir programlama dili olan MATLAB, MathWorks tarafından geliştirilmektedir. MATLAB kullanıcıya, matris işleme, fonksiyon ve veri çizme, algoritma uygulama, kullanıcı arayüzü oluşturma, C, C++, Java, ve Fortran gibi diğer dillerde yazılmış programlarla arabağlama imkânı sunar.

MATLAB, öncelikli olarak sayısal işleme yönelik üretilmiş olmasına rağmen, isteğe bağlı olarak sembolik hesaplama yapabilen MuPAD sembolik motorunu kullanır. Ek paket, dinamik ve gömülü sistemler için Simulink'i, grafiksel çoklu alan simülasyonunu ve model tabanlı tasarımı ekler.

2004'te, MATLAB akademik ve endüstriyel alandaki kullanıcı sayısı bir milyon civarındaydı. MATLAB kullanıcıları mühendislik, bilim, ve ekonomi gibi çeşitli alanlardan gelmektedir. MATLAB, yaygın olarak akademik ve araştırma kurumlarında olduğu kadar endüstriyel işletmelerde de çok kullanılmaktadır (Wikipedia, 2023).

### 3.1.2.2. Unity

Unity, öncelikli olarak bilgisayarlar, konsollar ve mobil cihazlar için video oyunları ve simülasyonları geliştirmek için kullanılan ve Unity Technologies tarafından geliştirilen çapraz platform bir oyun motorudur (Ricciello, John (October 23, 2014). "John Ricciello sets out to identify the engine of growth for Unity Technologies (interview)"). İlk kez yalnızca Apple'ın 2005'teki Worldwide Developers Conference'da OS X için ilan edildi, bu tarihten itibaren 27 platformu hedeflemek üzere genişletildi. Unity oyun motoru; film sektörü, otomotiv sektörü, mimari, mühendislik ve inşaat gibi video oyunları dışındaki farklı endüstriler tarafından da benimsenmiş ve kullanılmaktadır.

Unity'nin altı ana sürümü yayınlandı. 2006 WWDC gösterisinde Apple, Unity'yi En İyi Mac OS X Grafik Kullanımı kategorisinde birinci olarak seçti.

Unity motoru ile yazılmış oyunlara örnek olarak Battlestar Galactica Online, Firewatch, Unturned, Layers of Fear, Armello, The Long Dark ve Traffic Racer verilebilir. Ayrıca Unity'nin değiştirilmiş sürümünü kullanan Pillars of Eternity ve Tyranny de bu motor kullanılarak yapılan rol yapma oyunlarından.

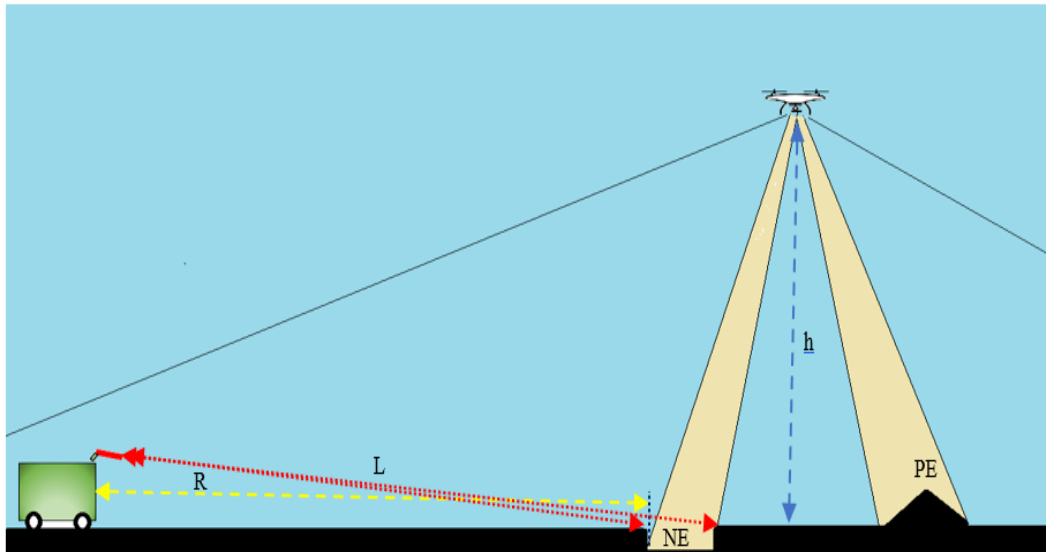
Unity, piyasaya sürülmesinden bu yana birçok yeni sürüm ve yenilik yayınlamaktadır. Platformun sunduğu en son kararlı sürüm 2019.3.13'tür ve Mayıs 2020'de piyasaya sürülmüştür (Wikipedia, 2023).

### 3.2. İHA'nın Otonom Araç ile Hareket Kabiliyetine Dayanan Sistem Yapısı

Otonom aracın arazi koşullarında negatif engellere takılmadan hareket edebilmesi için uygulanacak metodolojiyi önceki bölümde anlatmıştık. Bu bölümde ise İHA'nın hareket eden otonom araç üzerindeki platformdan otonom iniş ve kalkışını anlatacağız. Sırasıyla İHA ile negatif engel tespitinin sistem mimarisi, İHA'nın hareket kabiliyetleri, otonom aracın hareket eksenleri ve otonom araç ile İHA arasındaki haberleşme bağlantı mimarisi üzerinde duracağız.

