



**BATARYA ELEKTRİKLİ ARACIN DERİN
ÖĞRENME VE GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE OTONOM
DENETİMİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

**2020
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

Abdulhamit SEVGİ

Prof. Dr. Raif BAYIR

**BATARYA ELEKTRİKLİ ARACIN DERİN ÖĞRENME VE GÖRÜNTÜ
İŞLEME İLE OTONOM DENETİMİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

Abdulhamit SEVGİ

Prof. Dr. Raif BAYIR

T.C.

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Ocak 2020

Abdulhamit SEVGİ tarafından hazırlanan “BATARYA ELEKTRİKLİ ARACIN DERİN ÖĞRENME VE GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE OTONOM DENETİMİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Raif BAYIR

Tez Danışmanı, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Dr. Öğr. Üyesi Emel SOYLU

2. Tez Danışmanı, Samsun Üniversitesi



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 20/01/2020

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Raif BAYIR (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Emel SOYLU (SAMÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ferhat ATASOY (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Hilmi AYGÜN (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ALBAYRAK (DÜ)



...../...../2020

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü





“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Abdulhamit SEVGİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BATARYA ELEKTRİKLİ ARACIN DERİN ÖĞRENME VE GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE OTONOM DENETİMİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Abdulhamit SEVGİ

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Raif BAYIR

Ocak 2020, 98 sayfa

Gelişen batarya teknolojisi ile batarya elektrikli araçlarla uzun mesafe yolculukları mümkündür. Bu sebeplerle elektrikli araçlara olan ilgi giderek artmaktadır. Batarya elektrikli araçların gelişmesiyle bu araçların otonom hareketinin sağlanması büyük önem arz etmektedir. Otonom, batarya elektrikli araç geliştirmenin amacı olası trafik kazalarını en aza indirmek ve sürücü açısından daha konforlu ve güvenli sürüş sağlamaktır. Bu çalışmada sürücüsüz araç yazılımları geliştirmek için küçük boyutlu akülü bir araç üzerinde modifiyeler yapılarak test düzeneği oluşturulmuştur. OpenCV kütüphanesi ile birlikte görüntü işleme yöntemi kullanılarak Canny hough estimation of. vanishing points (CHEVP) algoritması ile şerit takibi sistemi gerçekleştirilmiştir. Tabela tanıma sistemi derin öğrenme yöntemlerinden evrişimsel sinir ağının transfer öğrenmesi yöntemi kullanılarak geliştirilmiştir. Yazılım testleri deney düzeneği boyutlarına göre tasarlanan pist üzerinde aracın gerçek zamanlı kontrolü yapılmaktadır. Deneysel çalışmalarda otonom sürüş için tasarlanan şerit takibi ve

tabela tahmini görevlerinin yüksek doğrulukta yapıldığı görülmektedir.

Anahtar Sözcükler : Batarya elektrikli araç, Otonom sürüş, Derin öğrenme, Evrişimsel sinir ağları, Transfer öğrenmesi, Görüntü işleme, OpenCV, Güvenli sürüş, Gerçek zamanlı kontrol.

Bilim Kodu : 92907



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

REALIZATION OF AUTONOMOUS CONTROL BY BATTERY ELECTRIC VEHICLE DEEP LEARNING AND IMAGE PROCESSING

Abdulhamit SEVGİ

Karabük University

Institute of Graduate Programs

Department of Mechatronics Engineering

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Raif BAYIR

January 2020, 98 pages

With the developing battery technology, long distance trips are possible with battery electric vehicles. For these reasons, interest in electric vehicles is gradually increasing. With the development of battery electric vehicles, ensuring the autonomous movement of these vehicles is of great importance. The aim of developing autonomous, battery electric vehicles is to minimize possible traffic accidents and provide more comfortable and safe driving for the driver. In this study, modifications were made on a small battery powered vehicle in order to develop driverless vehicle software and a test setup was created. Canny hough estimation of using image processing method in conjunction with the OpenCV library. Lane tracking system was implemented with the vanishing points (CHEVP) algorithm. Signage recognition system has been developed by using the transfer learning method of the convolutional neural network, which is one of the deep learning methods. Real-time control of the vehicle is carried out on the track, which is designed according to the dimensions of software tests, experimental

setup. In experimental studies, it is seen that lane tracking and signage estimation tasks designed for autonomous driving are performed with high accuracy.

Key Word : Battery electric vehicle, Autonomous driving, Deep learning, Convolutional neural networks, Transfer learning, Image processing, OpenCV, Safe driving, Real-time control.

Science Code : 92907



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Prof. Dr. Raif BAYIR 'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışması sürecinde bilgi, birikim ve tecrübelerini esirgemeyen sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Emel SOYLU 'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sevgili Aileme madden manen hiçbir yardımı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

Karabük Üniversitesi KBÜELAR elektrikli araç ve RoboTaksi takımına bütün içtenliğimle teşekkürlerimi sunarım.

KBÜBAP-18-YL-163 proje numaralı, Batarya Elektrikli Aracın Derin Öğrenme ve Görüntü İşleme ile Otonom Denetiminin Gerçekleştirilmesi isimli bu çalışma Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında gerçekleştirilmiştir. Desteklerinden dolayı Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	6
LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	6
BÖLÜM 3	12
ELEKTRİKLİ ARAÇLAR VE ELEKTRİKLİ ARAÇ SİSTEMLERİ	12
3.1. ELEKTRİKLİ ARAÇ TÜRLERİ.....	12
3.1.1. Hibrit Elektrikli Araçlar.....	12
3.1.2. Yakıt pilli elektrikli araçlar.....	14
3.1.3. Batarya Elektrikli Araçlar.....	14
3.2. ELEKTRİKLİ ARAÇ MİMARİSİ VE ALT SİSTEMLERİ	15
3.2.1. Elektrik- Elektronik Sistem Mimarisi ve Alt Sistemleri	16
3.2.1.1. Elektrikli Araçlarda Kullanılan Motorlar.....	16
3.2.1.2. Elektronik Kontrol Sistemi	18
3.2.1.3. Batarya ve Batarya Kontrol Sistemi	19
3.2.2. Mekanik Sistem Mimarisi ve Alt Sistemleri	20
3.2.2.1. Elektrikli Araçlarda Direksiyon Mekanizması	21

3.2.2.2. Elektrikli Araçlarda Diferansiyel Mekanizması	22
BÖLÜM 4	23
BATARYA ELEKTRİKLİ ARACIN DERİN ÖĞRENME VE GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE OTONOM DENETİM SİSTEMİNDE KULLANILAN MATERYAL VE METOTLAR	23
4.1 MATERYAL	24
4.1.1. Bataryalı Otonom Aracın Alt Sistemleri	28
4.1.1.1. Akülü Araç Bataryaları	29
4.1.1.2 Bataryalı Otonom Aracın Akü Şarj Ünitesi	30
4.1.1.3. Araç Doğrusal ve Yanal Tahrik Sistemi	31
4.1.1.4. Motor Kontrol Ünitesi	32
4.1.1.5. Görüntü Alma Birimi	33
4.1.1.6. Direksiyon Konum Kontrol Birimi	34
4.1.1.7. Ara işlemci ve Haberleşme Birimi	35
4.1.2. Batarya Elektrikli Aracın Otonom Kontrol Ünitesi	36
4.2. METOT	37
4.2.1. Görüntü İşleme	37
4.2.1.1. Görüntü İyileştirme Yöntemleri	39
4.2.1.2. Görüntü İşlemede Renk Uzayları	40
4.2.1.3 Sayısal Görüntü İşleme Yöntemleri	42
4.2.2. Derin Öğrenme	43
4.2.2.1 Evrişimsel Sinir Ağları	43
4.2.2.2. En Yaygın Kullanılan Evrişimsel Sinir Ağı Yapıları	48
4.2.2.3. Evrişimsel Sinir Ağlarında Transfer Öğrenme Yöntemi	50
4.2.3. Otonom Sınıflandırıcı Sistem Tasarımı	53
4.2.3.1. Şerit Takibi Algoritması Geliştirme	53
4.2.3.2. Derin Öğrenme ile Tabela Tanıma Algoritması Tasarımı	61
BÖLÜM 5	68
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	68
5.1. OTONOM ELEKTRİKLİ ARACIN ÖN TESTLERİ	69

	<u>Sayfa</u>
5.1.1 Düz Yol Testinin Yapılması	69
5.1.2 Zikzak Yol Testinin Yapılması.....	70
5.1.3. Viraj Yol Testinin Yapılması.....	72
5.1.4. Adada Döner Yol Testinin Yapılması	73
5.1.5. Trafik İşaretleri Tanıma Ön Test Çalışması	74
5.2. OTONOM ELEKTRİKLİ ARAÇ DENEYLERİ.....	75
5.2.1. Tur Bazında Deney Çalışmaları.....	78
BÖLÜM 6	89
SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME.....	89
KAYNAKLAR	91
ÖZGEÇMİŞ	98

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1. 1. Araçlar arası iletişim.....	3
Şekil 3. 1. Hibrit elektrikli araç şematik gösterimi	13
Şekil 3. 2. Yakıt pilli elektrikli araç blok diyagramı.....	14
Şekil 3. 3. Batarya elektrikli araçların temel elemanları.....	15
Şekil 3. 4. Batarya elektrikli araç blok diyagramı.	16
Şekil 3. 5. Elektrik-elektronik alt sistemleri gösterimi.	16
Şekil 3. 6. Direksiyon sistemi ve sistemi oluşturan parçalar	21
Şekil 4. 1. Sistem çalışma blok diyagramı.....	23
Şekil 4. 2. Sistem blok diyagramı.	24
Şekil 4. 3. Tomolco HL-208 akülü araba.....	24
Şekil 4. 4. Bataryalı elektrikli arabanın farklı açılardan görünümü.....	27
Şekil 4. 5. Akülü otonom aracın alt sistem bileşenleri.	28
Şekil 4. 6. Aracın elektronik ve mekanik olarak montaj edilmiş resmi.	28
Şekil 4. 7. 12V 14Ah Jel akü.	29
Şekil 4. 8. Catpower 260 harici şarj birimi.	30
Şekil 4. 9. 6V redüktörlü DA motor.	31
Şekil 4. 10. Lm2596 DA -DA dönüştürücü.	32
Şekil 4. 11. Solda RoboClaw 2X7A ve sağda LM298 DA motor sürücü devreleri.	32
Şekil 4. 12. SJC400 aksiyon kamerası.	33
Şekil 4. 13. Çok turlu hassas potansiyometre.	34
Şekil 4. 14. Direksiyon miline montaj edilen potansiyometrenin görünümü.	35
Şekil 4. 15. Arduino Mega.....	35
Şekil 4. 16. Temel Görüntü işleme blok diyagramı.	38
Şekil 4. 17. Görüntü türleri.	38
Şekil 4. 18. Renk uzayı modelleri.	40
Şekil 4. 19. HSV renk uzayı gösterimi.	41
Şekil 4. 20. Görüntü matrisinden özellik haritası çıkarma.....	45
Şekil 4. 21. Maksimum ve ortalama katman çıkarımı.	45
Şekil 4. 22. Tek boyuta düşürme işlemi.....	46

Sayfa

Şekil 4. 23. Aktivasyon fonksiyonları.....	47
Şekil 4. 24. LeNet yapısı.....	48
Şekil 4. 25. AlexNet ağı yapısı	49
Şekil 4. 26. Inception V3 Ağı	50
Şekil 4. 27. Temel Transfer öğrenme Yöntemi.....	51
Şekil 4. 28. Özellik çıkarıcı yaklaşım.	52
Şekil 4. 29. Kısmi özellik çıkarıcı yaklaşım.	52
Şekil 4. 30. Şerit takibi akış diyagramı.	54
Şekil 4. 31. Yol görüntüsü (a) kuş bakışı ve (b) perspektif görüntüsü.	55
Şekil 4. 32. Yolun matematiksel modeli (a) k parametresinin azaltılması.ve (b) k parametresinin artırılması.....	55
Şekil 4. 33. Bölünmüş yol görüntüsü.....	56
Şekil 4. 34. Bölünmüş yol görüntüsüne uygulanmış gri filtresi.	57
Şekil 4. 35. Gauss bulanıklığı ve Beyaz filtresi çıktısı.	57
Şekil 4. 36. Canny kenar algoritması çıktısı.	58
Şekil 4. 37. Üç nokta ile non-maximum Suppression gösterimi.....	59
Şekil 4. 38. Histerezis eşikleme örneği.	59
Şekil 4. 39. (x, y) uzayında noktaların gösterimi.	60
Şekil 4. 40. (θ, r) uzayında çizgilerin gösterimi.....	60
Şekil 4. 41. Şeritlerin işaretlenmiş çıktısı.	61
Şekil 4. 42. Yapay sinir ağının eğitilmesi için seçilen tabelalar.	63
Şekil 4. 43. Eğitim sonucu başarımlar oranları.	65
Şekil 4. 44. Eğitim sonucu hata oranları grafiği.	65
Şekil 4. 45. Tabela tanıma algoritması akış diyagramı.....	66
Şekil 4. 46. Sistemin gerçek zamanlı çalışması gösterimi.	67
Şekil 5. 1. Teknokent binası görünümü.	68
Şekil 5. 2. Pist görüntüleri.....	68
Şekil 5. 3. Zikzak yol parkuru.....	70
Şekil 5. 4. Araç zikzak yolda seyir halindeyken yol görünümü.	71
Şekil 5. 5. Araç virajlı yolda seyir halindeyken yol görünümü.	72
Şekil 5. 6. Araç seyir halindeyken ekran görüntüsü.	74
Şekil 5. 7. Kurulan pist kuş bakışı görüntüsü.	75
Şekil 5. 8. Kurulan pist görüntüsü.	76
Şekil 5. 9. Kurulan pist görüntüsü 2.	76

Sayfa

Şekil 5. 10. Kurulan pist görüntüsü 3.	77
Şekil 5. 11. Aracın ilk dört tur sonucundaki şerit açI değer grafiği.	81
Şekil 5. 12. Birinci senaryo 5-7. tur sonucundaki şerit açI değer grafiği.....	83
Şekil 5. 13. İkinci senaryo ilk dört tur sonucundaki şerit açI değer grafiği.	85
Şekil 5. 14. İkinci senaryo son dört tur sonucundaki şerit açI değer grafiği.....	87



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1. 1. Trafik kazasına neden olan unsurlar	2
Çizelge 3. 1. Üretim hattında batarya elektrikli araçlar	15
Çizelge 4. 1. Akülü otonom aracın teknik özellikleri.	27
Çizelge 4. 2. 12V 14Ah Jel akü teknik özellikleri.	29
Çizelge 4. 3. Catpower260 teknik özellikler.....	30
Çizelge 4. 4. MG401 teknik özellikleri.....	31
Çizelge 4. 5. Roboclaw 2X7A ve Lm298 Motor sürücüleri Teknik özellikler.....	33
Çizelge 4. 6. SJC4000 aksiyon kamerası teknik özellikleri.....	34
Çizelge 4. 7. Arduino mega teknik özellikleri.	36
Çizelge 4. 8. Tez çalışmasında kullanılan python kütüphaneleri.....	62
Çizelge 4. 9. Ağ mimarisi	64
Çizelge 5. 1. Aracın tur başına düz yol test sonuçları.....	69
Çizelge 5. 2. Zikzak yol test sonuçları.	71
Çizelge 5. 3. Virajlı yol test sonuçları.....	72
Çizelge 5. 4. Ada döner yol test sonuçları.	73
Çizelge 5. 5. Trafik işaretleri test sonuçları.	74
Çizelge 5. 6. Tabela görev ve puan sıralaması.....	77
Çizelge 5. 7. Deneysel çalışmalar sonucu trafik işareti görev başarımları.....	78
Çizelge 5. 8. Şerit takibi başarımları.....	79

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- α : Eğim açısı
Ah : Amper saat
Aya : Aracın ön yüzey alanı
C_d : Aerodinamik katsayı
Cos_(a): Yol eğimi
C_{st} : Yuvarlanma direnci katsayısı
D : Yol genişliği
F_{direnc} : Rüzgâr direnci
F_g : Yerçekimi kuvveti
F_{rr} : Yuvarlanma direnci
F_t : Minimum tahrik kuvveti
F_{tork} : Toplam tork kuvveti
F_(x,y) : Analog görüntü fonksiyonu
g : Yer çekimi ivmesi
K : Yol odak uzaklığı sabiti
MAh : Mili amper saat
M_{arac} : Araç ağırlığı
N : Newton kuvvet birimi
P : Hava basıncı
 ρ_{hava} : Hava yoğunluğu
V_{arac} : Araç hızı
V_{ruzgar}: Rüzgâr hızı
Y : Ufuk çizgisi ve koordinat arası mesafe
 θ : Kutupsal açı

KISALTMALAR

AC	: Alternative Current (Alternatif Akım)
Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
ASK	: Adaptif Seyir Kontrol
ATV	: All Terrain Vehicle (Tüm Arazi Taşıtları)
BEA	: Batarya Elektrikli Araç
CHEVP	: Canny/Hough Estimation of. Vanishing Points (Canny ve Hough ufuk noktası tahmini)
CMYK	: Cyan, Magenta, Yellow, Key Black (Turkuaz, Eflatun, Sarı, Anahtar siyah)
DA	: Direct Current (Doğru Akım)
DGPS	: Differential Global Positioning System (Diferansiyel Küresel Konumlandırma Sistemi)
ESA	: Evrimsel Sinir Ağı
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
GPU	: Graphics Processing Unit (Grafik İşlemci Birimi)
HEA	: Hibrit Elektrikli Araç
HSV	: Hue, Saturation, Value (Renk özü, Doygunluk, Parlaklık)
IMU	: Inertial Measurement Unit (İnertiyel Ölçme Ünitesi)
İYM	: İçten Yanmalı Motor
KASK	: Kooperatif Adaptif Seyir Kontrol
OKB	: Otonom Kontrol Bilgisayarı
PD	: Proportional Derivative (Oransal, Türev)
RAM	: Random Access Memory (Rasgele Erişimli Bellek)
RGB	: Red, Green, Blue (Kırmızı, Yeşil, Mavi)
SK	: Seyir Kontrol
UART	: Universal Asynchronous Receiver Transmitter (Evrensel Asenkron alıcı-verici)
USB	: Universal Serial Bus (Evrensel Seri Veriyolu)
YPEA	: Yakıt Pili Elektrikli Araç
YSA	: Yapay Sinir Ağları

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte, insanoğlunun ihtiyaçlarını karşılama yöntem ve istekleri de değişmeye başlamıştır. Günlük hayatta ve endüstriyel anlamda insanlar işlerini en az süre ve maliyetle, en iyi seviyede yapabilecek teknolojiler aramaya başlamıştır. Bunun sonucunda insanlar yerlerini yarı otonom sistemlere bırakmış yarı otonom sistemlerde yakın gelecekte otonom sistemlere bırakacaktır. Hızla değişim ve gelişime uğrayan sektörlerden biri de otomotiv sektörüdür. Petrol ürünlerinin çok kullanılmasının sonucu olarak gözle görülür bir şekilde çevresel yan etkilerin artması ve petrol rezervlerinin azalması araştırmacıları alternatif enerji arayışına itmektedir. Bu durum da özellikle, petrol ürünlerinin oransal olarak en çok kullanıldığı otomotiv sektörünü etkilemektedir. Bu sektör Amerika gibi bu sektörde geniş kullanım ve ticaret alanı olan ülkeler büyük önem arz etmektedir. Dünya genelinde kullanılan petrolün %20'si gibi büyük bir oranını tüketen Amerika, otomotiv ve ulaşım sektöründe bu payın %70'ini kullanmakta ve sera gazı salınımının %27'si bu sektörden kaynaklanmaktadır [1]. Bunun sonucunda içten yanmalı motorların yerini elektrikli araçlara bırakmaya başladığı günümüzde, ülkelerin ciddi yatırımlar yaptığı elektrikli araç teknolojisinde üretiminin desteklendiği görülmektedir. Yapılan çalışmalarla güç yönetim sistemleri ve batarya teknolojisindeki gelişmeler elektrikli araçların şarj sürelerinin ve popülaritesinin artmasını sağlamıştır. Bu gelişmeler doğrultusunda neredeyse her otomotiv firmasının aktif üretimde bulunduğu elektrikli araçları bulunmaktadır.