#### 3.2.1. İHA ile negatif engel tespit mimarisi

Bir hava aracının, aerodinamik bilimi gereği bir mesafeyi kara aracından daha kısa sürede kat ettiği malumdur. Dolayısıyla otonom aracımız ile İHA arasındaki senkronizasyonun kopmaması için İHA, otonom aracın önünde ve etrafında dolaşan bir uydu gibi hareket etmelidir. İHA, otonom aracın ivmeli hareketlerine ve manevralarına göre kendini konumlandırmalıdır. Otonom aracın zamanında ve doğru reaksiyon gösterebilmesi için daima arazi taramasını mutlak doğrulukta ve önleme verecek şekilde yapmalıdır.



Şekil 3.4: Sistem Mimarisi

Şekil 3.4'te İHA ile otonom aracın senkronize hareketine dayalı sistem mimarisi görülmektedir. İHA'nın tespit ettiği, NE ile negatif engel, PE ile pozitif engel görülmektedir. R otonom araç ile engel arasındaki mesafeyi, L araç üzeri LIDAR sensör sistemi ile engelin tespitini, h ise yol ile İHA arasındaki yüksekliği göstermektedir. Şekilden de anlaşılacağı gibi İHA'nın yukarıdan görüş açısının geniş olması sebebiyle hedef tespit yeteneğinin oldukça yüksek olduğundan bahsedebiliriz. Buna karşın LIDAR sensör sistemi hem daha kısıtlı görüş açısı hem de engelin yüksekliğini algılayamaması sebebiyle daha düşük bir tespit yeteneğine sahiptir. Bu durum da negatif engelin düzgün teşhis edilememesi ve otonom aracın duruma uygun reaksiyon gösterememesi anlamına gelmektedir.

Kurduğumuz sistem mimarisi “tespit, teşhis, tepki ve rapor” sıralı terminoloji ile hareket edecektir. İHA'nın sahip olduğu kamera aracılığı ile görüntü alması “tespit” işlemidir. “Teşhis” işlemi, alınan görüntülerin teşhis edilmek üzere otonom aracın ana bilgisayarına gönderilmesidir. Teşhis edilen negatif engelin niteliğine göre otonom araç “teпки” adını verdiğimiz eylemi gerçekleştirecektir. Tüm işlem sırası başarıyla gerçekleştikten sonra otonom araç, aracın ceridesine gereken kaydı oluşturarak “rapor” işlemini gerçekleştirecektir.

### **3.2.2. İHA'nın hareket kabiliyeti**

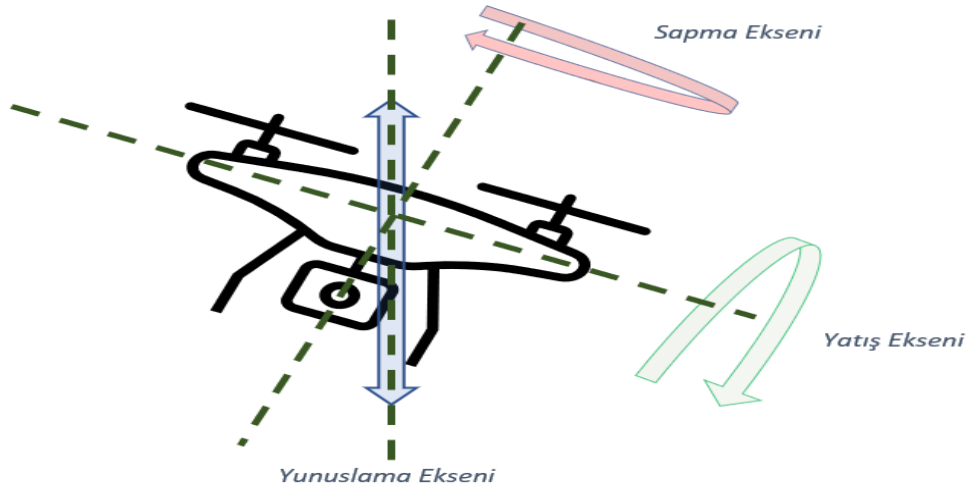
Çalışmamızda kullanacağımız İHA'nın drone tabir edilen döner kanatlı İHA olduğundan bahsetmiştik. Buradaki esas maksadımız, sabit kanatlı bir İHA'dan farklı olarak döner kanatlı İHA'nın sabit bir platform üzerine iniş ve kalkış yapabilmesi ile negatif engel tespiti için havır pozisyonunda bulunabilmesi, 3 eksendeki hareketinin anlık ve hızlı olmasıdır. Havır pozisyonu, döner kanatlı hava araçlarının dikey ekseninde, bulunduğu pozisyonu muhafaza ederek asılı kaldığı pozisyonudur. Şekil 3.5'te havır pozisyonunda bekleyen bir İHA görülmektedir.



**Şekil 3.5:** İHA'nın Havır Pozisyonu

**Kaynak:** Microsoft Word, Office 360, Microsoft Corporation, California, ABD, 2021

Hava araçları 3 eksen tabir edilen uzunlamasına (x), yanal (y) ve dikey (z) eksenlerinde hareket kabiliyetine sahiptir. İHA bu sayede, sağa-sola sapma (istikamet değişikliği), yukarı-aşağı yunuslama (dikey hareket), sağa-sola yatış (dönüş) hareketlerini gerçekleştirebilmektedir.



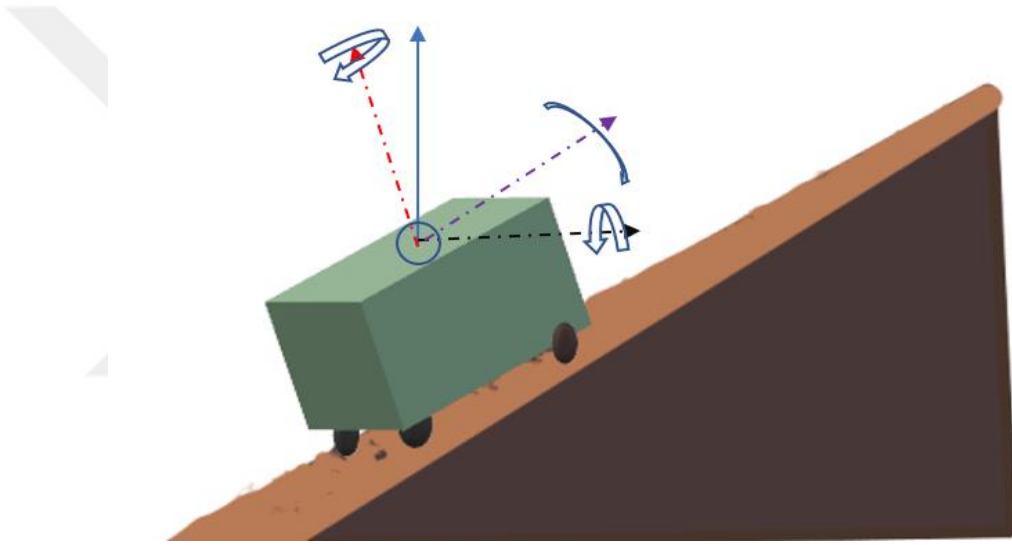
**Şekil 3.6:** İHA'nın Hareket Eksenleri

### 3.3. Otonom Aracın Hareket Eksenleri

Kara taşıtları, bilindiği üzere motorun ürettiği itki kuvveti aracılığı ile ileri ve geri hareket kabiliyetine sahiptir. Ön tekerlekler (paletli sistemlerde palet

dişlileri) aracın rotasının belirlenmesini sağlar. Aynı esaslar otonom araç için de geçerlidir.

Otonom araç, düz bir zemin üzerinde yalnızca iki eksenli duruş sergilerken yanal ve uzunlamasına meyil söz konusu olduğunda dünya zeminine göre mutlak uzay boşluğunda farklı konumlanmaktadır. Şekil 3.7’de, aracın arazi koşullarındaki duruşu görölmektedir. Dünya merkezine dik bir eksen ile aracın merkezinden, meyilden kaynaklı bir eksen arasında açısal farklılık bulunmaktadır. Bu farklılık İHA’nın aracın üzerindeki platforma inişini etkilemektedir. Otonom araç dünya merkezi eksenine göre dik durduğunda açısal farklılık oluşmayacağından dolayı İHA düz bir platformdaki gibi iniş gerçekleştirebilecektir.



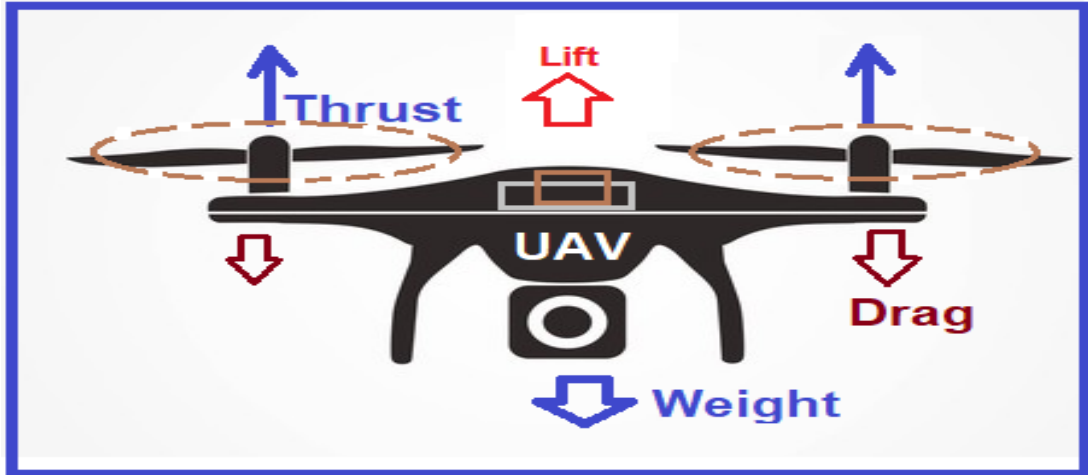
**Şekil 3.7:** Otonom Aracın Arazideki Hareket Eksenleri

## 4. BULGULAR

Bu bölümde otonom aracın, hareket halindeyken dünya eksenine göre açısal farklılıklarını göz önünde bulundurarak algılayan ve buna göre pozisyon alan İHA'nın iniş ve kalkış algoritması ile otonom araç ve İHA arasındaki veri bağlantısı üzerinde duracağız.