Elektrikli araçlar üç başlık altında incelenebilir. Birincisi sadece batarya bulunduran batarya elektrikli araçlar (BEA)'dır. İkincisi hem içten yanmalı motor hem de batarya bulunduran Hibrit Elektrikli Araçlar (HEA)'dır. Üçüncü kısım ise hibrit araçlara benzemesine rağmen bataryaları dışarıdan da şarj edilebilen Plug-in Hibrit Elektrikli Araçlar (PHEA)'dır [2].

Bu gelişmeler ile birlikte üretilen bu teknolojinin temiz çevre ve düşük maliyet yanında güvenlik gibi unsurları gözetmesi gerekmektedir. Ülkemizde ve dünyada her saniye birçok trafik kazası meydana gelmekte ve bunun sonucunda binlerce insan yaralanmakta ve hatta hayatını kaybetmektedir. Meydana gelen trafik kazalarının sebeplerinde en büyük pay sürücü kaynaklı hataların olduğu Çizelge 1.1 'de açık bir şekilde görülmektedir.

Çizelge 1. 1. Trafik kazasına neden olan unsurlar [1].

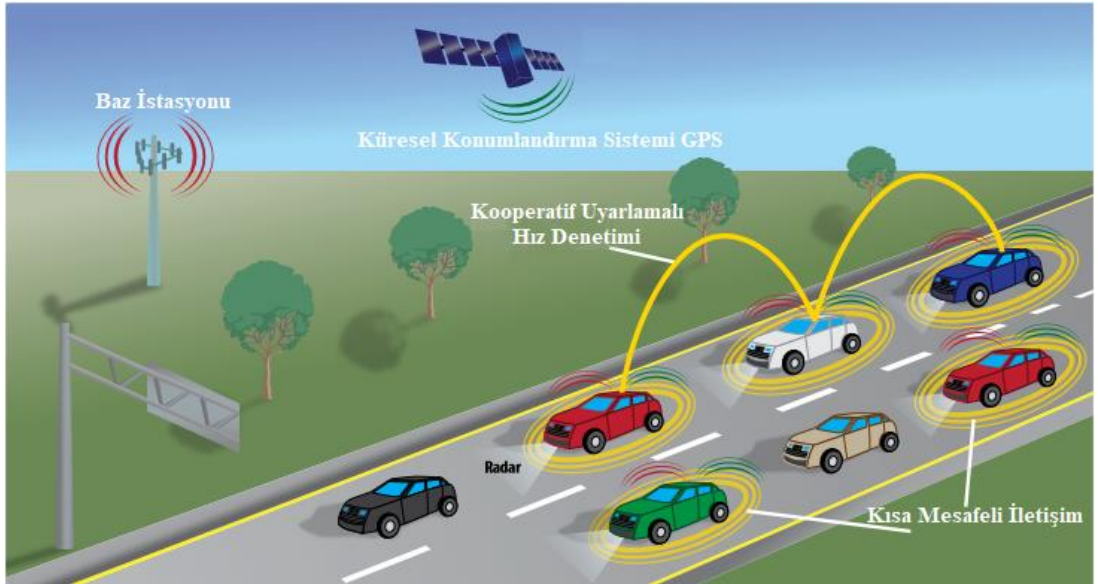
Yıl	Sürücü Kusuru %	Yolcu Kusuru %	Yaya Kusuru %	Yol Kusuru %	Araç Kusuru %
2002	96,82	0,23	2,39	0,25	0,31
2003	97,03	0,16	2,32	0,22	0,27
2004	97,30	0,11	2,18	0,19	0,22
2005	97,39	0,11	2,04	0,22	0,25
2006	98,07	0,09	1,62	0,13	0,10
2007	98,03	0,09	1,64	0,11	0,14
2008	90,53	0,43	8,37	0,42	0,26
2009	89,60	0,41	9,09	0,61	0,29
2010	89,72	0,39	9,86	0,69	0,36
2011	90,20	0,39	8,51	0,60	0,30
2012	88,86	0,44	9,75	0,62	0,33
2013	88,69	0,42	8,99	1,05	0,85
2014	88,62	0,47	9,38	0,95	0,58
2015	89,30	0,43	8,80	0,91	0,55
2016	89,59	0,41	8,73	0,81	0,47
2017	89,87	0,37	8,48	0,70	0,52
2018	89,46	0,88	8,44	0,60	0,62

Bu sebeple üretilen yeni teknoloji araçları otonom hale getirmek büyük önem kazanmaktadır. Sürücünün uykusuz ya da araç kullanamayacak fiziksel veya mental bir durumda olduğu anlarda ve kötü hava koşullarında akıllı araç sistemleri büyük üstünlük sağlamaktadır. Aynı zamanda ani olaylar karşısında sürücü tepki süresine oranla otonom sistemlerin daha hızlı karar alabilmesi gibi etkenler otonom sistemleri daha da önemli kılmaktadır.

Bu alanda ilk olarak sürücüye yardımcı olan; otomatik park sistemleri, hız sabitleme sistemleri, sürüş kontrol sistemleri ve erken uyarı sistemleri araçlara entegre olan bazı

akıllı teknolojiler geliştirilmiştir. Karar verme konusunda yardımcı olan tüm bu sistemler yarı-otonom araç teknolojisi sınırları içindedir. Sürücüye kullanım kolaylığı sağlayan bu mekanizmaların yanında kendi karar verebilen teknolojiler de geliştirilmeye başlamıştır. Bu gelişmeler ile birlikte araçların tam otonom olması gündeme gelmiştir. Yüksek teknoloji kullanılan bu araçlarda lidar, kamera, mesafe algılayıcıları, global positioning system (GPS), ivmeölçerler, gibi birçok sensörü barındıran ve bu algılayıcıları kullanarak araç kontrolünü sağlayan zeki sistemler kullanılmıştır.

Sürücüye yardımcı olan hızını istenen bir referans değere göre sabitleyebilen Seyir Kontrol (SK) algoritması, araç hızını istenen değere sabitlenir ve araç bu hız değerinde seyrederek bu sayede araç sürücüsü sürekli gaz pedalına basmak zorunda kmadan istediği hızı takip edebilir [3]. Adaptif seyir kontrolü (ASK) algoritması ise, SK'de olduğu gibi önceden ayarlanan hızı takip etmektedir. ASK sisteminin farkı seyir esnasında genellikle aracın ön tarafına yerleştirilmiş algılayıcılar ile ortamı tarayarak aracın önünde taşıt ve nesnelere algılayabilmesiyle uygun gaz ve fren hareketi yapabilmesidir [4,5].



Şekil 1. 1. Araçlar arası iletişim [6].

SK ve ASK'nın yetersiz olması nedeniyle Şekil 1.1'de görülen Kooperatif Adaptif Seyir Kontrol (KASK) teknolojisiyle taşıtlar. Yol üzerindeki sistemlerle ve kendi

aralarında iletişim kurarak takip edilen araç ve sürücü ile ilgili bilgilere, takip edilen aracın şerit değiştirme, yavaşlama veya hızlanma, vb. manevra bilgilerine ve trafik bilgilerine ulaşabilmektedir [6,7]. Otonom araçların çevresindeki olayları algılayabilmesi için algoritmaların yanında en önemli etken algılayıcılardır. Lidar, kamera, mesafe algılayıcıları, GPS, ivmeölçerler vb. algılayıcılar yardımıyla araç ortam bilgisini alır ve süzgecinden geçirerek oluşturulan karar mekanizmasında sonuca varır ve ona göre hareket eder.

Kameralarından elde edilen veriler görüntü işleme yöntemleri yardımıyla matrislere dönüştürülerek bu görüntüler aracın konumu, yol işaretleri, yol sınırları ve araç yönü gibi anlamlı bilgiler çıkarmak için yorumlanır [8]. Aynı zamanda kameradan elde edilen görüntüler ile tabela ve nesne tanıma gerçekleştirilerek taşıtlar gerçek zamanlı trafik kurallarına uygun hareket sağlarlar. Otonom araçlarda kullanılan derin öğrenme yöntemleri hızlı ve doğru bir şekilde tabela ve nesnelere tanımlayabilmeli ve sınıflandırabilmelidir. En yaygın algılama veri setleri, düzinelere yüzlerce etiketli olan binlerce hatta yüz binlerce görüntü içerir [9–11]. Sınıflandırma veri setleri, onlarca veya yüz binlerce kategoriye sahip milyonlarca görüntüye sahiptir [1,13].

Bu tez çalışmasının amacı BEA'nın zeki denetleyicilerle otonom denetiminin gerçekleştirilmesidir. Bu çalışmada bir bataryalı elektrikli araç kullanılmaktadır. Aracın tüm sistemlerine ait durumlar sensörler yardımı ile otonom kontrol bilgisayarına (OKB) iletilmektedir. OKB'ye gelen veriler işlenerek aracın mevcut durumuna göre bilgisayar vb. zeki denetleyiciler yardımıyla aracın şerit üzerinde hareketi ve trafik kuralları tahmini sağlanmaktadır. Aracın durumu gerçek zamanlı olarak zeki denetleyiciye aktarılmaktadır. Bu sayede araç trafik kurallarına uygun ve güvenli bir ulaşım sağlamaktadır. Şerit takibi için görüntü işleme yöntemleri kullanılarak şeritlerin açısına göre aracın şerit sınırları içerisinde hareket etmesi sağlanabilmektedir. Tabela tanıma için derin öğrenme yöntemi kullanılarak veri seti eğitilmektedir. Veri setinde toplam 13 sınıf ve 156 adet görüntü bulunmaktadır. Bu veri seti kullanılarak daha önce eğitilmiş bir konvolüsyonel yapay sinir ağı modeli kullanılarak trafik tabela ve işaretleri veri seti üzerinde öğrenmeyi transfer etme metodu kullanılarak eğitim yapılmış, sistem eğitildikten sonra gerçek zamanlı bu işaretlerin algılanıp tanımlanması ve bu yolla otonom tabela tanıma ve sürüş

sağlanmıştır. Bu tez çalışması Visual Studio Code ortamında Python dili kullanılarak bilgisayar tabanlı yazılım geliştirilmiştir. İşletim sistemi olarak Microsoft Windows 10 Pro kullanılmıştır.

Trafikte araç sürücüleri araçlardan, sürücülerden, çevreden ve trafik kurallarından kaynaklanan birçok farklı manevra yapmak zorundadır. Bu manevraları zeki denetleyicili bir aracın yapabilmesi için aracın konumu ve çevresel etmenlerin hesabı yapılarak aracın yapabileceği manevralara karar vermesi lazımdır. Bunun için denetim sistemi aracın eylem bilgilerine ve çevresel etkenlerin bilgilerine gerçek zamanlı olarak sahip olmalıdır. Alınan bilgiler aracın sağlıklı bir şekilde manevra yapmasına olanak sağlamaktadır. BEA'nin sisteminin elektrik enerjisiyle çalışmasından dolayı merkezi bir yapıya sahiptir. Bu da bu bilgilere istenilen verilere daha kolay ulaşarak zeki denetleyicinin hızlı karar almasında yardımcı olmaktadır.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde çalışma ile alakalı literatür taraması yer almaktadır. Batarya elektrikli araç teknolojileri ve otonom kontrol yöntemleri hakkında yapılan akademik çalışmalara yer verilmektedir. Tezin üçüncü bölümünde elektrikli araçlar hakkında temel kavramlar açıklanarak araç türlerinden bahsedilmekte ve araçlarda bulunan alt sistemler hakkında bilgi verilmektedir.

Dördüncü bölümde tez çalışmasında kullanılan ve modifiye edilen bataryalı elektrikli arabanın özelliklerine, alt elektronik sistemleri, kullanılan malzemeler hakkında bilgi verilmektedir. Kullanılan materyallerin kontrol yöntemleri ve OKB'de geliştirilen kontrol metotları hakkında bilgi verilmektedir. Beşinci bölümünde yapılan deneysel çalışmalar ve elde edilen sonuçlara yer verilmektedir. Zeki denetleyicinin test işlemlerine ve sonuçlarına bataryalı elektrikli arabanın sürüş testlerine ve araç için hazırlanmış pistte yapılan sürüş deneylerine ve deneylerin sonuçları verilmektedir.

Sonuç ve değerlendirme bölümünde BEA için üretilen otonom sistemin performansı yorumlanmaktadır. Bu sistemin sağlayacağı üstünlükleri açıklanmaktadır. Gelecekte bu konuda yapılabilecek çalışmalar için öneriler sunulmaktadır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Petrol rezervlerinin azalması ve artan çevresel problemler, temiz enerji kaynakları üzerinde yapılan çalışmalara büyük hız kazandırmıştır. Bu da araştırmacıların çalışmalarını, fosil yakıtların en sık kullanıldığı alanlardan biri olan ulaşım sektöründe kullanılabilecek alternatif enerji kaynaklarına yoğunlaştırmıştır. Ulaşım sektöründe kullanılan bu fosil yakıtlardan dolayı ortaya çıkan çevresel kirliliğin azaltılması ve petrol kullanımının azaltılmasının amaçlandığı bu çalışmalarda, fosil yakıtlara oranla verimli ve çevre dostu olan elektrikli araç teknolojileri ön plana çıkmaktadır [13,14]. Geçmişe bakıldığında ilk motorlu araç 1837 yılında üretilen elektrikli araçtı. Petrol türevi kaynaklar ile tahrik alan araçlar daha sonra bulunmuştur [15]. 19. yy'in ortalarında ünlü olmaya başlayan elektrikli araçlar, "New York Taxi" firmasının 1901 yılında taksi olarak kullanılmıştır. Elektrikli araç kategorisinde Camille Jenatzy tarafından 29 Nisan 1899'da üretilen rokete benzeyen aracı Jamais Contente ile 106 km/saat'lik bir rekor kırmıştır [16].

Elektrikli ve petrol yakıtlı araçların rekabeti 1920 yılına kadar devam etse de Charles Kettering'in 1912 yılında elektrik starterinin icat etmesi, araçların döndürme koluna ihtiyaç duymadan çalışmasına olanak sağlamıştır. Petrol yakıtlı araçların gelişmesine ek olarak geniş çeşitliliği, gelişen petrol teknolojisi, petrol yakıtlı araçların hızlı enerji yüklemesi, büyük şirketlerin seri araç üretimiyle benzinli otomobillerin elektrikli otomobillerden daha ucuz olmasına sebep olmuştur. 1930'larda bu gelişmelerin sonucunda elektrikli araçlar Amerika piyasasından silindi. Daha sonra 1970'li yıllarda petrol rezervi azalması ve artan çevre kirliliği sebebiyle tekrar gündeme gelmiş ve ünlü olmaya başlamıştır [17].

Günümüzde ise Toyota, BMW, Renault, Mitsubishi, Honda, Nissan, Chevrolet, gibi

otomobil devleri AR-GE çalışmalarını elektrikli araçlar üzerine kurmuş ve elektrikli araç piyasasına büyük yatırımlarda bulunarak adım atmışlardır. 2015 yılı itibariyle dünyada kullanılan elektrikli araç sayısı bir milyonu geçmiştir [18]. Ülkemizde 2005 yılından itibaren TÜBİTAK'ın desteklemiş olduğu etkinliklerde elektrikli arabalar üzerinde kayda değer çalışmalar yapılmaktadır. TÜBİTAK'ın düzenlediği Efficiency Challenge Elektrikli Araç Yarışları teknolojik alternatif ve temiz enerji kaynakları, gelişime katkı sağlamak gibi hedeflerle katılımcılara sosyal ve mesleki anlamda tecrübe kazandırmaktadır. TÜBİTAK Efficiency Challenge Electric Vehicle yarışlarında 2014 yılı itibariyle araçlara yerlilik teşviki getirilerek milli bağlamda önemli adımlara yönlendirmiştir. TÜBİTAK tarafından yarışma kapsamında yüzlerce araca destek verilmiş ve binlerce üniversite öğrencisine ulaşılmaktadır [19].

Literatürde otonom sistemler konusunda yapılan birçok çalışma vardır. Ama bunlar arasında en yaygın olanı T.B. Sheridan, W.L. Verplank ve T.L. Brooks tarafından ortaya konulmuştur [20]. Bu çalışmaya göre otonom sistemlerdeki gelişmenin zamanla değişimi aşağıda verilmektedir:

- Görevi yalnızca insan yapar, bilgisayar yardımcı olamaz.
- Bilgisayar yapılabilecekler hakkında seçenek sunar.
- Bilgisayar bulduğu seçenekleri en aza indirger.
- Bilgisayar tek bir seçenek önerir.
- Bilgisayar insan onayıyla hareketi gerçekleştirir.
- Bilgisayar hareketi otomatik yapar ama insana iptal olanağı tanır.
- Bilgisayar hareketi otomatik yapar, zorunlu insanı bilgilendirir.
- Bilgisayar hareketi otomatik yapar, insan isterse insanı bilgilendirir.
- Bilgisayar hareketi otomatik yapar, kendi isterse insanı bilgilendirir.
- Bilgisayar hareketi otomatik yapar, insanı önemsemez.

Gelişmiş otomatik araç kontrolü üzerinde ilk gelişmeler General Motors Araştırma Grubu tarafından 1960 yılının başında ortaya çıkarıldı. Yapılan çalışmalarda otomobillerin direksiyon, hız ve frenlerinin otomatik kontrolü sağlanarak test pistlerinde test edildi [21]. Bu araştırmanın gösterdiği olumlu sonuçlar diğer firmaları etkiledi ve 1960 yılının sonlarında, Massachusetts Teknoloji Üniversitesi ve Ohio

Devlet Üniversitesi ulaşım sorunlarında bu tekniklerin kullanımı üzerine çalışmaya başlamıştır [22]. Ulaşım sistemlerinde otonom teknolojinin gelişimine bakacak olursak laboratuvar ortamlarında gerçekleştirilen çalışmaların sonuç bulduğunu, pazara sunulan araçlarda gelişmiş sürüş destek sistemleri görülmektedir. Bu gelişmelerin getirdiği sonuçlar doğrultusunda büyük firmalar sürekli yeni ve gelişmeler ortaya koymaktadır [23]. Bu gelişmelerin amacı sürücünün yerini almak yerine ona yardımcı olmaktır. Bu amaç doğrultusunda en büyük gelişmeler; çarpışmadan kaçınma [24], dinamik denge kontrolü [25], seyir kontrolü [6], gece görüş sistemleri ile yaya algılama [26] ve yarı otonom hareket ve park sistemleridir [27]. Genel olarak bu çalışmalarda hızlanma ve frenleme sistemleri üzerinde durulmuş, yanal hareketler üzerinde durulmamıştır.

Yanal hareket üzerinde yapılan çalışmalarda Ackermann, Bunte, ve Odenthal en büyük öncülerdendir [28]. Yaptıkları çalışmada yanal ve savrulma hareketlerini doğru bir şekilde ayırabilmek için savrulma oranı ve aktif yönlendirmenin geri beslemesini birleştirmişlerdir. Güvenlikli, hızlı ve yüksek kalitede kontrol sağlayan teknikler yardımıyla doğrusal olmayan dinamik sistemleri kontrol etmek mümkündür. Referans yörüngenin takibinin sürdürülebilirliği için; doğrusal matris eşitsizlikleri optimizasyonu [29], savrulma oranı kontrolü [30] ve bulanık mantık [27] gibi teknikler kullanılmaktadır. Yanal hareket kontrolünün gelişmesine en büyük katkı sağlayan gelişmelerden bir tanesi de direksiyon sistemlerindeki önemli değişikliktir. Geleneksel hidrolik direksiyon sistemleri yerine elektrikli direksiyon sistemleri daha çok tercih edilmektedir. Bu sistemin gelişmiş kontrol benzetimleri vardır [31].