### 4.1. İHA'nın İniş ve Kalkış Algoritması

Öncelikli hedef, İHA'nın araç üzerindeki platforma göre pozisyon alması, sorunsuz ve kısa zamanda inişini gerçekleştirmesidir. Döner kanatlı tüm hava araçlarında olduğu gibi çalışmamıza konu olan İHA sistemi de havır özelliğinden dolayı dikey kalkış yapabilmektedir. Kalkış için esas olan İHA'nın VL (Velocity of Lift) kalkış hızına ulaşmasıdır. Bundan ötürü, kalkışın sabit veya hareketli platformdan yapılacak olması fark etmeyecektir. Dolayısıyla kalkış için ayrı bir sistem modeli gerekmemektedir.



Şekil 4.1: İHA'ya Etki Eden Kuvvet Birleşenleri

Kaynak: <https://cfdflowengineering.com/working-principle-and-components-of-drone/>

İHA sistemindeki kaldırma kuvvetinin formülü:

$$L = 1/2 d V^2 \times S \times CL \text{ 'dir.}$$

Burada;

L = Lift (kaldırma kuvveti)

d = Density (havanın yoğunluğu)

V = Velocity (hava aracının birim zamandaki hızı)

S = Wing area (hava aracının kanat yüzeyinin alanı)

CL = Coefficient of lift (kaldırma kuvveti katsayısı)

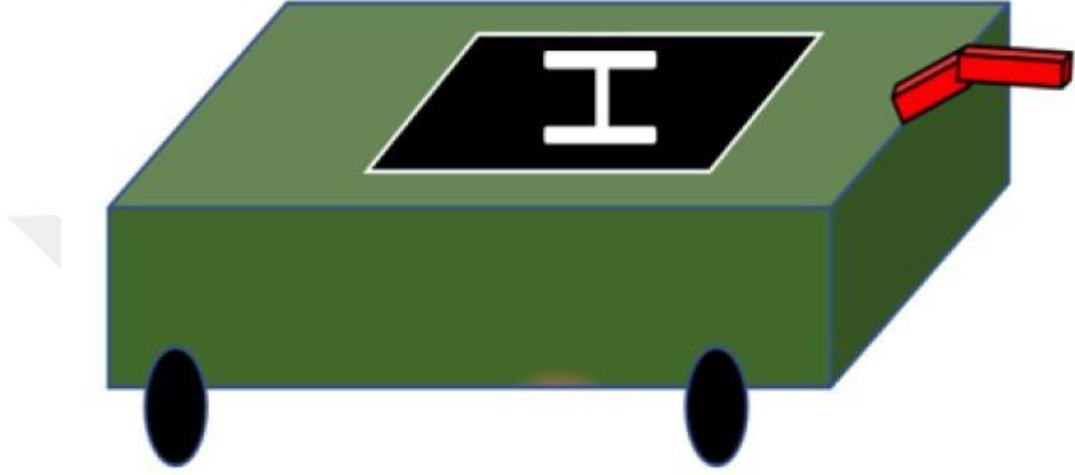
İHA'nın Şekil 4.1'de görüldüğü gibi maruz kaldığı 4 kuvvet birleşeni vardır. İHA'nın ağırlığı (weight) ve sürtünme (drag) kuvveti toplamının İHA'nın itki (thrust) ve kaldırma (lift) kuvveti toplamına eşit olması durumunda İHA havır (askı) pozisyonunda, fazla olması durumunda alçalma, yüksek olması durumunda ise tırmanma hareketi söz konusudur. İHA'nın yatay eksenindeki (ileri, geri ve yana manevra) hareketi itki kuvvetinin etkinliğine bağlıdır. İHA'nın iniş ve kalkışı, kaldırma kuvvetinin birleşenlerine bağlı olarak değişmektedir.

İHA'ların sahip olduğu algoritmada “eve dönüş modu” bulunmaktadır. Ancak bu mod, GPS üzerinden alınan veriler aracılığıyla sabit bir platforma iniş için geçerlidir. Otonom aracımız ise sürekli konum değiştirdiğinden dolayı, üzerindeki platforma “eve dönüş modu” ile iniş gerçekleştirmek mümkün değildir. Bu zafiyeti gidermek amacıyla Harris köşe tanıma algoritması kullanılacak, İHA'nın aracın üzerindeki platforma inişi yapay sinir ağı marifetiyle yapay zekâ modelimize öğretilacaktır.

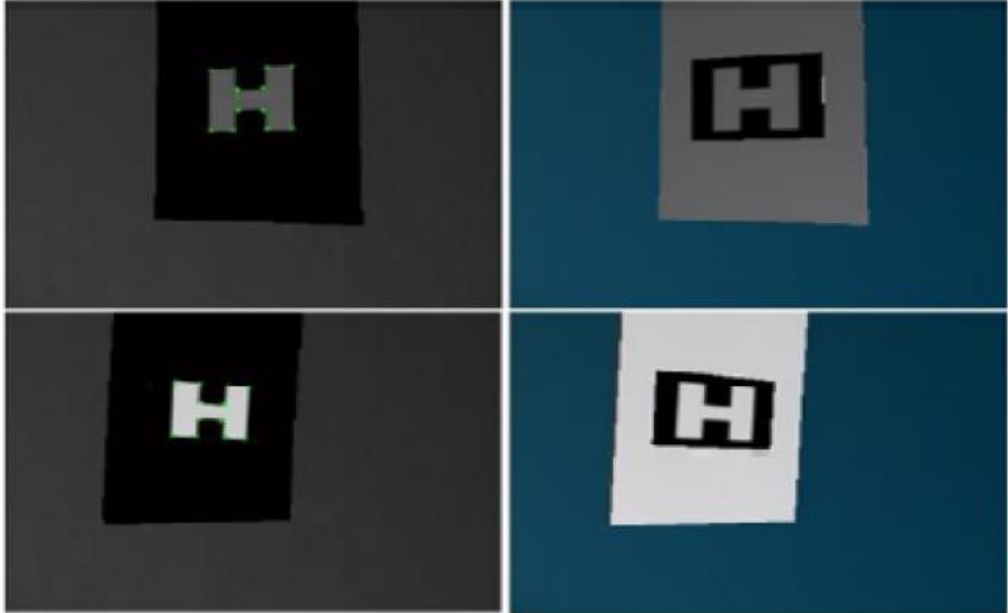
Şekil 4.2. ve Şekil 4.3'te otonom aracımızın üzerine yapılmış iniş platformu görülmektedir. 12 köşeli H harfi, İHA'nın köşe tanıma algoritması yardımıyla iniş için pozisyon almasını sağlamaktadır. Padraic Moriarty ve ark.nın13 Matlab ve Unity programları aracılığıyla yaptıkları, bir gemi platformuna inişin gerçekleştiği benzer çalışma şu şekildedir:

Tan Sigmoid fonksiyonu kullanılmış, 20 girdili, 15 gizli nöronlu ve 1 çıktılı yapay sinir ağı oluşturulmuştur. 100 metre aralıklarla her bir örnek için toplamda 500 metrelik, her bir inişin 5 saniyede gerçekleşen 15 deneme yapılmıştır. Buna

göre modelin 12 köşeli H'yi tanması için Matlab ve Unity programlarında elde edilen fark %0,3'tür. YSA (yapay sinir ağı)'nın Şekil 4.4.'te görüldüğü gibi 0.99903'lük yüksek bir regresyon oranı ile eğitildiği görülmüştür. YSA +/- 2.15°'lik doğru bir tahmin ile başarılı iniş gerçekleştirmiştir. YSA'nın %99,3 gibi yüksek bir oranla 5 saniyelik inişleri gerçekleştirdiği görülmüştür (Moriarty ve diğ., 2017).

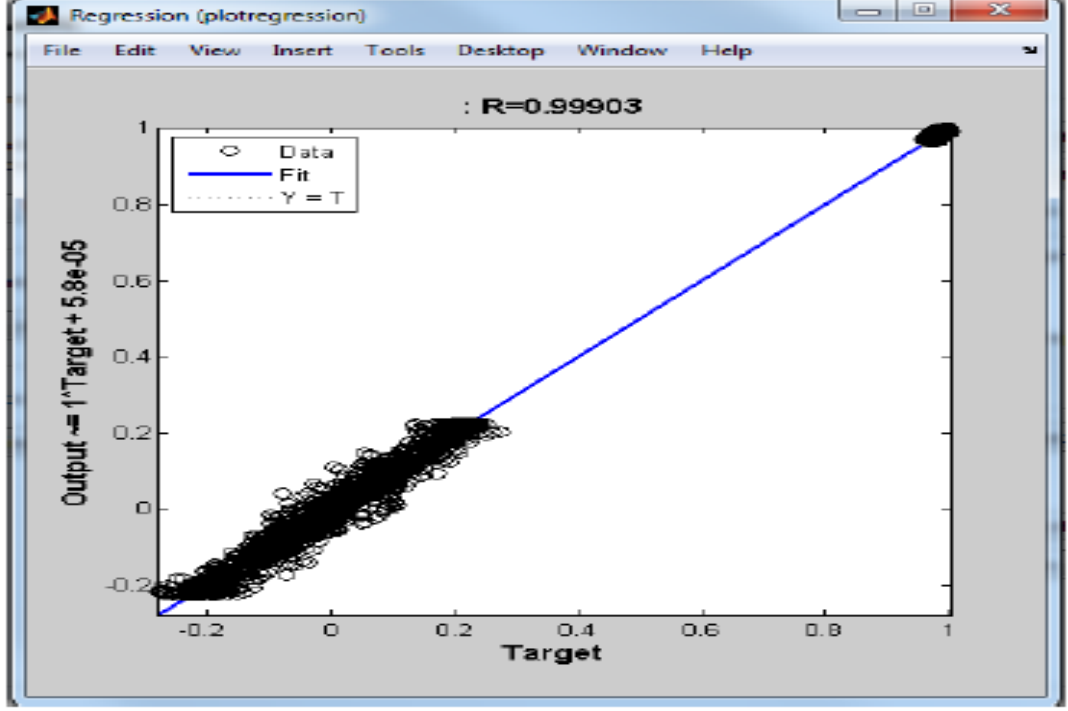


Şekil 4.2: Otonom Aracın Üzerindeki İHA'nın İniş Platformu



Şekil 4.3: İniş Platformunun Algılanması

**Kaynak:** Padraic Moriarty, Dr. Robert Sheehy, Dr. Pat Doody, Neural Networks to Aid the Autonomous Landing of a UAV on a Ship, Intelligent Mechatronics and RFID (IMaR), Institute of Technology, Tralee, Co. Kerry, İrlanda, 2017