Sugeno ve Murakami'nin 1985 yılında yaptıkları çalışma otomatik araç kontrolü için bir dönüm noktası olmuştur. Bulanık mantık ile otonom park kontrolü yapan çalışmalarıyla, herhangi bir makinenin basit bir insan işlemi ve deneyiminin modeli ile kontrol edilebileceğini tüm dünyaya göstermişlerdir [27]. Otonom kontrol, bir sürücü deneyimine dayanarak, doğru kontrol kurallarını bulmaya ve uygun ayarların yapılmasına kadar indirgenmiştir. Bunun sonucunda yapılan çalışmalarda, otonom araçlarda klasik kontrol ve bulanık kontrol tekniklerini karşılaştırmıştır ve bulanık denetleyicilerin başarılı olduğu gözlenmiştir [32].

Görüntü işleme yöntemleriyle şerit takibi ve trafik kuralları hakkında birden fazla akademik yayınlar yapılmıştır. Şerit takibi ve lokarizasyon alanında en büyük çalışma Wang ve diğerlerinin bulduğu Canny ve Hough ufuk noktası tahmini (CHEVP) algoritmasıdır. Görüntü bölmelere ayırarak her bölüm için ufuk noktası tespiti yaparak ufuk noktasını şeritlerin kesişme noktası olarak bulan algoritmayı geliştirmişlerdir [8]. Görüntü işleme kütüphanesi OpenCV, Intel tarafından 1999 geliştirilen bir projedir. Başlangıçta 3D ekran duvarları ve ışın takibi işlemleri için kullanılan bu kütüphane zamanla gelişerek bilgisayar görmesi makine öğrenmesi için kullanılmaya başlamıştır. Günümüzde OpenCV ile yüz tanıma, nesne ayırt etme 3 boyutlu sınıflandırma gibi alanlarda başarılı çalışmalar yapılmaktadır [8]. Trafik işaretlerini tanımak için renk ve makine öğrenmesi olmak üzere üç farklı yöntem vardır [33]. Lopez ve Fuentes'in çalışmasında renk uzayına taşınan resim bileşenlerine göre (L açıklık-koyuluk değeri, A kırmızı-yeşil değeri, B ise sarı-mavi değeri) sınıflandırılmıştır. Çalışmanın sonucunda % 97 'ye ulaşan bir başarı elde etmişlerdir [34]. Şekil tabanlı yöntemde tabelaların şekilsel özellikleri incelenir. Işık koşullarından etkilenmemesi üstünlük olmasına karşın performansı düşüktür [35]. Makine öğrenmesi yönteminde ise alınan görüntüler ilk olarak filtreledikten sonra sınıflandırılırlar. Bu yöntemlerin tespit ve doğruluk oranları yüksektir fakat gerektirdiği donanım gereksinimleri maliyeti arttıran bir kısıttır [36,37].

İlk zeki denetimli, derin beslemeli öğrenme çalışması 1965 yılında çok katmanlı perceptronlar için Lapa ve Ivakhnenko tarafından gerçekleştirilmiştir. Her katmandaki en iyi sonuç istatistiksel yöntemlerle filtrelenerek sonraki katmana iletilmektedir. Ağlarını eğitmek için backpropagation (geri yayılım) kullanılmamış, en küçük kareler yöntemi uygulanmıştır [38].

Ivakhnenko ve Lapa'dan sonra 1979 yılında Fukushima tarafından "Neokognitron" derin öğrenme mimarisi ortaya atılmıştır. İnsanların ve diğer omurgalı canlıların görsel sinir sistemlerinin çalışma mekanizmasından yararlanarak, denetimsiz öğrenmeyle kendi kendini eğitebilen bir derin öğrenme ağı geliştirilmiştir. Fukushima'nın ortaya koyduğu bu ağlar modern ağlara benzeyen, çoklu bükülme ve havuz katmanlarına sahiptir [39]. Derin mimarilerinde öğrenmenin en büyük eksikliği çoklu katmanlarında hataların geri yayılımıdır. Geri yayılım yöntemiyle daha önce yapılmış çalışmalar

olmasına rağmen ilk başarıya ulaşan Yann LeCun ve ekibinin geliştirdiği posta kutusu yazıları üzerinde kullanılan algoritmadır. Başarılı olmasına karşın en büyük eksikliği olan eğitim süresinin 3 güne kadar uzaması pratiğe uygun olmadığını ortaya koymuştur [40,41]. Daha sonra Yann LeCun ve ekibi el yazısı rakamlarını sınıflandırmak için kıvrımlı ağlarla geri yayılım yöntemiyle “LeNet” isimli ağlarını geliştirmişlerdir [42]. 1995 yılında, Peter Dayan, Geoffrey Hinton ve Brendan Frey çalışmalarında yüzlerce gizli katmana sahip bir ağ topolojisinin, eğitiminin uzun sürmesine karşın eğitilebileceğini kanıtlamışlardır [15]. 1997’de, Schmidhuber ve Hochreiter ikilisinin geliştirdiği tekrarlayan sinir ağlarıyla uzun ve kısa vadeli bellek gibi önemli gelişmeler ortaya çıkmıştır [43]. 1990’lı yıllardan 2000’lere kadar yapay sinir ağı (YSA) algoritmaları, üstün olmasına karşın hesaplama maliyetinin yüksek olması onu arka plana itmiş, probleme özgü çalışan destek vektör makineleri gibi daha basit modeller tercih edilmiştir [44].

Bilgisayar sektöründeki gelişmelerle birlikte grafik işlemci birimlerinin (GPU) hesaplamalarda kullanılabilmesiyle hesaplama hızı yaklaşık 1000 kat artmış ve YSA yeniden önem kazanmaya başlamıştır [45]. Aizenberg ve arkadaşları tarafından YSA bağlamında ilk kez derin öğrenme ifadesi 2000 yılında ortaya atılmıştır [46]. Geoffrey Hinton 2006 yılında yayınlanan makalede ileri beslemeli ve çok katmanlı bir yapay sinir ağının her bir katmanını etkili şekilde her iterasyonda nasıl eğitebileceğini, geri yayılım yöntemiyle de optimize edilebileceğini göstermiştir [47].

GPU teknolojisindeki gelişmeyle birlikte ön eğitime ihtiyaç olmadan sinir ağlarının eğitilebileceği ispatlanmıştır. Bu yaklaşımı kullanmaları trafik işaretleri, karakter tanıma ve medikal görüntüleme yarışmalarında Cireşan ve arkadaşlarına birinciliği kazandırmıştır [48–50]. 2012’de Krizhevsky, Sutskever ve Hinton tarafından benzer mimariler geliştirilmiştir. GPU destekli yaptıkları çalışmalarında, dropout-1 adı verilen normalleştirme yöntemiyle [51] ezberlemeyi azaltmışlardır. Dropout yöntemi, onlara ILSVRC-2012 ImageNet yarışmasında başarıyı getirmiştir [52].

Bu gelişmelerle birlikte gelişmeleri takip eden Google, Apple, Microsoft ve Facebook gibi teknoloji firmaları derin öğrenme üzerine AR-GE yatırımları yapmaya başlamışlardır. Örnekler vermek gerekirse; facebook fotoğraf etiketleme

yöntemlerinde, Apple SİRİ üzerinde, Microsoft doğal dil işleme ve yapay zeka çalışmalarında 100 dile kadar destek verebilen klavye uygulamasında derin öğrenme üzerinde önemli çalışmalar yapmışlardır [53].

Otonom araçlar üzerinde yapılan çalışmalarda All Terrain Vehicle (ATV)'ler ve otomobiller üzerlerinde geliştirilen modeller mevcuttur. Sıfırdan yeni bir araç yapılmasındansa, var olan bir aracın geliştirilerek otonom hale getirilmesi daha uygun görülmüştür. Bunun en önemli sebeplerinden biri yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkacak olan ürünün araçtan bağımsız olmasının uygulanabilirliği yüksek düzeye çıkarabilecek olmasıdır. Bu gelişmeler sonucunda 2004-2005 yılları arasında Defense Advanced Research Projects Agency tarafından düzenlenen Grand Challenge için üretilmiş Overbot [54], Spirit of Las Vegas [55], Cajunbot [56] ve Ensco [57] isimli takımlar ATV'ler üzerine sistemlerini inşa etmişlerdir.

Hızlanmayı kontrol için gaz pedalı üzerine bir servo motor kullanmışlar, yönlendirme için Ensco ve Overbot ekipleri servo motor tercih ederlerken Cajunbot ve Spirit of Las Vegas ekipleri DA motoru tercih etmişlerdir. Konumlandırma için ise differential global positioning system (DGPS) kullanmışlardır. Bu sayede kod ölçüleri kullanıldığında 1-5 metre, faz ölçüleri kullanıldığında ise cm cinsinden duyarlılık elde edilebilmektedir DGPS'in çalışma prensibi GPS sistemindeki hataların koordinatları iyi bilen bir ana alıcıyla azaltılmasına dayanır [58]. Ortam algılama içinse çeşitli algılayıcılar kullanılmıştır. Araçlar algılayıcılardan gelen veriler doğrultusunda hareketlerini gerçekleştirmek zorundadırlar. En yaygın kullanılan algılayıcılar ultrasonik algılayıcılar, Lidar ve kameralardır [59].

Bu tez çalışmasında bataryalı bir elektrikli aracın yapay zeka teknikleriyle otonom araç sistemi gerçekleştirilecek ve sonuçları değerlendirilecektir. Görüntü işleme yöntemleriyle şerit takibi yapılarak aracın istenilen konumdan hedefe gitmesi planlanmıştır. Araç seyir halindeyken aynı zamanda derin öğrenme yöntemlerinden evrimsel sinir ağlarının transfer yöntemiyle öğrenmesi sağlanarak, trafik işaret tanıma algoritması geliştirilmiştir. Bu tez çalışması lisansüstü okullar için eğitici deney seti olması ve ortaöğretim kurumlarındaki öğrenciler için trafik kurallarını öğretmek amacıyla kullanılması açısından büyük önem arz etmektedir.

BÖLÜM 3

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR VE ELEKTRİKLİ ARAÇ SİSTEMLERİ

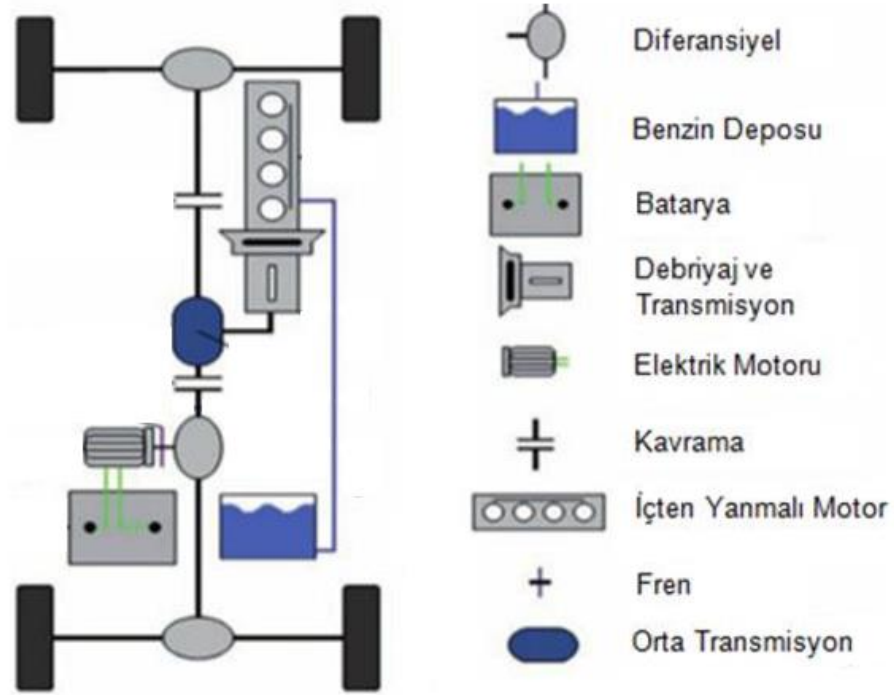
3.1. ELEKTRİKLİ ARAÇ TÜRLERİ

Elektrikli araçlar günümüzde hava kirliliği, petrol bağımlılığı ve enerji tüketiminin azaltılması için arzu edilen noktalara ulaşmıştır. Fakat gerek maliyet gerekse içten yanmalı motorlu (İYM) araçlar kadar uzun mesafe gidememesi çok fazla tercih edilmemesine neden olmaktadır. Bu nedenle ilk olarak hibrit araçlar üretilerek piyasaya sürülmüştür. Günümüzde ise başta otomotiv firmalarının Ar-Ge çalışmaları sonucu olarak; hibrit elektrikli araçlar, yakıt hücreli elektrikli araçlar ve batarya elektrikli araçlar piyasaya sürülmüştür.

3.1.1. Hibrit Elektrikli Araçlar

Birden fazla güç kaynağına sahip Hibrit Elektrikli Araçlar (HEA), iki ya da daha fazla güç kaynağının kullanıldığı elektrikli araç türüdür. HEA, genel olarak, bir elektrik motoru ve bir İYM ile birlikte çalışır. HEA'lar Şekil 3.1'de görüldüğü üzere elektrik enerjisi üreten bir İYM ve bu enerjiyi depolayan bir depolama elemanı ve elektrik motorundan oluşmaktadır.

HEA'ların BEA'lardan farkı İYM eklenerek gücünün ve menzilin arttırılması amaçlanmıştır. Bu sayede elektrikli araçların enerji ve şarj gibi dezavantajları büyük ölçüde hibrit elektrikli araçlarla giderilmiştir. Geleneksel İYM'li bir araçla eşdeğer seviyede performans gösterebilmektedirler. Son yıllarda geliştirilen HEA'lar geleneksel İYM'li araçlara göre daha yüksek performans, verim ve daha düşük emisyon değerleri göstermektedirler. Üstünlüklerinin yanı sıra bu araçların yapısı elektrikli ve fosil yakıtlı araçlara oranla daha karmaşık ve daha ağırdırlar, ilk maliyetleri daha yüksektir [60].



Şekil 3. 1. Hibrit elektrikli araç şematik gösterimi [61].

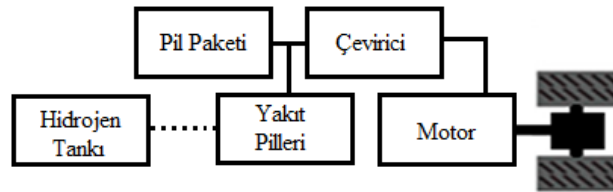
HEA mimarisine göre ve hibritlik derecesine göre sınıflandırılabilir. Hibritlik derecesi kullanılan elektrik motorunun gücünün, toplam çekiş gücüne oranıyla bulunur. HEA'lar ihtiyaçları karşılamak için değişik mimariler yapılsa da mimarilerine göre; seri, paralel ve seri-paralel olmak üzere üç grupta incelenir.

Seri Hibrit Elektrikli Araçlarda İYM sadece elektrik jeneratörü için çalışır ve burada oluşan enerji, bataryayı ve bir konvertör üzerinden aracın elektrik motorlarını besler. İYM tahrik amaçlı sadece enerji üretimi için kullanıldığından küçük hacimde olabilir. Böylece aracın enerji tüketimi ve emisyonları düşürülür. Bu motorlarda oluşan güç ve moment aracı hareket ettirir ve aracın gücü ve momentini motorların gücüyle sınırlıdır. Araç ilk olarak bataryadaki depolanmış enerjiyi kullanır, bataryadaki enerjinin bitmesiyle düşük güçlü bir benzinli motor, jeneratör gibi çalışarak elektrik motorunu ve bataryayı beslemektedir [61]. Paralel hibrit elektrikli araçlarda tekerleklere iletilen tahrik gücü, İYM, elektrik motoru ve bir transmisyon ile birlikte sağlanmaktadır. İYM'ler doğrudan tahrik sisteminde kullanıldığı için bataryalar temel enerji kaynağı olmasına rağmen jeneratöre ihtiyaç duyulmamaktadır. Seri hibrit sistemlerde transmisyona ihtiyaç duyulmamasına karşın, paralel hibrit sistemlerde transmisyona

ihtiyaç vardır. Gerek seri, gerekse paralel hibrit araç sistemlerinde elektrik motoru tekerlekleri tahrik edebileceği gibi, frenleme yaparken veya yokuş aşağı yolda hareket halindeyken jeneratör gibi çalışarak bataryayı doldurabilir [62]. Seri-paralel hibritler, iki farklı sistemin üstünlüklerinin birleştirilmesiyle oluşturulmuş sistemlerdir. Düşük hızda seri, yüksek hızda paralel hibrit gibi davranır.

3.1.2. Yakıt pilli elektrikli araçlar

Yakıt hücreleri elektrokimyasal reaksiyonla elektrik enerjisi üretebilen birimlerdir. Yakıt pilli elektrikli aracın bileşenleri ve blok diyagramı Şekil 3.2’de verilmektedir. Elektrikli araçların performansının artırılabilmesi ve menzillerinin uzatılabilmesi için araç üzerine yakıt pilleri yerleştirilmiştir. Yakıt pilli elektrikli araçların (YPEA)’ların yakıt hücreleri farklı yakıtlarla çalışabilir, fakat genel olarak kullanılan hidrojenli yakıt pilleridir. Hidrojenli yakıt pilleri membran yapısına sahiptir. Bu yüzden polimer elektrolit membran yakıt pilleri olarak adlandırılırlar [63]. YPEA’lar yapı olarak seri hibrit elektrikli araçlara benzemektedir. Elektrik üreten İYM ve jeneratör yerine yakıt pilleri, yakıt deposu yerine de hidrojen tankı bulunmaktadır. Reaksiyon ürünü su olduğu için bu araçlarda herhangi bir emisyon bulunmamaktadır. Ağır ve karmaşık bir yapıya sahiptirler [64]. Bu araçlar hidrojenin elde edilmesi, nakledilmesi, depolanması ve yüksek maliyet gibi dezavantajlara sahip olsa da performansı ve uzun menzil gidebilmesi YPEA’lar üzerinde yatırım ve çalışmaların artmasına sebep olmaktadır.

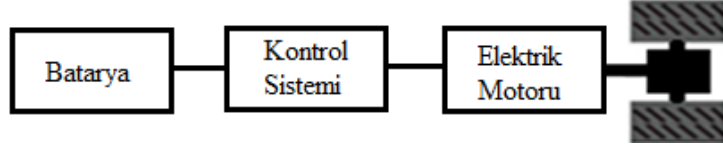


Şekil 3. 2. Yakıt pilli elektrikli araç blok diyagramı.

3.1.3. Batarya Elektrikli Araçlar

BEA’lar şarj edilebilen batarya gruplarıyla elektrik motorunun tahrik edilmesiyle oluşan sistemlerdir. BEA ’ların yapısı Şekil 3.3’de görüldüğü üzere; kontrol sistemi, batarya grupları ve elektrik motorundan oluşur. YPEA’lar gibi egzoz emisyonu yoktur,

bu sayede çevre kirliliğine neden olmazlar. İYM'lere göre elektrik motorlarının performansı yüksektir.



Şekil 3. 3. Batarya elektrikli araçların temel elemanları.

Çizelge 3. 1. Üretim hattında batarya elektrikli araçlar [14].