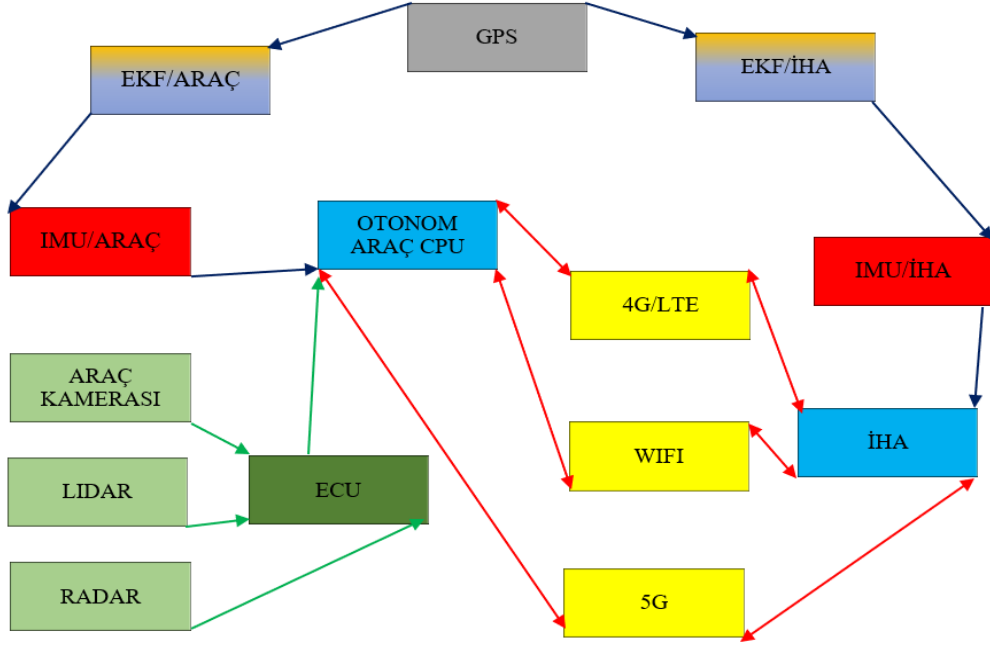


**Şekil 4.4:** YSA'nın Regresyon Sonucu

**Kaynak:** Padraic Moriarty, Dr. Robert Sheehy, Dr. Pat Doody, Neural Networks to Aid the Autonomous Landing of a UAV on a Ship, Intelligent Mechatronics and RFID (IMaR), Institute of Technology, Tralee, Co. Kerry, İrlanda, 2017

#### 4.2. Otonom Araç ile İHA Arasındaki Veri Bağlantısı

Otonom araç ile İHA arasındaki veri bağlantısı 3 yedekli sistem ile kurgulanmıştır. 4G/LTE, WIFI ve 5G'ye dayalı bağlantının yedeklenmesinin amacı, veri aktarımı sağlanan bağlantının kopması veya yavaşlaması durumunda başka bir bağlantı elemanına geçiş yapılmasıdır. Otonom araç ve İHA için veri bağlantısı hiyerarşik bütünlük içindedir. Şekil 4.5'te hiyerarşik bütünlük görülmektedir. Hem otonom araçta hem de İHA'da bulunan IMU (Inertial Measurement Unit) İşlemcileri ve EKF (Extended Kalman Filter) Filtreleri GPS'ten gelen verileri işlerken ECU (Electronic Control Unit) araç sensörlerinden gelen verileri toplamaktadır.



Şekil 4.5: Veri Bağlantı Döngüsü

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızın başarısında çok önemli rol oynayan etmen İHA üzerindeki kamera sisteminin görüntü kaydını sıhhatli yapması ve aktardığı verilerin CPU tarafından başarılı görüntü analizine dönüştürülmesidir. İHA'nın kamerasından görüntü kalitesinin artmasının görüntü analizini olumlu etkileyeceği aşikârdır. Görüntü analizindeki yeni gelişmelerin negatif engel tespit algoritmasına aktarılması gerekmektedir.

Çalışmada, İHA'nın otonom araç üzerindeki platforma otonom inişinden ziyade, araç hareket halindeyken otonom inişi üzerinde durulmuştur. Bunun esas sebebi; günümüzde döner kanatlı mini İHA'ların güç bataryalarının kısa sürede tükenecek olmasından kaynaklanmaktadır. İHA'nın havalanıp görevini belirli periyotlarda yaptıktan sonra, diğer bir deyimle yol üzerindeki belirli mesafeye kadar taramayı gerçekleştirdikten sonra araca iniş yapması gerekmektedir. Araca iniş yapan İHA uyku pozisyonuna geçerek maksimum güç tasarrufu yapacaktır. Ayrıca İHA'nın üzerine eklenebilecek bir elektrik bağlantısı ve otonom aracın güç alternatörlerinden sağlanan elektrik ile platform üzerine kurulacak bir soket tarafından her iniş gerçekleştiğinde İHA'nın güç bataryalarına gereken gücün sağlanabileceği düşünülmektedir.