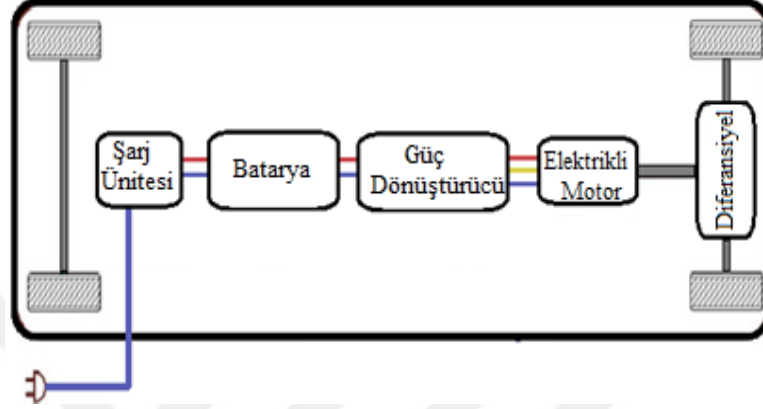
Üretici	Ford	GM	Nissan
Model İsmi	Think City	EV1	Hypermini
Tahrik Tipi	3 Fazlı İndüksiyon	3 Fazlı İndüksiyon	SM Senkron
Batarya Tipi	NiCd	NiMH	Li-Iyon
Sistem Voltajı (V)	114	343	345
Güç (kW)	27	102	24
Şarj Konektörü	İletken	Endüktif	İletken
Enerji Kapasitesi (kWh)	11,5	26,4	15
Şarj Süresi (Saat)	7	6	5
Hız (Km/h)	90	129	120
Menzil (Km)	85,00	130	192
Üretim Maliyeti (\$)	28 000	35 000	36 000

BEA'ların çalışma prensibi; Yapısında bulunan elektrik motorları, elektrik motor denetleyicisi ve batarya gibi parçalar tekerleri tahrik etmek için gerekli olan gücün akışını sağlar. BEA 'lar sadece elektrik enerjisi ile aracı tahrik eder diğer araçlar gibi fosil yakıtlara ihtiyaç duymaz. Üretim ve prototip aşamasında bulunan bazı batarya elektrikli araçlar Çizelge 3.1'de verilmektedir. İlk maliyet yüksek olmasına karşın yakıt performansı ve bakım onarım maliyetinin düşük olması tercih sebebidir. Ancak düşük menzilli olması en büyük dezavantajlarından biridir.

3.2. ELEKTRİKLİ ARAÇ MİMARİSİ VE ALT SİSTEMLERİ

Elektrikli araç mimarisi ve buna bağlı alt sistemleri iki başlık altında incelenebilir. Bunlar; Elektrik elektronik sistem mimarisi ve mekanik sistem mimarisidir.

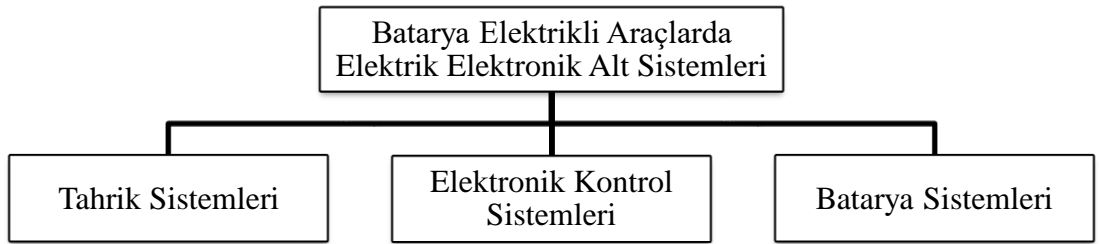
Elektrik elektronik sistem mimarisinin alt sistemleri elektrik motoru, EKÜ, güç kaynağı, batarya ve şarj sistemleridir. Mekanik sistem mimarisinin alt sistemleri ise genel olarak araç diferansiyeli başlığı altında incelenir. Şekil 3.4’de bir genel elektrikli araç mimarisi ve alt sistemlerini oluşturan blok diyagramı verilmektedir.



Şekil 3. 4. Batarya elektrikli araç blok diyagramı.

3.2.1. Elektrik- Elektronik Sistem Mimarisi ve Alt Sistemleri

Elektrikli araçların genel olarak elektrik elektronik mimarisi alt sistemleri elektrik motoru, elektronik kontrol sistemi ve batarya sistemleridir. Temel sistemleri Şekil 3.5’de verilmektedir.



Şekil 3. 5. Elektrik-elektronik alt sistemleri gösterimi.

3.2.1.1. Elektrikli Araçlarda Kullanılan Motorlar

Elektrikli araçlarda hareket için kullanılan motorlar elektrik motorlarıdır. Bu motorların tahrik mekanizması elektriğin mekanik enerjiye çevrilmesiyle meydana gelir. Elektrik motorları aynı zamanda jeneratör olarak kullanılarak mekanik enerjiyi

elektriğe dönüştürebilmektedir. İYM'ler gibi fosil yakıtlara ihtiyaç duymadan çalışabilen bu motorlar emisyonu azaltmasının yanında İYM'lere oranla daha yüksek tork üretebilmektedirler. Buda klasik araba sistemlerinde farklı viteslerde farklı tork ihtiyacını ortadan kaldırarak aracın ivmelenme ve performansını yükseltmektedir. Elektrikli araçlarda kullanılan başlıca motor türleri;

Doğru akım motorları, temel olarak bir iletken üzerinden geçen doğru akımın manyetik alan içerisinde oluşturduğu kuvvetin etkisi sonucunda dönmesiyle çalışır. Teknolojideki gelişmelerden önce doğru akım motorları tork ve performansından dolayı oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktaydı. Günümüzde ise her ne kadar popüleritesini kaybetmiş olsa da sağlamlığı ve kolay kontrol edilebilirliği tercih sebebi olmaktadır.

Doğru akım motorları, sargı türüne göre; seri, paralel(şönt), harici alan ve kompozit alan sargılı olmak üzere dört türü mevcuttur. Harici alan (serbest uyarılmalı) sargılı motorlar, besleme ve uyarma sargısı birbirinden bağımsız olan iki kaynak tarafından beslenir. Seri alan sargılı DA motor, endüvi ve uyarma sargısı birbirine seri, paralel alan sargılı DA motorda paralel olarak bağlıdır. Kompozit alan sargılı motorda ise seri ve paralel alan sargılı DA motorların birleştirilmesi mantığıyla elde edilir.

DA motorda ters yönde döndürebilmek için uçlarının yer değiştirmesi yeterlidir fakat diğer motorlar ilave bağlantılara ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca Serbest uyarılmalı alan sargılı DA motorların bu özelliği moment ve hız kontrolü açısından diğer motorlara kıyasla üstünlük sağlamaktadır. DA motorlardaki fırçaların motorda verim düşürmesi ve hız ve torkun ters orantılı olması nedeniyle fazla güç gerektirmeyen uygulamalarda kullanılabilir ancak elektrikli araçlar için genelde tercih edilmeme sebebidir.

Anahtarlama relüktans motorları asenkron ve senkron motorların, rotor ve statorunda değişiklik yapılmasıyla tasarlanan yapı bakımından benzese de çalışma prensibi olarak benzemeyen motorlardır. Relüktans motorlar senkron ve asenkron motorlara nazaran, daha verimli ve performanslı çalışmaktadır. Yapısında mıknatıs veya fırça bulunmamaktadır. Bu sebeple çok bakım ihtiyacı ve mıknatıslık özelliğini yitirmek gibi risk ve ihtiyaçları yoktur. Stator sargılarından geçen akım, hava boşluğundaki

relüktansı değiştirerek rotorun hareket etmesiyle çalışır. Yüksek hızlarda daha dayanıklı davranış göstermesine karşın düşük hızlarda tork dalgalanması görülür.

DA motorlar gibi manyetik alan oluşturmak için sargı kullanmak yerine mıknatıs ve türevlerinin kullanıldığı motorlardır. Rotor dönüş hızı, manyetik alan hızına eşit olması sebebiyle kayma meydana gelmez. Sargılı olmaması sayesinde rotorda meydana gelen kayıplar ve motorun bakım sıklığı azalır. Bu stnlkleri sayesinde elektrikli taşıtlarda tercih edilen bir motor türüdür. Sabit güç bölgesinin kısa olması yüksek hızlarda motorun elverişsiz olabileceğini göstermektedir. Bunun sebebi ise yüksek hızlarda motorların mıknatıs özelliğini kaybetmesidir.

Asenkron motorlar endüstride oldukça geniş kullanım alanına sahip olan bu motorlar üç fazlı alternatif akım ile çalışır, yapısı oldukça basit ve ucuzdur. Sabit devirli motorlardır hız yüke oranla değişme göstermez. İsminden de anlaşılacağı üzere asenkron (eř zamanlı olmayan) motorlarda rotor hızıyla stator sargılarında oluşan manyetik alanın hızı eşit değil daima kktr. Bu nedenle süreli kayma mevcuttur. Yüksek hızlarda kaymada hıza bağlı olarak artmaktadır. Tek, iki ve üç fazlı çalışabilecek türleri vardır. Kafesli ve bilezikli asenkron motor olmak üzere iki kısımdır.

3.2.1.2. Elektronik Kontrol Sistemi

Elektrikli araçların dinamik performansa ve yüksek verimliliğe sahip olması kontrol sisteminin optimizasyonuna ve performansına bağlıdır. Elektrikli araçlardaki sistemler dijital bir şekilde it yönlü olarak gerçekleşmektedir. Elektrikli araçların batarya grupları, şarj ekipmanları ve elektrik motorları gibi ana birleşenlerinin en iyi seviyede eř zamanlı alışabilesi için ana kontaktör, hız kontrolörü, dönüştürücüler gibi sistemlere ihtiyaçları vardır. Bunların yanında dijital kontrol teknikleri de (fuzzy ve optimal kontrol gibi) EA'ların performansı arttırabilir. Elektrikli araçlarda hız kontrolü için hız kontrol devreleri tasarlanarak kullanılabilir. Bataryadan genel elektrik bileşenleri için istenilen gerilim türü ve değerinin elde edilmesi için ise DA-AA veya DA-DA konvertörler kullanılmaktadır. Acil durumlarda sistemdeki enerjinin

kesilebilmesi için acil stop birimleri ve sürücünün tasfiyesi için uygun bileşenler bulunur. [65].

3.2.1.3. Batarya ve Batarya Kontrol Sistemi

Batarya elektrik enerjisini kimyasal tepkimelerle ortaya çıkarabilecek şekilde depolayan elektrokimyasal yapılardır. Batarya şarj edilme aşamasında kaynaktan gelen elektrik enerjisini kimyasal tepkimeler sonucunda kendi bünyesinde depolar. Daha sonra depolanan enerji yine kimyasal yöntemlerle elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanım alanına göre aktarılır. Yapısındaki materyallerde oluşan kayıplar nedeniyle yapısında kimyasal ve fiziksel değişimler meydana gelir. Bu kayıplar bataryanın ömrünün kısalmasına neden olur ve pilin performansını etkiler. Yüksek maliyet, kullanım ömrü kısalığı ve düşük menzil sebebiyle BAE'lerin gelişimini yavaşlatan en büyük etken bataryalardır [66]. Bataryaların içinde kullanılan materyallere göre farklı türleri vardır. Bunlardan bazıları; Kurşun asit bataryalar, Nikel bazlı bataryalar ve Lityum bataryalardır.

Kurşun asit batarya kullanım alanı bakımından en yaygın kullanılan batarya türlerindedir. Kurşun asit bataryalarda pozitif plaka da aktif materyal kurşun dioksitten ve negatif plaka da aktif materyal kurşun olarak kullanılır. Bu plakalar, sülfürik asit seyreltik çözeltisi içine yerleştirilir. Oluşan tepkime sonucu su ve kurşun sülfat oluşur. Daha sonra elektrik enerjisi açığa çıkar ve batarya uçlarının bağlanmasıyla deşarj işlemi başlamış olur. Özellikle İYM araçlarda tercih edilir. Bunun yanı sıra bazı elektrikli araç türlerinde kurşun asit bataryaların jel elektroliti olanı tercih edilir. Fakat maliyetleri çok yüksektir. [67].

Nikel bazlı batarya türleri aktif materyal olarak nikel kullanılır. Kendi içinde farklı türleri vardır. Bunlar; nikel çinko, nikel demir, nikel kadmiyum ve diğerlerine göre performansı daha yüksek olan nikel metal hidrür bataryalardır. Bu batarya türlerinin sahip olduğu enerji kurşun asit bataryaların iki katıdır. Nikel bazlı bataryaların, negatif elektrotu metalik kadmiyum, pozitif elektrotu ise nikel oksidi hidrositten meydana gelir. Dezavantajı ise maliyetinin kurşun asit bataryalara göre daha yüksek olmasının yanı sıra kanserojen madde salınımı yapar [68].

Lityum bataryalar diğer batarya türlerine göre yüksek enerji yoğunluğuna sahip ve bunun yanında fiyatları da oldukça yüksektir. Lityum periyodik tablodaki en hafif elementlerdendir. Hafif ve yüksek performans istenilen bütün uygulamalarda tercih edilmektedir. BEA sistemleri için çok önemli bir gelişmedir. Dezavantajı ise yüksek maliyetinin yanı sıra lityum sıvı elektrolitle ve hava reaksiyona girebilmektedir. Bunun üstesinden gelebilmek için farklı elementler ile tepkimeye sokularak gelişmeler sağlanmıştır [68].

Batarya kontrol sistemleri hücre ve batarya şarj akımı, deşarj akımı, gerilim, sıcaklık ölçümünü yapar. Batarya sisteminin tam verimde yüksek performans ve güvenilir bir şekilde çalışması için gerekli ölçümleri yaparak ona göre batarya gruplarının çalışmasını sağlamaktadır. Bataryadaki hücrelerin deşarj anında eşit ve dengeli bir şekilde boşalmasını ve bataryaların sağlığının korunmasını sağlamaktadır. Bu dengelenme işlemi aktif ve pasif olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilmektedir. Pasif yöntemde hücreye paralel direnç bağlanarak dengeleme işlemi yapılırken, aktif yöntemde bobin, kapasitör veya dönüştürücü kullanılarak yapılmaktadır. Pasif yöntem enerji kaybına yol açsa da aktif yöntem nazaran uygulanabilirliği kolay maliyeti düşüktür.

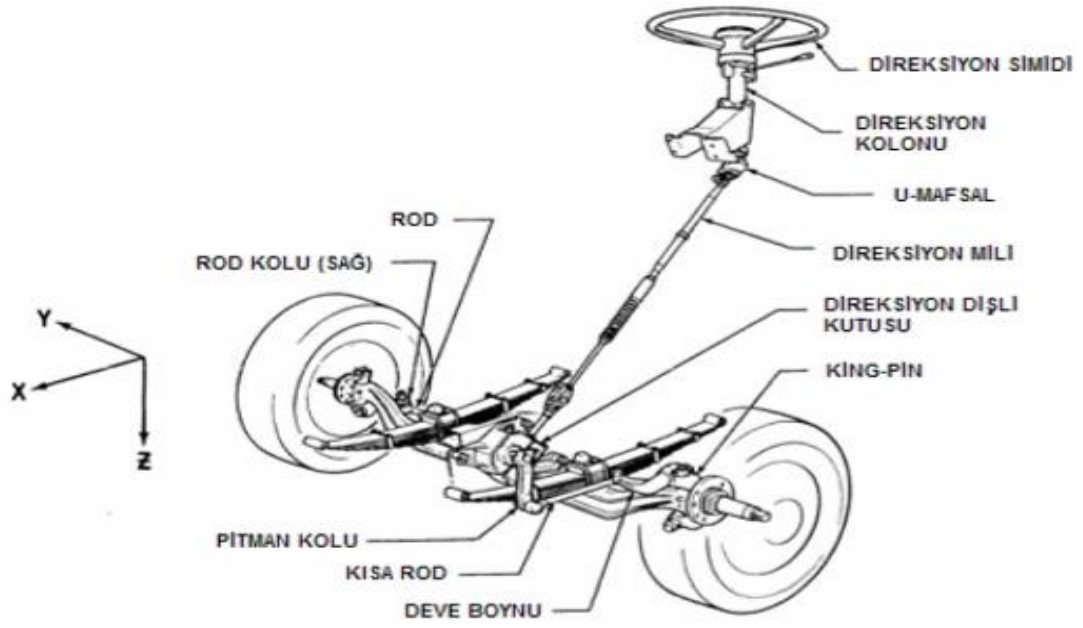
Teorikte pasif yöntemlerde enerji kaybı daha fazladır. Uygulamada ise pasif yöntemler yalnızca gerektiği zaman çalışır ve hem devre hem de harcanan enerji şeklinden dolayı enerji kaybı olur. Aktif yöntemlerde ise dengeleme için her zaman aktif bekleyen devre için bekleme enerjisi harcanır. Bekleme de harcanan bu enerji pasif yöntemdeki enerjiden kat ve kat fazla olabilir [69].

3.2.2. Mekanik Sistem Mimarisi ve Alt Sistemleri

Geleneksel İYM'li araçlarda direksiyon sistemi, İYM ve motordan elde edilen mekanik enerjiyi tekerleklere aktaran diferansiyel sistemi gibi temel mekanik sistemler mevcuttur. Elektrikli araçlarda ise motor hacminin küçük olmasından dolayı elde edilen enerjiyi aktarımda kullanılan diferansiyel sistemler ve tahrik yöntemleri için alternatif sistemler üretilmiştir.

3.2.2.1. Elektrikli Araçlarda Direksiyon Mekanizması

Sürücünün hareket halindeki araca yön verebilmesi için tasarlanmış mekanizmadır. Direksiyon simidine sürücünün uyguladığı kuvvetle mekanizmanın, ön tekerlekleri yönlendirmesiyle çalışır. Direksiyon mekanizması Şekil 3.6'da verildiği üzere direksiyon simidi ile başlayan ve tekere kadar birçok parçadan meydana gelir.



Şekil 3. 6. Direksiyon sistemi ve sistemi oluşturan parçalar [70].

Direksiyon mekanizmasını oluşturan temel parçalar; direksiyon simidi, dişli kutusu, deveboynu, rotlar ve tekerleklerdir. Tekerlekler ön akslardaki küresel mafsallar ya da başlık pimi ile salıncak kollarına ve rotlarla bağlantılıdır. Dingil başının sağa sola rahatça dönebilmesi için küresel mafsallara bağlanmıştır. Tekerlekler ise deveboynu üzerinde taşınır. Büyüyen araçlar ve çevresel faktörlerden dolayı aracın dinamik yön kontrolü zorlaşmaktadır. Bunun için direksiyon mekanizmalarında da büyük ölçüde yenilikler yapılmaktadır. Bu gelişmeler sonucunda farklı direksiyon türleri ortaya çıkmıştır. Sık kullanımı bakımından üç farklı direksiyon türü vardır. Bunlar:

- Mekanik direksiyon sistemleri
- Hidrolik direksiyon sistemleri
- Elektrik Yardımcılı direksiyon sistemleri

Mekanik direksiyon sistemleri birden fazla dişlilerin bir araya getirilerek oluşturulan dişli kutularıyla çalışan en eski direksiyon sistemlerindedir. Dişli kutusu çeşitleri içerisinde en çok kullanılan türler ise döner bilye somun tipi ve kremayer-pinyon dişli kutularındır.

Hidrolik direksiyon sistemleri sürücünün mekanik sistemlere nazaran daha kolay bir şekilde aracı yönlendirebilmesi ve döndürme kuvvetini azaltmak için geliştirilen direksiyon sistemleridir. Hidroliğin basıncından faydalanılarak dişli kutusundaki döndürme momenti kuvvetlendirilerek daha kolay bir sürüş sağlanmıştır.