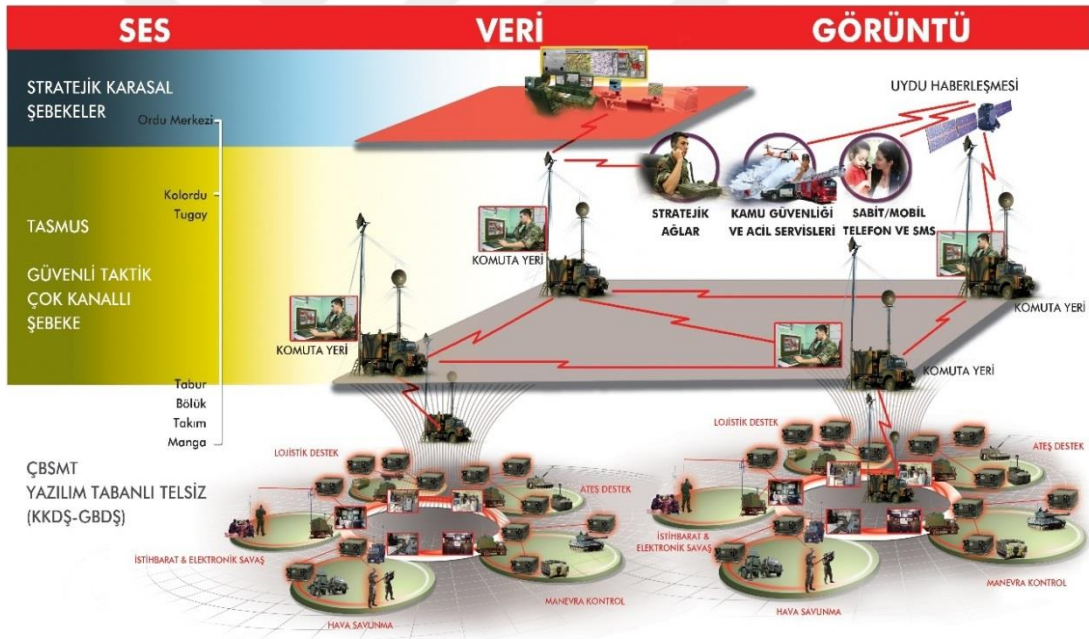
Yapay Sinir Ağı ile kurulan modelin Matlab üzerindeki başarısı 0.99903'lük oranla yüksek çıkması memnuniyet vericidir. İHA'nın platforma inişinde +/- 2.15o'lik bir hata ile inmesi, PID kontrol algoritmaları ile iniş yapan, daha düşük seviye otomasyon İHA sistemlerine göre kayda değer başarıdır. Kurulan yapay sinir ağı modelinin, iterasyon sayısı arttıkça daha yüksek oranda öğrenme başarısı göstereceği değerlendirilmektedir.

Otonom aracın arazideki ilerleyişi esnasında hareket sönümleyici süspansiyon sistemleri de aracın dünya merkezi eksenine göre daha dik hareket etmesine yardımcı olabilir. Bu durum da İHA'nın daha düz bir platforma iniş yapabilmesine olanak tanır.

Bunların yanı sıra, otonom aracın üzerine eklenecek, jiroskop sistemi ile yanal, dikey ve uzunlamasına stabilizasyon sağlayacak bir kaide ile İHA'nın sürekli düz (meyilsiz) bir zemine inişi sağlanabilecektir.

Bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler ışığında CPU ve mikro işlemcilerin etkinliğinin artacağı, bu sayede tespit, teşhis, tepki, rapor işlem sırasının daha süratli ve doğru gerçekleşeceği görülmektedir.

Kurulan sistemde otonom araç ile İHA arasındaki veri bağlantısını sağlayan sayısal tabanlı hücresel sistemler ile WIFI bağlantısı da telekomünikasyon alanındaki gelişmelere paralel olarak gelişmeye devam edecektir. Sistem modelinin askeri maksatla kullanılacağı da düşünülürse telsiz röleleri üzerinden sayısal haberleşme sağlayan TASMUS (Taktik Saha Muhabere Sistemi) ve uydu haberleşmesi sağlayan diğer sistemler aracılığıyla kriptolu veri transferinin yapılabileceği değerlendirilmektedir.



**Şekil 5.1: TASMUS Altyapısı**

**Kaynak:** <https://www.savunmasanayist.com/aselsandan-tskya-tasmus-teslimati/>

## KAYNAKLAR

- Ackerman E.** (2017). Toyota's Gill Pratt on Self-Driving Cars and Reality of Full.
- Ahmet Çelik, Emre Tekin.** (2020). Hough Transform Görüntü İşleme Yöntemiyle Ekim Makineleri için Tohum Sayma Uygulaması, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Özel Sayı, S. 260-267.
- Bacha, A.** (2008). Odin: Team VictorTango's entry in the DARPA Urban Challenge. *J. Field Robot.* 25, 467–492.
- Funda Akar, Kamil Orman.** (2020). Otonom Kara Araçlarındaki Görüş Sistemlerinin İncelenmesi, 3. Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri Konferansı, İzmir, Türkiye.
- Gijs Dubbelman, Wannes van der Mark, Johan C. van den Heuvel, Frans C.A. Groen.** (2007). Obstacle Detection during Day and Night Conditions using Stereo Vision, International Conference on Intelligent Robots and Systems San Diego, CA, ABD.
- Grush, B.** (2016). Driverless Cars Ahead: Ontario Must Prepare for Vehicle Automation. Residential and Civil Construction Alliance of Ontario (RCCAO).
- Martínez-Díaz, M., & Soriguera, F.** (2018). Autonomous vehicles: theoretical and practical challenges. *Transportation Research Procedia*, 33, 275-282.
- Mh'D Yakub Abualhoul, Edgar Talavera, Fawzi Nashashibi.** (2018). The Use of Lane-Centering to Ensure the Visible Light Communication Connectivity for a Platoon of Autonomous Vehicles, Conference: 2018 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety ICVES2018, At: Madrid, Spain.
- Microsoft Word.** (2021). Office 360, Microsoft Corporation, California, ABD.
- Moisés Lodeiro-Santiago, Pino Caballero-Gil, Ricardo Aguasca-Colomo, Cándido Caballero-Gil.** (2019). Secure UAV-Based System to Detect Small Boats Using Neural Networks, Hindawi Complexity Volume, ABD.
- Padraic Moriarty, Dr. Robert Sheehy, Dr. Pat Doody.** (2017). Neural Networks to Aid the Autonomous Landing of a UAV on a Ship, Intelligent Mechatronics and RFID (IMaR), Institute of Technology, Tralee, Co. Kerry, İrlanda.
- Ryan D. Morton and Edwin Olson.** (2011). Positive and Negative Obstacle Detection using the HLD Classifier, Intelligent Robots and Systems, September 25-30, San Francisco, CA, ABD.
- Stefano Debastiti.** (2012). Perception Tasks: Obstacle Detection, Handbook of Intelligent Vehicles, S. 1033–1041, İtalya.

- Taraba, M., Adamec, J., Danko, M., & Drgona, P.** (2018). Utilization of modern sensors in autonomous vehicles. In *2018 ELEKTRO*(pp. 1-5). IEEE.
- Ulusal Açık Ders Malzemeleri Konsorsiyumu.** (2010). Uzaktan Algılamaya Giriş, Ünite 7 – Görüntü Analizi, Türkiye.
- Vlacic, L., Parent, M., & Harashima, F.** (2001). *Intelligent vehicle technologies*. Elsevier.
- Vishwanathan, R., Weckler, P. R., Solie, J. B., & Stone, M. L.** (2005). Evaluation of ground speed sensing devices under varying ground surface conditions. In *2005 ASAE Annual Meeting* (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Zeyu Zhong, Zhiling Wang, Linglong Lin, Huawei Liang.** (2020). Fengyu Xu, Robust Negative Obstacle Detection in Off-Road Environments Using Multiple LiDARs, 6th International Conference on Control, Automation and Robotics, Çin.

### İnternet

- URL – 1:** <https://www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-%E2%80%9Clevels-of-driving-automation%E2%80%9D-standard-for-self-driving-vehicles>
- URL – 2:** <https://imneko-consulting.web.app/> (06.07.2023)
- URL – 3:** <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/turkiyenin-uzaktan-kumandali-piyadeleri-geliyor/1328915/> (05.12.2018)
- URL – 4:** <https://www.technologyreview.com/2018/10/24/139313/a-global-ethics-study-aims-to-help-ai-solve-the-self-driving-trolley-problem/> (24.10.2018)
- URL – 5:** <https://prezi.com/akjnevs9jmjq/harris-kose-aglama-1988-ylnda-c-harris-ve-mj-stephens/> (20.12.2015)
- URL – 6:** [https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani\\_3fc8b.pdf](https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_3fc8b.pdf) / (06.07.2023)
- URL – 7:** <https://www.technologyreview.com/2018/10/24/139313/a-global-ethics-study-aims-to-help-ai-solve-the-self-driving-trolley-problem/> (24.10.2018)
- URL – 8:** <https://www.renesas.com/us/en/blogs/why-do-we-need-radar/> (28.07.2021)
- URL – 9:** <https://www.allaboutcircuits.com/news/solid-state-LiDAR-is-coming-to-an-autonomous-vehicle-near-you/> (20.02.2018)
- URL – 10:** <https://www.smallworldsocial.com/autonomous-cars-sensors-the-mysteries-of-gps/> (07.03.2017)
- URL – 11:** <https://www.microcontrollertips.com/inertial-measurement-units-will-keep-self-driving-cars-on-track-faq/> (15.08.2018)
- URL – 12:** <https://www.iiot-world.com/artificial-intelligence-ml/artificial-intelligence/five-challenges-in-designing-a-fully-autonomous-system-for-driverless-cars/> (14.06.2023)
- URL – 13:** <https://inrix.com/blog/ultrasonic-sensor-parking-availability-technology/> (02.07.2023)

**URL – 14:** <https://cfdflowengineering.com/working-principle-and-components-of-drone/> (30.06.2023)

**URL – 15:** <https://www.savunmasanayist.com/aselsandan-tskya-tasmus-teslimati/> (06.07.2023)



## **ÖZGEÇMİŞ**

### **ÖĞRENİM DURUMU:**

- Lise: Işıklar Askeri Lisesi 1999-2003
- Lisans: Milli Savunma Üniversitesi Kara Harp Okulu Sistem Mühendisliği 2003-2007
- ATPL (A) – Havayolu Nakliye Pilot Eğitimi: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü 2017-2020
- Yüksek Lisans: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat/İşletme YL 2012-Henüz Mezun Olunmadı

### **MESLEKİ DENEYİM:**

- TSK ve NATO – 2007 - 2020 Yöneticilik, Pilotluk
- Davut Air – 2020 Pilot
- Consulta Yönetim ve Teknoloji Danışmanlığı – Strateji ve Operasyon Proje Müdürü – 2021-2023
- NOVAMAR GmbH – Yönetici Ortak, Devam Etmekte