Elektrik yardımcı direksiyon sistemleri hidrolik sistemlerde yaşanan pompa sorunları nedeniyle geliştirilen direksiyon sistemleridir. Sürücü tarafından çevrilen direksiyonun, bir elektrik motoru yardımıyla desteklenmesi ilkesine dayanır. Bu direksiyon sistemi sürüşte kolaylık ve yakıt tasarrufuyla kalmayarak direksiyon pompası, hidrolik akışkanı, hortumları ve kasnak sistemini ortadan kaldırarak yerden tasarruf sağlamaktadır [70].

3.2.2.2. Elektrikli Araçlarda Diferansiyel Mekanizması

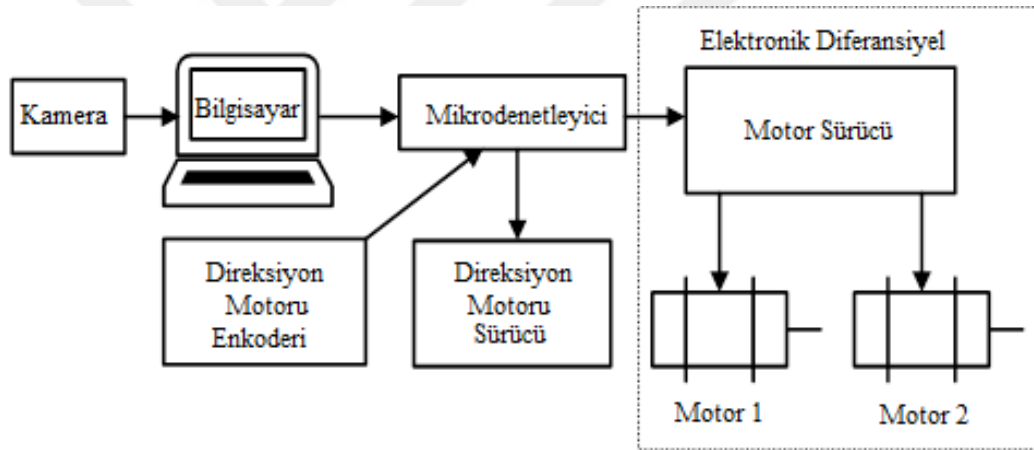
İYM'li araçlarda kullanılan motorun büyüklüğü ve ağırlığı nedeniyle temel mekanik diferansiyel sistemleri üzerinde geliştirme yapılmamıştır. Fakat elektrikli araçlarda kullanılan elektrikli motorların boyutlarının küçük olması ve hafif olmalarından dolayı farklı bağlantı noktalarıyla tahrik yöntemleri geliştirilmiştir. Bu sayede klasik diferansiyel sisteminin ağırlığından kurtulan araçlar hafifletmekte ve güçte meydana gelen kayıpları azalmaktadır.

Elektrik motorunun bağlanma ve aracı tahrik etme yöntemlerine göre farklı türleri mevcuttur. Bunlar; Sabit aktarımlı bağlantılı, Seri tip bağlantılı, Sabit aktarımlı dikey eksenli bağlantılı, Çift motorlu, Çift dişli kutulu, Çift motorlu değişken tipli bağlantılı ve Çift motorlu doğrudan kublajlı bağlantılı elektronik diferansiyel sistemleridir.

BÖLÜM 4

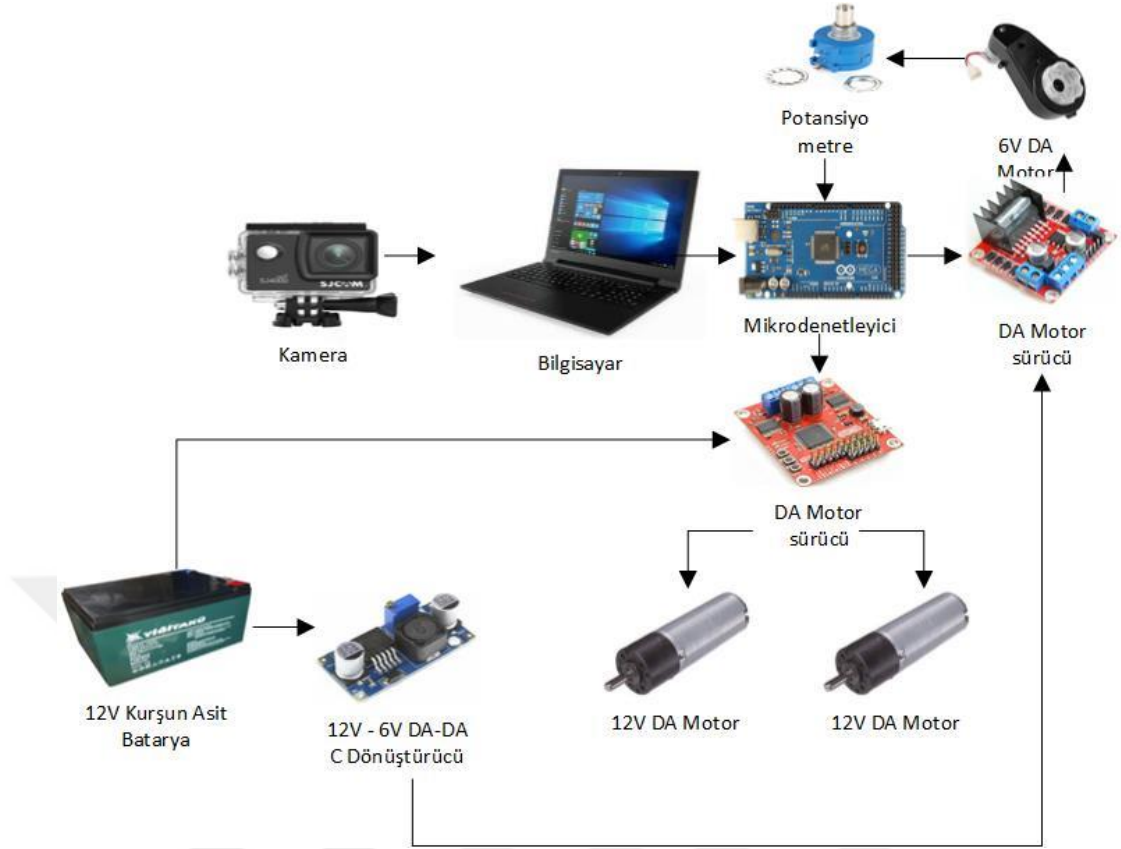
BATARYA ELEKTRİKLİ ARACIN DERİN ÖĞRENME VE GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE OTONOM DENETİM SİSTEMİNDE KULLANILAN MATERYAL VE METOTLAR

Bu tez çalışmasında batarya elektrikli araç olarak akülü bir araç sistemi mekanik ve elektronik olarak modifiye edilmiş ve deneysel çalışmalar için hazırlanmıştır. Şekil 4.1’de geliştirilen sistemin blok diyagramı verilmektedir.



Şekil 4. 1. Sistem çalışma blok diyagramı.

Kameradan alınan görüntüler bilgisayarda işlenerek gerçek zamanlı görüntü işleme yöntemiyle şerit takibi ve evrimsel sinir ağlarının transfer öğrenme yöntemiyle de tabela tanıma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu alt sistemlerin gerçek zamanlı çalışması ve sonuçlarına bağlı olarak bilgisayar araca doğrusal ve yanal olarak sinyal gönderir. Aracın tepki süresini hızlandırmak için bilgisayar ile diğer alt sistemler arasında mikrodenetleyici kullanılmaktadır. Bilgisyardan gelen sinyaller mikrodenetleyici yardımıyla alt motor sürücü entegrelerine sinyal gönderir. Aracın hareketi iki adet DA motor ile, direksiyon kontrolü bir adet DA motor ile yapılmaktadır. Direksiyon konumunun tespiti ise bir adet potansiyometre ile anlık olarak okunmaktadır. Oluşturulan sistemin bileşenleri Şekil 4.2’de verilmektedir.



Şekil 4. 2. Sistem blok diyagramı.

4.1 MATERYAL

Şekil 4.3'de bataryalı elektrikli arabanın modifiye edilmeden önceki hali verilmektedir. Batarya elektrikli aracın otonom olarak çalışabilmesi için gerekli temel mekanik ve elektronik bütün sistemler düşünülmüş ve araç üzerine monte edilmiş ve deneysel çalışmalar için hazır hale getirilmiştir.



Şekil 4. 3. Tomolco HL-208 akülü araba.

Akülü araçta bulunan motorların araç içerisine gerekli donanımların yerleştirilmesi sonucunda sistemin istediği tahrik gücünü karşılayamayacağı için değiştirilmeye ihtiyaç duyulmuştur. Motorların ağırlığını ve torkunun plastik şasinin karşılayamayacağı anlaşılmıştır. Dolayısıyla aracın plastik şasisi metalik malzeme ile desteklenerek tahrik gücü daha yüksek motorlar ile monte edilmiştir. Akülü araçta bulunan tekerlerin frenleme işlemi esnasında kayma yapabileceği anlaşılmış ve tekerle benzer çapta ve genişlikte kauçuk tekerlekler ile değiştirilmiştir. Batarya elektrikli araçların tasarlanırken ve üretilirken hesaplanan temel hesaplamalar bataryalı elektrikli araç içinde yapılmış ve göz önünde bulundurulmuştur.

Bataryalı elektrikli aracın sabit hız ile hareket ederken hızını koruyabilmesi için belirli bir tork değerinde tahrik olması gerekmektedir. Bataryalı elektrikli araçta kullanılan tekerlerin çapı 20 cm'dir. Aracın saatte 8 km sabit hız ile gidebilmesi için yaklaşık 200 round per minute ile dönmesi gerekmektedir. Aracın ihtiyacı olan tork kuvveti Eşitlik 4.1'de verilmektedir.

$$F_{tork} = F_t * \text{Tekerlek yarı çapı}(m) \quad (4.1)$$

F_t minimum tahrik kuvvetidir. Bulunabilmesi için gerekli matematiksel formül Eşitlik 4.2'de verilmektedir.

$$F_t = F_{rr} + F_{direnc} + F_g \quad (4.2)$$

Buradaki F_{rr} aracın yuvarlanma direnci, F_{direnc} aracın aerodinamik direnç kuvveti ve F_g ise aracın yol eğiminden kaynaklı negatif kuvvettir. Bu değişkenlerin hesabı için gerekli matematiksel formüller; F_{rr} Eşitlik 4.3'de, F_{direnc} Eşitlik 4.4'te ve F_g Eşitlik 4.5'te verilmektedir.

$$F_{rr} = m_{arac} * g * \cos(a) * C_{st} \quad (4.3)$$

M_{arac} araç ağırlığı 30 kg yerçekimi ivmesi 9.81 m/s^2 a yol eğimi 0° ve C_{st} yuvarlanma direnç sabiti 0.03'tür.

$F_{rr} = 30 * 9.81 * 0.03 = 8.829 N$ olarak hesaplanmaktadır.

$$F_{direnç} = 0.5 * p_{hava} * C_d * A_{ya} * (V_{arac} + V_{ruzgar})^2 \quad (4.4)$$

$F_{direnç}$ aerodinamik direnç hesabında, p_{hava} hava yoğunluğu 1.1455 kg/m^3 , C_d araç aerodinamik katsayı sabiti 0.4 , A_{ya} aracın yüzey alanı 0.5 m^2 , V_{arac} 8 km/saat ve V_{ruzgar} 0 olarak belirlenmiştir.

$$F_{direnç} = 0.5 * 1.1455 * 0.4 * 0.5 * (8 + 0)^2 = 7.33 N \text{ olarak hesaplanmaktadır.}$$

$$F_g = m_{arac} * g * \sin(a) \quad (4.5)$$

Yol eğimi direnci hesabında m_{arac} araç ağırlığı 30 kg , yerçekimi ivmesi 9.81 m/s^2 ve a yol eğimi 0° dir.

$$F_g = 30 * 9.81 * 0 = 0 \text{ olarak hesaplanmaktadır.}$$

$$F_t = 8.829 + 7.33 + 0 = 16.159 \text{ olarak bulunmektedir.}$$

$$F_{tork} = 16.159 * 0.1 = 1.6159 Nm \text{ olarak hesaplanmaktadır.}$$

Bataryalı elektrikli aracın düz yolda harcayacağı minimum enerji değeri Eşitlik 4.6'da verilmektedir.

$$P = F_{tork} * \frac{\text{Teker Devri}}{9.549} \quad (4.6)$$

$$P = 1.6159 * 200 / 9.549 = 33.89 W \text{ olarak hesaplanmaktadır.}$$

Yapılan hesaplamalar doğrultusunda akülü arabanın saatte 8 km hız ile giderken tüketilen gücü karşılayabileceği kanıtlanmıştır[71]. Elektrikli aracın modifiye edildikten sonraki resimleri Şekil 4.4'de verilmektedir. Tez için modifiye edilen akülü arabanın teknik özellikleri Çizelge 4.1'de verilmektedir.

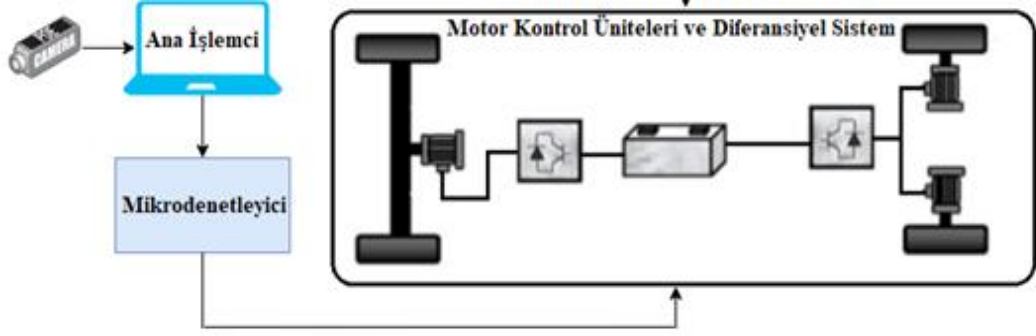


Şekil 4. 4. Bataryalı elektrikli arabanın farklı açılardan görünümü.

Çizelge 4. 1. Akülü otonom aracın teknik özellikleri.

Özellik	Değer	Birim
Uzunluk	120	cm
Genişlik	40	cm
Yükseklik	10	cm
Teker Sayısı	4	adet
Kabuk	Plastik	
Lastik Çapı	20	cm
Ön Tekerler Arası Mesafe	25	cm
Arka Tekerler Arası Mesafe	30	cm
Doğrusal Tahrik Motoru	Mg401 DA Motor	
Sürücü	Roboclaw 2X15A	
Motor Gücü	90	W
Motor Ağırlığı	1.470	kg
Yanal Tahrik Motoru	DA motor	
Sürücü	LM298	
Motor Gücü	25	W
Motor Ağırlığı	800	gr
Batarya	Jel Akü	
Batarya Nominal Gerilimi	12	V
Batarya Maksimum Gerilimi	14,70	V
Nominal Batarya Gücü	180	W

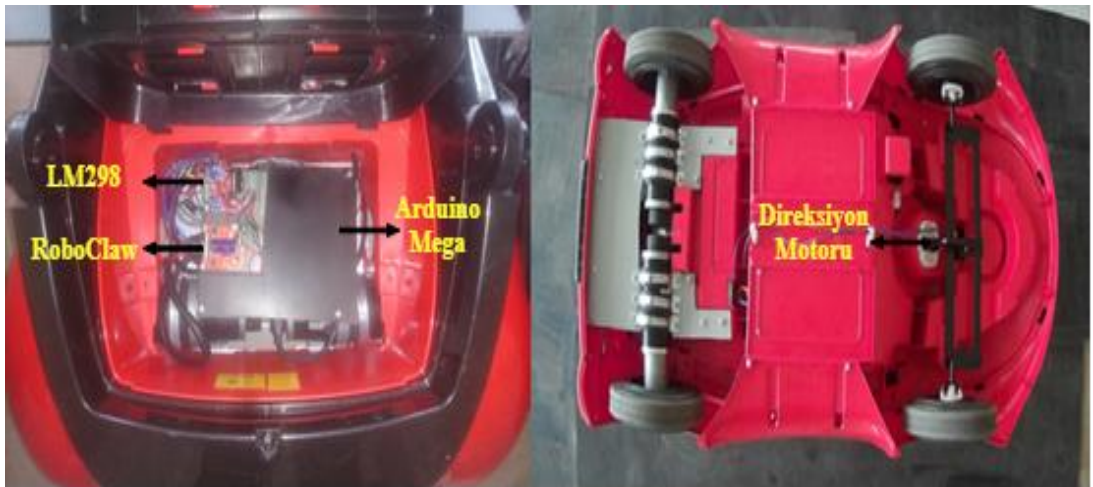
Tez çalışması için geliştirilen akülü otonom aracın bileşenleri Şekil 4.5'te verilmektedir. Akülü araba akü, araç doğrusal tahrik elektrik motoru, direksiyon tahrik elektrik motoru, diferansiyel sistem, motor kontrol üniteleri, kamera ve ana işlemci 'den oluşmaktadır.



Şekil 4. 5. Akülü otonom aracın alt sistem bileşenleri.

4.1.1. Bataryalı Otonom Aracın Alt Sistemleri

Bataryalı elektrikli aracın tüm alt sistemleri araç şasisine monte edildikten sonra gerekli kablolama ve montaj işlemleri tamamlanmıştır. Aracın motor sürücü devresi ve ara denetleyici kartı koltuk altına monte edilmiştir. Diğer ana kontrolcü ve aküler aracın ağırlık merkezini ortada tutmak için orta kısma yerleştirilmiştir. Aracın montaj işlemleri sonrası görünümü Şekil 4.6'da verilmektedir.



Şekil 4. 6. Aracın elektronik ve mekanik olarak montaj edilmiş resmi.

Aracın ana sistem şalterleri ön kısımdaki panoya yerleştirilmiş olup, doğrusal ve yanıl tahriklenme ve sistem ana güç şalterleri farklı anahtarlarla aç kapa yapılmaktadır. Araç maksimum 3m/s hızla hareket edebilmekte ve dönüş açısı 45 derecedir. Kamera aracın ön kısmına şeritleri ve tabelaları görebilecek şekilde montaj edilmiştir. Direksiyon üzerine bir enkoder montaj edilerek direksiyon konumu ile ilgili bilgiler ara denetleyici karta gönderilecek şekilde bağlantıları yapılmıştır.

4.1.1.1. Akülü Araç Bataryaları

Bu tez çalışmasında 12V nominal çalışma gerilimi 14Ah akım değerine sahip olan yiğit akü markalı iki adet jel akü tercih edilmiştir. Tercih edilme sebebi içinde herhangi bir sıvı çözeltilisi bulunmaması ve bakıma ihtiyacının olmamasıdır. Ayrıca kullanılabilen toplam kapasitesi diğer bataryalara göre daha yüksektir. Jel bataryaların kullanım kapasitesi %80'e varırken sulu çözeltili bataryaların kapasitesi %60 seviyesindedir. Ayrıca jel akünün ömrü diğer sulu çözeltili akülere oranla yüksektir. Jel akü Şekil 4.7'de nün teknik özellikleri Çizelge 4.2'de verilmektedir.

Çizelge 4. 2. 12V 14Ah Jel akü teknik özellikleri.

Akü Tipi	YGD12 14(A) C(10)
Kapasite (Ah)	14
Akü Ölçüleri (mm)	155X99X99
Ağırlık (kg)	4,3
İç Direnç (mOhm)	13mOhm
Kendi Kendine Deşarj	3 ayda %10
Şarj Voltajı	13,5-13,8
Bütün Özellikler Oda koşullarındaki sıcaklık değeri içindir.	



Şekil 4. 7. 12V 14Ah Jel akü.

Batarja deşarj durumunu belirten 1C eğrisinde 1 saat deşarj edilebileceği görülmektedir. 12V ve 7Ah alışan sistemin ortalama 2 saat gibi bir süre zarfında aracın otonom çalışabileceği görülmektedir. Ortalama bir jel ak 500 defa şarj edilebilir.

4.1.1.2 Bataryalı Otonom Aracın Akü şarj nitesi

Aracın kullanımı sırasında deşarj edilen bataryaların tekrar şarj edilmesi gerekmektedir. Bunun için bir harici şarj ünitesine ihtiyaı doğrultusunda Catpower marka Catpower260 model şarj cihazı tercih edilmiştir. Harici şarj birimi şekil 4.8’de verilmektedir.



şekil 4. 8. Catpower 260 harici şarj birimi.

Catpower 260 harici şarj birimine ait teknik özellikler izelge 4.3’de verilmektedir.

Çizelge 4. 3. Catpower260 teknik özellikler.

Özellik	Değer-zellik
Giriş Gücü	220V-50Hz-60W
şarj Akımı (12V-14Ah ak için)	3.8A
şarj Gerilimi	3,8V-14,7V
şarj Programları	Motor aks, Araba aks
şarj Fonksiyonları	Sürekli şarj Fonksiyonu, Ters polarite koruma
ller	230X73X48 mm
Koruma Tipi	IP65
Koruma Sınıfı	Sınıf II

4.1.1.3. Araç Doğrusal ve Yanal Tahrik Sistemi

Bataryalı otonom aracın tahrik sistemi doğrusal ve yanal olmak üzere iki kısımdır. Doğrusal tahrik sistemi iki elektrik motoru ve diferansiyeldir. Yanal kontrol tahrik sistemi ise bir elektrik motoru ve direksiyon diferansiyelidir. Aracın doğrusal olarak hareket edebilmesi için planet dişli redüktörlü 24V MG401 DA motor tercih edilmiştir. Nominal 24 V besleme gerilimine, dakikada 310 devir dönme hızına, 2.5 Nm nominal torka ve 90W nominal güce sahiptir. Yanal kontrol için ise 6V nominal çalışma gerilimi ve 50W güce sahip 300 Rpm Redüktörlü DA motor kullanılmıştır. Motorların teknik özellikleri Çizelge 4.4'te ve motora ait resim Şekil 4.9'da verilmektedir.

Çizelge 4. 4. MG401 teknik özellikleri.

Özellik	MG401	Direksiyon Motoru
Nominal Gerilim (V)	24	6
Nominal Güç (W)	90	30
Nominal Akım (A)	1	0,3
Nominal Hız (devir/dk)	310	210
Nominal Tork (Nm)	2,5	1,0
Kiteleme Torku (Nm)	8	8,5
Redüksiyon Oranı	1/9	0
Dönüş Yönü	CW /CCW	CW /CCW
Koruma Sınıfı	IP44	-
Ağırlık (kg)	1,47	72
Enkoder	Var	Yok



Şekil 4. 9. 6V redüktörlü DA motor.

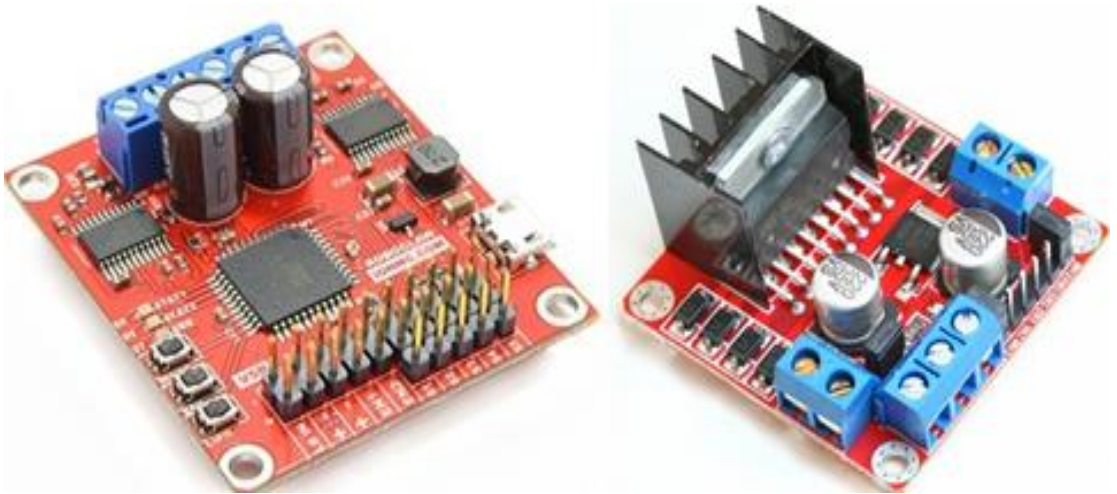
Yanal kontrol sistemini tahrik eden motor için 12V akünün çıkış gerilimini 6V değerine düşürmek için bir adet Lm2596 DA -DA dönüştürücü kullanılmıştır. Giriş gerilim değeri 4V-35V, çıkış gerilim değeri 1.23V-30V aralığındadır. Çıkış akımı ise maksimum 3A değerindedir. Şekil 4.10'da Lm2596 verilmektedir.



Şekil 4. 10. Lm2596 DA -DA dönüştürücü.

4.1.1.4. Motor Kontrol Ünitesi

Bataryalı elektrikli otonom aracın doğrusal kontrolü için RoboClaw 2X7A ve yanal kontrolü için ise LM298 olmak üzere iki farklı motor kontrol ünitesi kullanılmıştır. Motor türü ve özelliklerine göre birçok motor sürücü devresi bulunmaktadır. Şekil 4.11'de verilmektedir.



Şekil 4. 11. Solda RoboClaw 2X7A ve sağda LM298 DA motor sürücü devreleri.

Bu tez çalışmasında kullanılan DA motor sürücüler ise Pololu markasının ürettiği RoboClaw 2X7A ve STMicroelectronics markasının ürettiği Lm298 DA motor sürücüleridir. Roboclaw 2X7A DA motor sürücü aracın doğrusal hareket etmesi için ve LM298 DA motor sürücü direksiyon hareketlerinin kontrolü için kullanılmaktadır. RoboClaw 2X7A kendinden enkoder okuma özelliğine sahip gelişmiş bir motor sürücü devresidir. RoboClaw 2X7A ve Lm298 DA motor sürücülere ait teknik özellikler Çizelge 4.5’da verilmektedir.

Çizelge 4. 5. Roboclaw 2X7A ve Lm298 Motor sürücülerinin Teknik özellikleri.

Özellik	RoboClaw	Lm298
Motor Kanal Sayısı	2	2
Çalışma Gerilim Aralığı	3V - 34V	5V - 35V
Sürekli Çıkış Akımı	7,5A	2A
Zirve Çıkış Akımı	15A	3A
Kontrol Sinyali	PWM	PWM
5V regülatör maksimum akım	150mA	36mA
Ölçüleri	42mm x 48mm	55mm x 49mm
Ağırlığı	17gr	39gr

4.1.1.5. Görüntü Alma Birimi

Bataryalı elektrikli otonom aracın yol şartlarını, tabelaları ve çevresel objeleri algılayabilmesi için işleyeceği görüntüyü alıp OKB’ye gönderecek bir görüntü alma birimine ihtiyaç duyulmuştur. Bunun için SJcam markasının SJCam4000 ürünü tercih edilmiştir. Görüntü algılama birimi Şekil 4.12’de verilmektedir.



Şekil 4. 12. SJCam400 aksiyon kamerası.

1080p Full HD çözünürlükte 30 fps görüntü akışı sağlayabilen bu aksiyon kamerası aynı zamanda 170 derecelik geniş görüş açısına da sahiptir. Görüntü algılama birimi teknik özellikleri Çizelge 4.6’da verilmektedir.

Çizelge 4. 6. SJCam4000 aksiyon kamerası teknik özellikleri.

Özellik	Değer
Etkin Piksel	12MP
Azami Resim Çözünürlüğü	4032x3024
Azami Video Çözünürlüğü	1920x1080
Video Kare Hızı	30 fps
Bağlantı Türü	Seri
Ölçüleri	59mmX41mmX30mm
Ağırlığı	58gr

4.1.1.6. Direksiyon Konum Kontrol Birimi

Bataryalı elektrikli aracın direksiyon konumunun OKB tarafından hareket planlaması yapılması için bilinmesi gerekmektedir. Konum bilgisinin mikrodenetleyiciye gönderilmesi için çok turlu hassas potansiyometre kullanılmıştır. Şekil 4.13’de verilmektedir.



Şekil 4. 13. Çok turlu hassas potansiyometre.

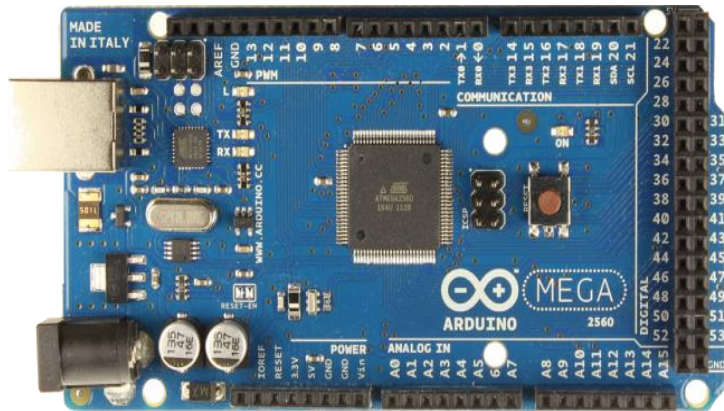
Potansiyometre ön direksiyon miline mekanik olarak montaj edilmiş ve direksiyonun dönüş turuna göre konum bilgisi elde edilip ara işlemciye bilgi gönderilmektedir. Bu şekilde direksiyon konumu hesaplanmaktadır. Şekil 4.14’te potansiyometrenin montaj edilmiş fotoğrafı verilmektedir.



Şekil 4. 14. Direksiyon miline montaj edilen potansiyometrenin görünümü.

4.1.1.7. Ara işlemci ve Haberleşme Birimi

OKB ve diğer alt sistemlerin direkt olarak haberleşmesi hem OKB' de tepki süresi yavaşlamasına hem de veri kaybına yol açabileceği için OKB ve sistemler arasında bir ara işlemci kullanılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyacı karşılamak için Arduino markasının Arduino Mega denetleyicisi kullanılmıştır. Bu birim algılayıcılar ve eyleyiciler ile haberleşerek OKB'nin diğer sistemlerle seri haberleşmesini sağlamaktadır. Arduino Mega görseli Şekil 4.15'de verilmektedir.



Şekil 4. 15. Arduino Mega.

Arduino Mega Atmel marka ATmega2560 ürünü olan mikrodenetleyici bulunduran bir devre kartıdır. Arduino mega üzerinde 54 tane digital Giriş / Çıkış pini ve 16 analog

Giriş / Çıkış pini bulunmaktadır. 4 adet Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART), Universal Serial Bus (USB) bağlantısı ve bir adet 16 MHz kristal osilatör butonu bulunmaktadır.

Arduino Mega'nın ara işlemci ve haberleşme birimi olarak seçilmesinin temel sebebi Üzerinde bulunan ATmega2560 4 adet donanımsal UART ile TTL seri haberleşme yapabilmektedir. Bu sayede USB protu üzerinden de kolaylıkla seri haberleşme sağlanabilmektedir. Arduino Mega'ya ait diğer teknik özellikler Çizelge 4.7'de verilmektedir.

Çizelge 4. 7. Arduino mega teknik özellikleri.

Özellik	Değer
Mikrodenetleyici	ATmega2560
Saat Frekansı	16 MHz
EEPROM	4KB
SRAM	8KB
Flash Hafıza	256KB
Dijital Giriş	54
Analog Giriş	16
Çalışma Gerilimi	7V-12V
Pin Çıkış Akım	40mA
Ölçüleri	101.6 mm x 53.4 mm
Ağırlığı	36gr

4.1.2. Batarya Elektrikli Aracın Otonom Kontrol Ünitesi

Batarya elektrikli araçlar için tasarlanan ve geliştirilen otonom kontrol ünitesinde temel amaç çevreden algılanan veriler doğrultusunda ara işlemciye göndererek, ara işlemcinin eyleyicilere kontrol ve tahrik sinyalini göndermesini sağlamaktır. Bu tez çalışması için OKB için Lenovo markasının Z500 serisi dizüstü bilgisayarı tercih edilmiştir.

OKB seri haberleşme protokolleriyle ara işlemci olan arduino ve çevreyi algılayan algılayıcılar ile haberleşmektedir. Çevresel algılayıcılardan aldığı verileri işleyerek gerekli kontrol sinyallerini üreterek, ara işlemciye gerekli komutları gönderir. Ara

işlemci gelen kontrol parametreler doğrultusunda doğrusal ve yanal kontrol sinyallerini eyleyicilere gönderir ve kontrolünü sağlar. OKB şerit takip işlemini görüntü işleme yöntemi, Tabela ve nesne takibini ise derin öğrenme yöntemiyle gerçekleştirilmektedir.

4.2. METOT

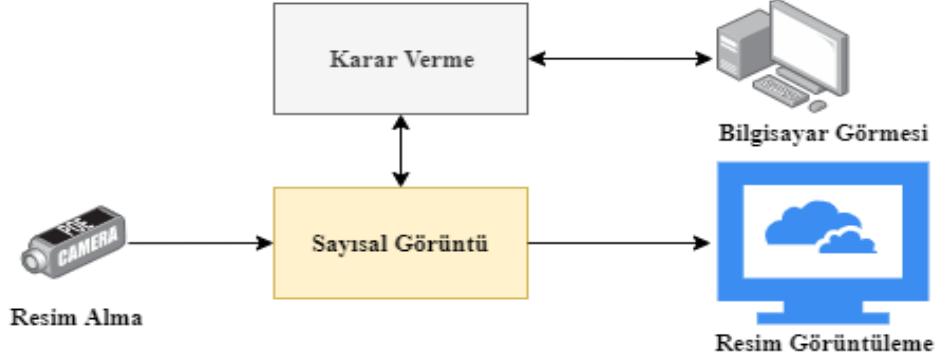
Kameradan alınan veriler iki farklı yöntemle kontrol sinyallerine dönüştürülmektedir. Bunlardan birincisi; Görüntü işleme yöntemleri kullanılarak şeritlerin tanımlanarak tanınmasıdır. İkincisi ise derin öğrenme yöntemleri kullanılarak tabela ve nesnelere tanımlanması ve kontrol sinyallerinin üretilmesidir. Daha sonra OKB'nin çıktısı olan değerler ara işlemciye kontrol sinyali olarak gönderilir burada gelen sinyaller eyleyicileri tahrik ve kontrol etmek üzere gönderilir.

4.2.1. Görüntü İşleme

Görüntü işleme ve yorumlama mekatronik sistemler için oldukça önemlidir. Robotik görme, otonom hava-kara-deniz taşıtları, yüz tanıma sistemleri, tıpta medikal görüntülerin işlenmesi, elektron mikroskobu, uydu görüntülerinin işlenmesi, savunma sanayisi, tarım ürünlerinde kalite tahmininde ve nesne ayırt etme sistemleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

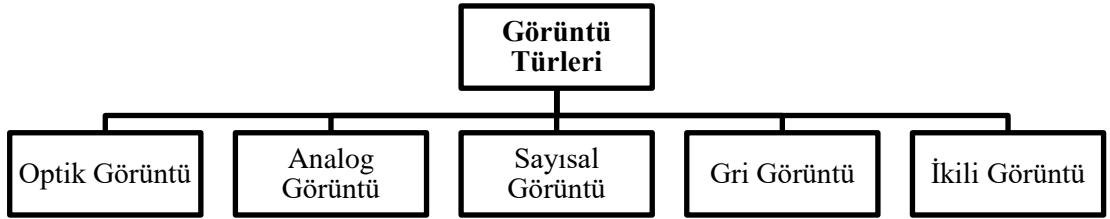
Görüntü işlemede temel mantık dijital görüntüler üzerinde bazı yapısal özelliklerin değiştirilmesi veya geliştirilmesiyle bu görüntüler üzerinden çıkarım ve yorumlama yapabilmektir. Canlıların görme sisteminin çalışma prensibine benzer bir şekilde bilgisayar ortamında gerçekleştirilmeye çalışılan mekatronik sistemlerde kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemlerden bazıları; görüntünün sayısallaştırılması, iyileştirilmesi, sınıflandırılması, bölümlenmesi, kaydedilmesi ve ihtiyaç halinde yeniden çağırılması aşamalarından sonra nesne algılama, renk algılama, nesne ayırt etme, renk ayırt etme ve algılanan cisimlerin yorumlanmasıdır. Bu yöntemlerin gerçekleştirilmesi basit görünse de oldukça karmaşık ve zordur. Algılama noktasında canlıların göz sistemiyle eşdeğer bir kamera sistemi kurmak oldukça zordur. Aynı zamanda elde edilen görüntüleri yorumlayacak ve mantıklı çıkarımlar yapacak insan

beyni kadar gelişmiş bir bilgisayar sistemi oldukça pahalı ve büyük boyutlara sahiptir [72]. Temel Görüntü işleme blok diyagramı Şekil 4.16'da verilmektedir.



Şekil 4. 16. Temel Görüntü işleme blok diyagramı.

Görüntü işlenin temel yapı taşı matrislerden oluşan piksellerdir. $M \times n$ boyutlarından oluşan matrislerin her bir elemanı bir pikseldir. Bu da sayısal görüntünün piksel sayısına eşittir ve çözünürlüğünü belirtmektedir. Bu matris boyutları 1920×1080 , 1366×768 ve 800×600 gibi örneklendirilebilir. Bu iki sayının çarpımı piksel sayısını vermektedir. Görüntü işleme de görüntü türleri Şekil 4.17'de görüldüğü üzere; optik, analog, sayısal, ikili ve gri görüntü olmak üzere 5 başlık altında incelenebilir.



Şekil 4. 17. Görüntü türleri.

Optik görüntü: Kameralarda oluşan ilk görüntü türüdür. Cisimlerin, ayna sistemleri veya mercek tarafından ışığın kırılma ve yansıma yöntemleri kullanılarak üretilen görüntüsüdür.

Analog görüntü: Analog görüntü optik görüntünün kamera içinde elektriksel olarak dönüştürülmüş halidir. Bu görüntü Eşitlik 4.7'de verilen $f(x, y)$ şeklinde x, y değerlerine sahip fonksiyonlardan ibarettir.

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

Sayısal görüntü: Analog görüntü fonksiyonlarını bilgisayar anlamayacağı ve ayırt edemeyeceği için sayısallaştırma işleminin yapıldığı görüntüdür. Bu görüntü türünde fonksiyonlar sayısallaştırılarak matris haline dönüştürülür.

Gri görüntü: Sayısal görüntüden sonra oluşan sayısal matrisleri sadeleştirmek için renk katmanında sadece gri renk ve tonlarını filtrelenerek ayrılmış halidir. Bu sayede gereksiz renklerden kurtulur, işlem yükü ve gürültü azaltılır. İkili görüntü: Gri görüntü ile benzer olan ikili görüntü siyah ve beyaz renklerin filtrelenerek alınmış halidir. Bu sayede işlem yükü ve gereksiz verilerden kurtulur. Renkli görüntü: Görüntünün orijinal renkleriyle netleştirilmiş ve iyileştirilmiş halidir. Görüntü işleme yöntemlerinde ilk olarak eldeki görüntü belirgin hale getirilmelidir. Bunun için yapılacak işlemler; Parazit ve bozucu etkileri filtrelemek ve yapısal bozuklukları minimize etmektir.

4.2.1.1. Görüntü İyileştirme Yöntemleri

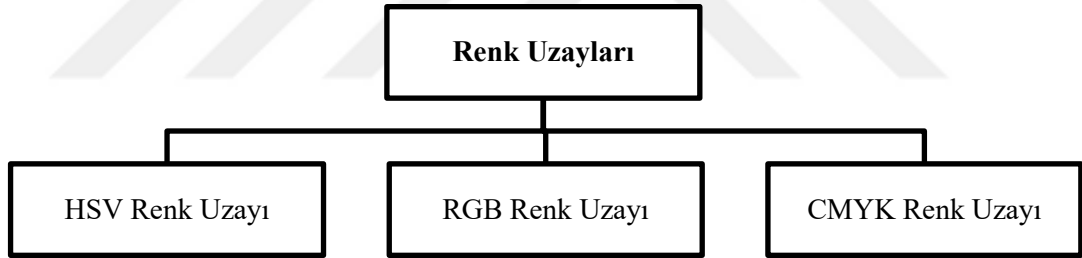
Genel olarak donanımsal eksiklik ve hatalarından meydana gelen görüntü parazitlerin giderilmesi, resimdeki hatların ve detayların belirgin olmaması durumunda iyileştirilerek belirgin hale getirilmesidir. Bu işlemler sonucunda yeni görüntüler meydana gelir. Sayısal görüntüde ise nesnelere ait (Kırmızı, yeşil ve mavi renk değerleri, gri-ton değeri, alan, konum, şekil, açı, uzunluk, vb.) gibi parametrelerin ölçülmesinden dolayı sayısal değerler üzerinde değişiklik yapılır.

Ön işlemler basamağında dijital resmi sayısal verilerde dönüştürdükten sonraki işlem ön işlemler basamağıdır. Bu işlem basamağında amaç resmi bazı ön işlemlerden geçirerek daha sonraki işlem basamaklarında başarıyı arttırmaktır. Bu işlemlerin bazıları; resimdeki gürültülerin azaltılması, kontrastın ayarlanması, resimdeki bölgelerin birbirinden ayrılması ve resimdeki parazitlerin yok edilmesidir.

Ön işlemler basamağından sonra segmentasyon yani görüntü biçimlendirme işlemine geçilir. Bu işlem basamağında görüntüdeki resim içerisindeki farklı özelliklere sahip bölgelerden istenilen kısmın diğerlerinden ayrıştırılması yapılır. Bu işlem görüntü iyileştirmenin en zor aşamalarından biridir. Bu noktada yapılacak bir hata görüntü işleminin tamamını etkileyebilir. Nesnenin veya objenin boyutu, alanı, kenar çizgileri vs. hesaplanması ve sayısal verilerin çıkarılması işlemlerini gerçekleştirir. Eğer nesnenin yüzey alanı, yüzey rengi, yapısal iskeleti vs. gibi özellikleri hakkında bilgi isteniyorsa bölgesel biçimlendirme yöntemi kullanılır. Daha zorlu sistemler için her iki yöntemi de kullanmak en doğru seçenek olacaktır.

4.2.1.2. Görüntü İşlemede Renk Uzayları

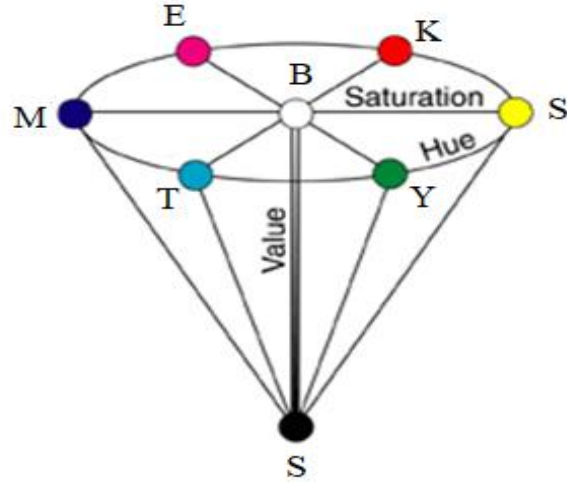
Renk uzayları görüntü işleminin en önemli parametrelerindedir. Bir görüntünün renk yoğunluğuna göre filtrelenmesi işlemi renk uzayları yardımıyla yapılır. Şekil 4.18'de renk uzaylarının sınıflandırılması verilmektedir.



Şekil 4. 18. Renk uzayı modelleri.

Görüntü işleme yöntemlerinde en çok kullanılan renk uzayı modelleri; ton - doyum – değer (HSV - TDD) renk uzayı, kırmızı - yeşil – mavi (RGB - KYM) renk uzayı, turkuaz - eflatun - sarı – siyah (CMYK - TESA) renk uzaylarıdır [73].

HSV renk uzayı Türkçe karşılığı ton, doygunluk ve değer kelimelerinin İngilizce kısaltması olan HSV en önemli renk uzayı modellerindedir. Bu model renklerin kendisiyle beraber tonu, doygunluğu vb. değerleriyle de ilgilenir. İsmindeki değer parametresi parlaklık değeridir. Ton parametresi renk tonlarının ayarlaması yapılan parametredir. Doygunluk ise renklerin canlılık değerlerinin ayarlandığı parametredir. Şekil 4.19'da HSV renk uzayı modeli verilmektedir.



Şekil 4.19. HSV renk uzayı gösterimi.

Daire şeklinde olan üst kısmın çevresi ton değeridir. Bu değer 0 - 360 arasında 360 derecelik bir değer aralığına sahiptir. Ton değerlerinde ana renkler kırmızı, yeşil, sarı, turkuaz, mavi ve eflatundur. Bu renkler arasında sıralı olarak 60 derecelik aralıklar vardır. 0 kırmızı ile başlayan değer saat yönünde tekrar 360'da kırmızıya dönerek bu aralıkta sıralı değerler alırlar. Dairenin orta noktasından çevre yayına uzanan vektörler doygunluk değeridir. Rengin doygunluk değeri 0 – 1 arasında değerler alır. Dairenin merkezinden koninin uç noktasına uzanan vektör ise Parlaklık değeridir. Parlaklık değeri de 0 - 1 arasında değer alır. Koninin uç kısmından yukarı doğru gidildikçe parlaklık değeri artar. Koninin uç kısmında siyah renk dairenin merkezinde ise beyaz renk bulunmaktadır.

RGB renk uzayı adını sırasıyla Türkçe karşılığı kırmızı, yeşil ve mavi olan renklerin İngilizce yazımının baş harflerinden alan RGB bir renk uzayı modelidir. Bu modelde ana renkler kırmızı yeşil ve mavidir. Diğer renkler bu renklerin birleşmesiyle oluşan ara renklerdir. Bütün ana renklerin birleşimiyle de beyaz ren meydana gelir. Renksizlik durumu ise siyah rengi temsil eder. Ana renklerden kullanılan renklerin değeri 0 – 255 arası değer alır. Örneğin; eğer renk ana renk maviyse 255, ara renk mavi kombinasyonu renk ise 0 – 255 arası veya mavi renk yok ise 0 değeri alır.

CMYK renk uzayı adını Türkçe karşılığı turkuaz, eflatun, sarı ve siyah (anahtar) renklerinin İngilizce karşılığının kısaltmalarından alan CMYK ara renklerden oluşan renk uzayı modelidir. Üç ara renkle kombinasyonun sonucu ana renkler ve siyah

renklerin aralığı ortaya çıkmaktadır. RGB'nin tam tersi olarak renklerin kullanılmadığı aralık ise beyaza karşılık gelmektedir. CMYK renk uzayı RGB renk uzayı gibi 0 – 255 arasında sayısal değerler almaktadır. Ana renkler kullanılıyorsa 255, ara renkler kullanılıyorsa 0 – 255 arası bir değer veya siyah renk ise 0 değeri alır.

4.2.1.3 Sayısal Görüntü İşleme Yöntemleri

Görüntü sayısallaştırıldıktan sonra uygulanan yöntemler (onarım, iyileştirme ve sınıflandırma gibi...) bütünüdür. Bu yöntemler görüntünün kullanılabilirliğini ve görüntü işleme yönteminin doğruluğunu etkileyen ileri seviye, orta seviye ve temel seviye olmak üzere çeşitli işlemler yapılmaktadır.

Temel seviyeli işlem basamağı elde etme ve ön işleme aşamasından meydana gelmektedir. Elde etme aşaması kamera vasıtasıyla görüntünün elektronik sinyallere oradan da sayısal görüntüye çevrilmesi için yapılan işlemler bütünüdür. Ön işleme aşaması ise oluşan sayısal görüntünün iyileştirme, onarım ve sıkıştırılması gibi işlemlerin yapıldığı basamaktır. Bu işlem basamakları verinin iyileştirilmesi ve onarımıyla diğer aşamalarda başarıyı arttırmaktadırlar.

Orta seviye işleme aşamasında genel olarak bölümlenme ve çıkarım olarak iki alt başlık altında incelenebilir. Bölümlenme basamağında parçalara ayırma ve segmentasyon işlemleri yapılır. Sayısal görüntüdeki görüntü farklarından yararlanılarak nesnelere ve kenarlarını algılamak için kullanılır. Herhangi bir cismin ayırt edici özelliği olan rengi, şekli, sınırları gibi özelliklerinden yararlanılarak cismi diğer objelerden ayıran yöntemler topluluğudur. Çıkarım basamağı ise bölümlenme basamağından sonra elde edilen bilgiler doğrultusunda nesnenin ayırt edici özelliklerinin belirlendiği ve sınıflandırma işleminin gerçekleştirildiği basamaktır.

İleri seviye işleme, düşük ve orta seviyenin yaptığı çıkarımları sonuca ulaştırma aşamasıdır. Sayısal görüntünün sınıflandırılması ve etiketlenerek isteğe uygun bir şekilde kullanılmasını sağlayan son aşamadır. Genel manada yorumlama işlemlerinin yürütüldüğü yorumlama basamağıdır.

4.2.2. Derin Öğrenme

Derin öğrenme, çalışma prensibi bakımından insan beynine benzeyen bir makine öğrenmesi yöntemidir. Yapay sinir ağları, makine öğrenmesi gibi çalışma alanlarını kapsayan zeki sınıflandırma ve tahmin yöntemidir. Geniş veri setlerinin yardımıyla birden fazla veriden yararlanılarak sınıflandırma, özellik çıkarma ve dönüştürme gibi yöntemler kullanılarak karmaşık problemleri çözebilirler. Yaptıkları hatalardan ve doğrulardan tecrübe edinirler ve doğruluğu arttırmaya katkı sağlarlar. Gözetimli, yarı gözetimli ve gözetimsiz olarak gerçekleştirilebilirler. Derin öğrenme, otonom taşıtlarda (gelişmiş araç sürüş yardımcısı, şerit tespiti, yaya algılama ve otomatik park etme gibi) yüz tanıma, nesne tanıma, nesne sınıflandırma ve hareket algılama sistemleri için kullanılır [74]. Yapay sinir ağlarının gelişmiş bir türü gizli katman sayısı fazla olan çok katmanlı yapıya sahip her katmanda öğretilen bilginin farklı bir niteliğinin öğrenildiği yapılardır. Her katmanda farklı bir bilgi öğrenilerek bir sonraki katmana girdi olan gelişmiş sinir ağlarından ibarettir. Beynin verdiği sonuçlara en yakın sonuçları veren yöntemlerdendir.

Gelişen teknoloji ile birlikte merkezi işlem birimi yerini gelişmiş Graphics Processing Unit (GPU) sistemlerine bırakmaya başlamıştır. Bu da yoğun matris işlemlerini zorlanmadan ve gecikme olmadan yapabilmek anlamına gelmektedir. Bu gelişmelerin sonucunda eğitim hızları, derin öğrenme yöntemlerinin doğruluk oranları, çalışma doğrulukları, çalışma hızları, sınıflandırma işlemlerindeki performansları ve sistemle optimizasyonları oldukça artmıştır. Derin öğrenme yöntemlerindeki gelişmeyle birlikte günümüzde sesle tanıma sınıflandırma, nesne tanıma ve sınıflandırma gibi işlemler kolaylıkla yapılabilmektedir. Görüntü işleme yöntemlerinde en etkili ve başarılı sonuçlar veren ağ mimarisi Evrişimsel sinir ağları (ESA) dir.

4.2.2.1 Evrişimsel Sinir Ağları

ESA'lar derin öğrenme metodunun bir alt dalıdır. ESA'lar görsel bilginin analiz edilmesinde ve sınıflandırılmasında kullanılır. Yaygın kullanım alanları resim video sınıflandırma, doğal dil işleme, tıbbi görüntü analizi vb. olarak sıralanabilir. Fakat görüntü işleme ve sınıflandırma gibi problemler karşısında en çok tercih edilen ağ

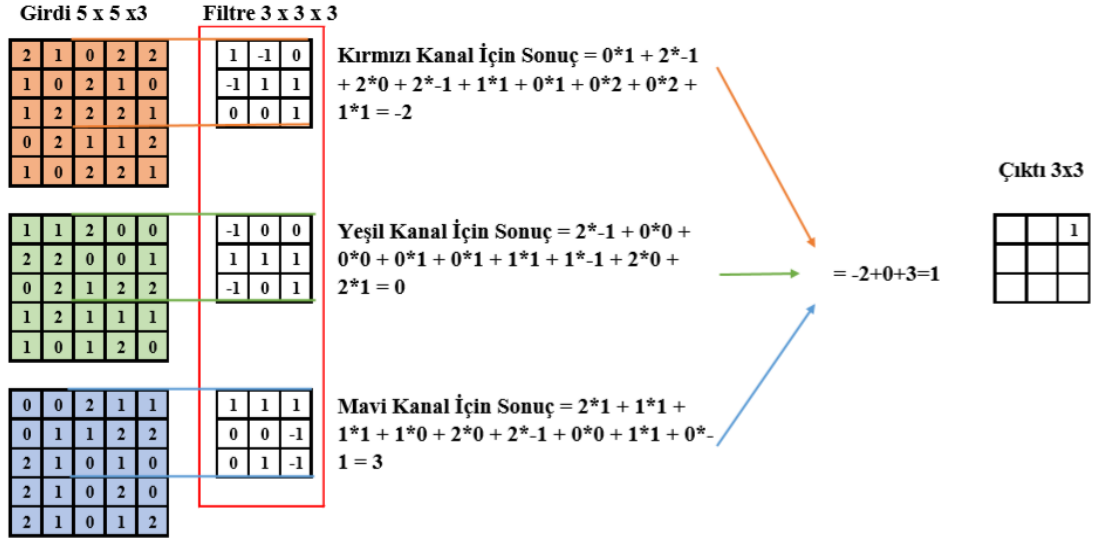
mimarisidir. Önyargılı nöronlar ve öğrenilebilir ağırlıklardan ibarettir. Beynin yapısı incelenerek benzer bir yapıya sahip olması için geliştirilen ileri beslemeli bir ağıdır. İleri beslemesinin sonucu olarak her katmanda öğrenilen bir öz nitelik bir sonraki katmanın giriş verisini oluşturmaktadır [75].

Bu öz nitelikler görüntünün pikselleri üzerinde belli boyuttaki matrislerin kaydırılmasıyla elde edilir. Bu matrisler belli bir değer aralığını filtreler ve öz nitelikleri resimden çıkarırlar. Çıkarılan bu öz nitelikler doğrultusunda analiz ve sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilir. Evrişimsel sinir ağları çeşitli parametrelerden oluşur. Bunlardan bazıları; konvolüsyon, havuzlama, tam bağlı, sınıflandırma, aktivasyon fonksiyonu, mini-batch boyutu, örnekleme hızı, optimizasyon algoritması parametresi, eğitim dönemi sayısı, seyreltme değeri ve katman sayısıdır.

Görüntüden pikseller arası ilişkiyi koruyarak özelliklerin çıkarılması ve çoğaltılması işleminin yapıldığı yer konvolüsyon katmandır. Şekil 4.20'de 5x5 bir matris verilmektedir. Bu matris belli özellikleri kapsayan 3 farklı 3x3 matris filtresi ile özellik haritası çıkarılır. Uygulanan bu filtreler aslında bir yapay sinir ağı nöronudur. Filtre içerisindeki değerler ağırlığını verir. Filtre boyutuna bağlı olarak çıkış matrisi büyüyecek veya küçülecektir. Eğer küçülme olursa bu giriş matrisindeki bilgileri kaybı anlamına gelmektedir.

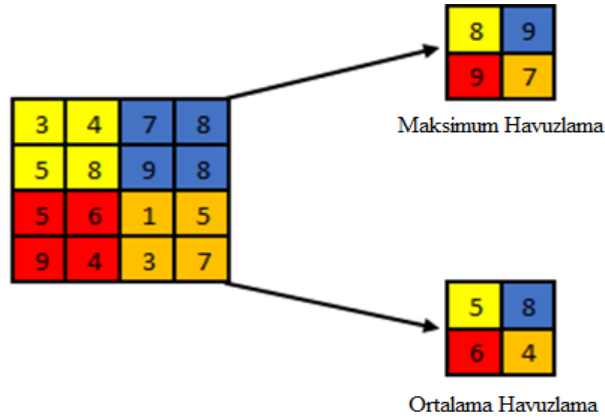
Her parametre kendisi ile aynı satır ve sütundaki diğer parametre ile çarpılır daha sonra bütün değerler toplanır. Bu işlemi tüm görsele uyguladığımızda yeni bir matris elde etmiş oluruz. Elde edilen matrise özellik matrisi (evrişim özneliği) denir. Özellik matrisinin değerlerine ağ farklı özellikleri kendi öğrenerek çıkarım yapabilir. Ancak kullanılan ağın yapısı, filtrenin boyutu ve sayısı gibi bilgiler dışarıdan girilmesi gerekmektedir.

Adım (stride) filtrenin ne kadar aralıklarla kaydırılacağını belirten, oşluk (padding) ise kenar değerlerinin işleme nasıl katılacağını ifade eden parametrelerdir. Her bir filtre ayrı bir özelliğe odaklanmaktadır. Uygulanan filtreler ağırlıklardan oluşmaktadır. Ağırlıklar ise ağın eğitimi ile öğrenilmektedir. Ağda ne kadar fazla konvolüzyon katmanı bulursa o kadar fazla karmaşık özellikler belirlenebilmektedir.



Şekil 4. 20. Görüntü matrisinden özellik haritası çıkarma.

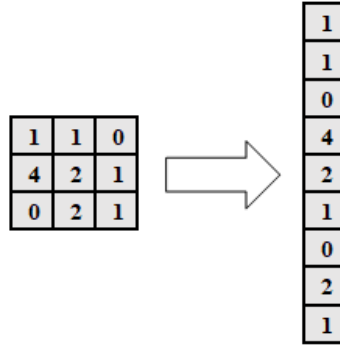
Havuzlama katmanı, matrislerin ortalama, maksimum ve minimum değerlerinin alınarak ortamdaki kalabalığın azaltıldığı katmandır. Havuzlama katmanında temel amaç veri sayılarını en aza indirerek öznitelikleri daha güvenilir ve sağlam olarak işleyebilmektir. Şekil 4.21’de maksimum ve ortalama havuzlama yöntemi verilmektedir.



Şekil 4. 21. Maksimum ve ortalama katman çıkarımı.

Burada temel mantık her dörtlüdeki en büyük elemanlar alınarak maksimum havuzlama, en küçük değerler alınarak minimum havuzlama, bütün elemanların ortalaması alınarak ortalama havuzlama işlemi gerçekleştirilir.

Tam bağı katman özellik haritalarını girdi olarak alır ve sınıflandırma işlemine hazırlar. Ağın çıkışında elde edilecek değerler sayı değerleri olacağı için matrisler ile işlem yapıldıktan sonra bu katmanda boyut indirgeme yapılarak öznelik haritasından elde edilen veri tek boyutlu hale getirilir. Tek boyutlu veri sınıflandırıcıya girdi olarak verilir. Şekil 4.22’de tam bağı katmana giren matrisin tek boyuta düşürülmesi verilmektedir.



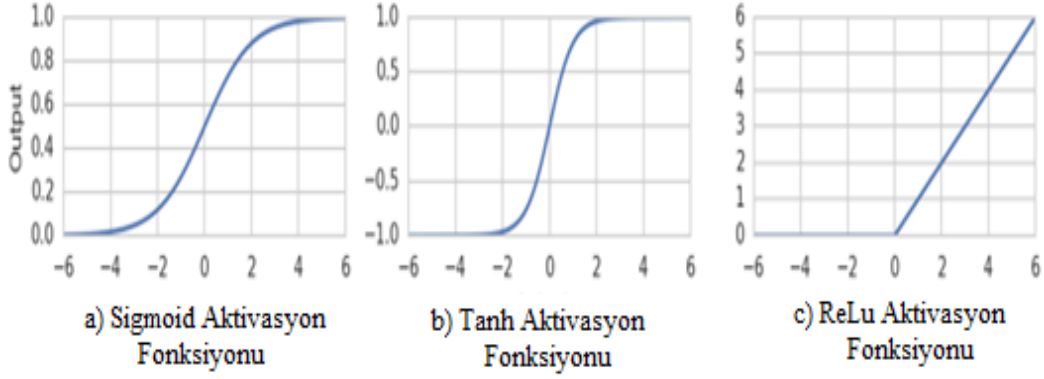
Şekil 4. 22. Tek boyuta düşürme işlemi.

Sınıflandırma katmanı, tam bağı katmandan sonra probleme uygun bir sınıflandırıcı ile sınıflandırmanın yapıldığı katmandır. Softmax gibi sınıflandırıcılar ile bu işlem gerçekleştirilmektedir.

Yapay sinir ağları giriş ve ağırlık değerlerinin çarpımlarına bias değerinin eklenmesi ile oluşan lineer bir denklemdir. Aktivasyon fonksiyonları oluşan bu lineer denklemleri non-lineer değerlere dönüştürerek problemin çözümüne yardımcı olurlar. Ağ içerisindeki geri belemelerde kullanılan türev işlemlerini kolaylaştırmak amacıyla da kullanılırlar. Aktivasyon fonksiyonları türüne göre verilen değeri 0 ile 1 arasında veya -1 ile 1 arasında bir değer ile temsil eder. Şekil 4.23’deki ReLu, Sigmoid ve Tanh en sık kullanılan aktivasyon değerleridir. Relu ağın öğrenmesi açısından daha hızlı bir aktivasyon fonksiyonudur.

Derin yapay sinir ağlarında büyük veri setlerinin işlenmesi çok uzun zaman alır ve bellek problemi yaşatır. Öğrenmenin her bir döneminde ağırlıklar geriye yayılım işlemi yapılır ve ağırlıklar her bir dönemde güncellenir. Bu güncelleme veri ne kadar fazla ise o kadar uzun sürede hesaplanacağı için zaman alır. Bu sorunun çözümü için

veri küçük parçalara bölünür ve öğrenme işlemi bu küçük parçalardan gerçekleştirilir. Mini – Batch, veri setinden eğitim için alınan parçanın boyutunu belirtir.



Şekil 4. 23. Aktivasyon fonksiyonları.

Derin öğrenmede geri yayılım işlemi için geriye doğru türev (gradient descent) olarak farkın bulunması ve bulunan fark değerinin “learning rate” parametresiyle çarpılmasıyla ortaya çıkan değerlerin önceki ağırlık değerleriyle farkı yeni ağırlık değerini verir. Burada kullanılan “learning rate” sabit değer olarak alınabilir veya adım adım artabilir. Bu parametre küçük seçilirse öğrenme yavaş olacaktır. Tavsiye edilen kullanım aralığı başlarda yüksek tutmak belirli bir epoch dan sonra düşürülmesidir.

Optimizasyon algoritmaları doğrusal olmayan problemlerin çözümünde en uygun yöntemin kullanılmasıdır. Optimizasyon algoritmalarının birbirlerine göre başarı ve hız farklılıkları vardır. En yaygın olarak kullanılan optimizasyon algoritmaları; adam, adamax, adagrad, stochastic gradient descent ve adadelatadır.

Yapay sinir ağlarında tüm eğitim verileri aynı anda eğitmezler. Veriler parçalara ayrılır. İlk parça eğitim tamamlandıktan sonra çıkan hata değeri kullanılarak tüm ağırlıklar güncellenir. Bu işlemler her bir parça için tekrarlanır. Ağ ağırlıkları ve bias değerleri güncellenerek en uygun duruma gelir. Her bir parçanın eğitim aşamasına Epoch denir. Bu değer arttıkça ağın başarımı artar. Başarım belirli bir epoch değerinden sonra yavaş artış gösterir ve istenilen seviyeye geldiğinde sonlandırılabilir.

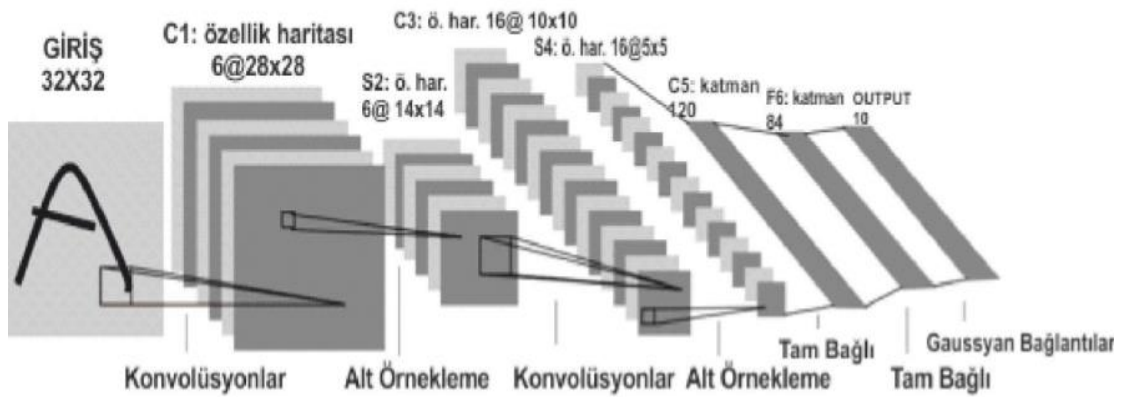
Dropout value; Tam bağlı katmanlarda belli bir eşik değerinin altındaki düğümlerin seyreltilmesi veya kopartılması işlemidir. Bu yöntemin eğitim başarısını arttırdığı görülmüştür

Katman sayısının artması yapay sinir ağlarında öğrenme başarımını yükseltmektedir. Bunun yanında katman sayısı arttıkça geri yayılım ile ağırlıklar güncellenirken ilk katmanlara bu güncellenmenin etkisi azalacaktır.

4.2.2.2. En Yaygın Kullanılan Evrişimsel Sinir Ağı Yapıları

LeNet

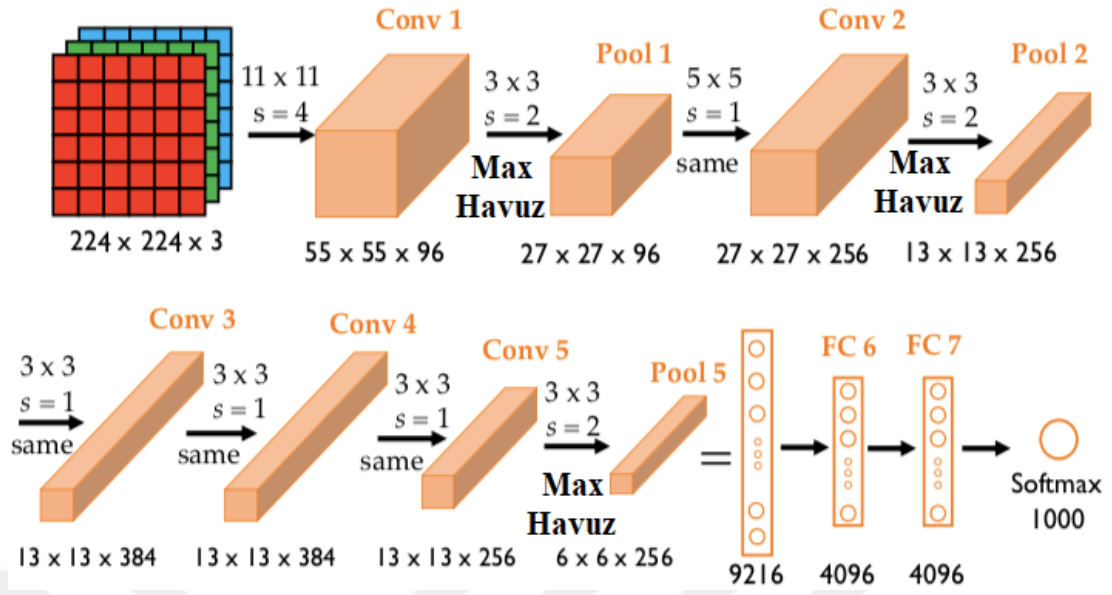
1998 yılında Yann Lecun tarafından posta kodu tanımak amacıyla geliştirilmiş el yazısı tanıyabilen başarılı bir ağıdır. Evrişimsel sinir ağlarının atası konumundadır. Yüksek çözünürlüklü görüntüleri işleme yeteneği sınırlıdır. 5 katmanlı bir evrişimsel sinir ağıdır. 32x32 piksel gri tonlamalı giriş görüntüsünde el yazısı rakamları sayısallaştırmak kullanmıştır. Yüksek çözünürlüklü görüntüleri işleme yeteneği sınırlıdır. Konvolüsyon, alt örnekleme ve tam bağlı katmanlardan oluşmaktadır. Bu modelin yapısı aşağıda Şekil 4.24'te verilmektedir[76].



Şekil 4. 24. LeNet yapısı [76].

AlexNet

Alex Krizhevsky 2012 yılında arkadaşlarıyla birlikte resim tanıma amaçlı geliştirdi. Imagenet yarışmasında ödül kazanan bu ağ LeNet'e benzemesine rağmen oldukça büyük bir yapıya sahiptir. Bu ağ %15,3'lük hata oranı ile yarışmada ilk beşe girmiştir. İlk beş katman evrişim katmanı, son üç katmanı ise tam bağlantımlı katmandan oluşturmaktadır. Son katman softmax fonksiyonuna bağlıdır. Bu fonksiyon 1000 sınıf arasında bir dağılım gerçekleştirebilmektedir. Bu modelin yapısı şekil 4.25'de verilmektedir [52].



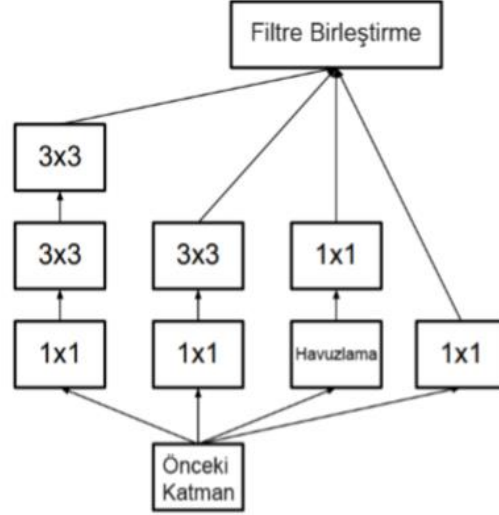
Şekil 4. 25. AlexNet ağı yapısı [53].

İkinci, dördüncü ve beşinci katmanlara ait filtre, sadece aynı GPU'da bulunan ve kendinden önce gelen katmandaki filtrelere bağlıdır. Üçüncü katman ise ikinci katmandaki tüm filtrelere bağlıdır. Relu aktivasyon fonksiyonu, her katmandan sonra uygulanmaktadır.

İlk katmanın parametreleri; girdi boyutu $224 \times 224 \times 3$, adım sayısı 4 pikselden oluşmakta filtre boyutu $11 \times 11 \times 3$ olan 96 filtre uygulanmaktadır. İkinci katman, ilk katmandaki normalize edilmiş ve havuzlama uygulanmış çıktılara 256 adet $5 \times 5 \times 48$ filtre uygular. Üçüncü katman $3 \times 3 \times 256$ boyutlarında 384 adet filtreyi ikinci katmanın normalize edilmiş ve havuzlama uygulanmış çıktılarına uygular. Dördüncü katman 384 adet $3 \times 3 \times 192$ boyutlarında, beşinci katman 256 adet $3 \times 3 \times 192$ boyutlarında filtre uygular. Tam bağımlı katmanda bulunan her bir katman 4096 nöron içerir [53].

GoogLeNet

GoogLeNet 2014 ImageNet birincisi olan Google tarafından geliştirilmiş Evrimsel sinir ağıdır. Sınıflandırma ve nesne tespitindeki zorlukların aşılması için geliştirmiştir. 22 adet katmandan oluşan ağı Inception adı verilmektedir. Bu ağı temelinde, aynı girdiye uygulanan havuzlama işlemlerini ve birden fazla evrişim işleminin uygulanmasını esas alır. Bir max-pooling ve 3 farklı konvolüsyon sonucunda $28 \times 28 \times 256$ boyutunda çıkış elde edilmiştir [77].



Şekil 4. 26. Inception V3 Ağı [77].

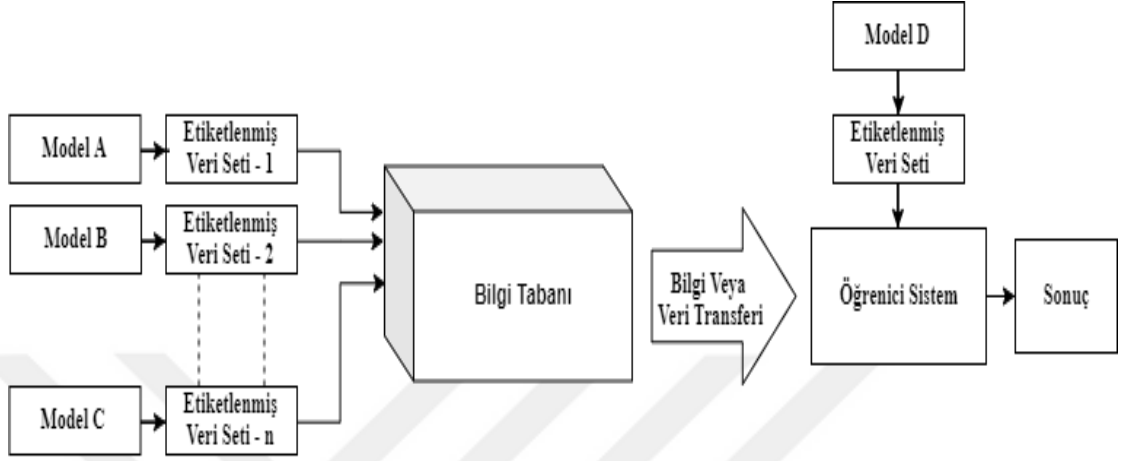
Girdiye aynı anda maksimum havuzlama ve 1x1, 3x3 ve 5x5 boyutlarında filtre ile evrişim işlemi uygulanır ve bu işlemlerin sonucu birleştirilerek tek bir sonuç elde edilir. Bu özelliği sayesinde ağ, aynı anda hem genel hem de spesifik özellikleri çıkarabilmektedir. Her katmanın çıktısından ortalama ve standart sapma hesaplayarak çıktıları normalleştirebilmektedir. Şekil 4.26'da Inception V3 ağ yapısı verilmektedir.

4.2.2.3. Evrişimsel Sinir Ağlarında Transfer Öğrenme Yöntemi

Temelde insan öğrenmesi örnek alınarak geliştirilen bir yöntemdir. Önceden karşılaşmadığı bir problemi geçmiş tecrübelerden faydalanarak çözebilen bir yöntemdir. Derin öğrenme yöntemleri başlarda, her problemi sıfırdan çözmeye çalışmaktaydı. Transfer öğrenme metoduyla birlikte geçmiş deneyim, yardımcı veri gibi tecrübeye dayalı problem çözümüne gidilmektedir. Bu sayede hem daha önce karşılaşmadığı veriler hakkında çıkarım yapabilmekte hem de benzerlikler içeren verilerde daha doğrusal sonuçlar üretmektedir.

Sıfırdan yeni bir öğrenme gerçekleştirmek ve bu öğrenme için veri seti oluşturmak oldukça pahalı ve zaman gerektiren bir yöntemdir. Benzer problemlerin çözümünde veriler düzenlenerek zenginleştirilmesi büyük avantaj sağlamaktadır. Bu yöntem insan zekasının geçmiş tecrübelerden yararlanması ve benzer durumlar için çıkarım yapabilmesi prensibi ile çalışmaktadır. Problemler arası veri ve bilgi transfer etmek ve

benzer problemlerin çözümünde tecrübeden yararlanmak üzere geliştirilmiş bu yöntem transfer öğrenme adı verilmektedir. Transfer öğrenme yönteminin temel çalışma blok diyagramı Şekil 4.27’de verilmektedir [78].

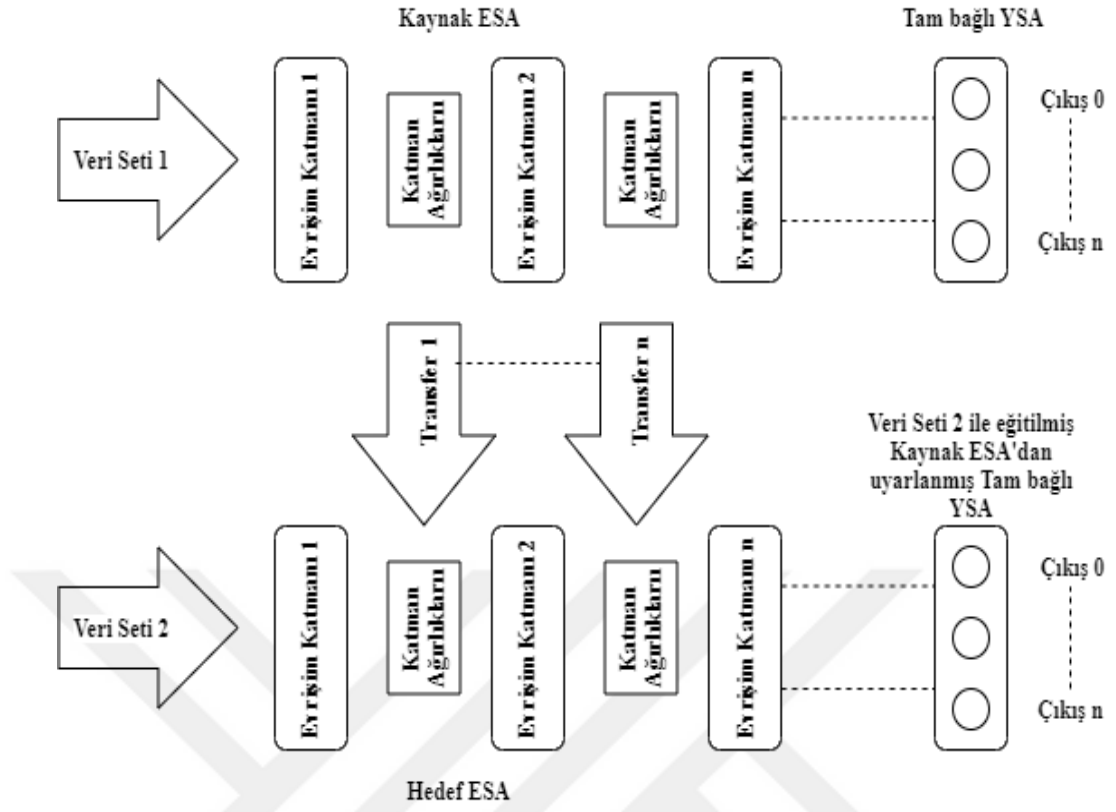


Şekil 4. 27. Temel Transfer öğrenme Yöntemi.

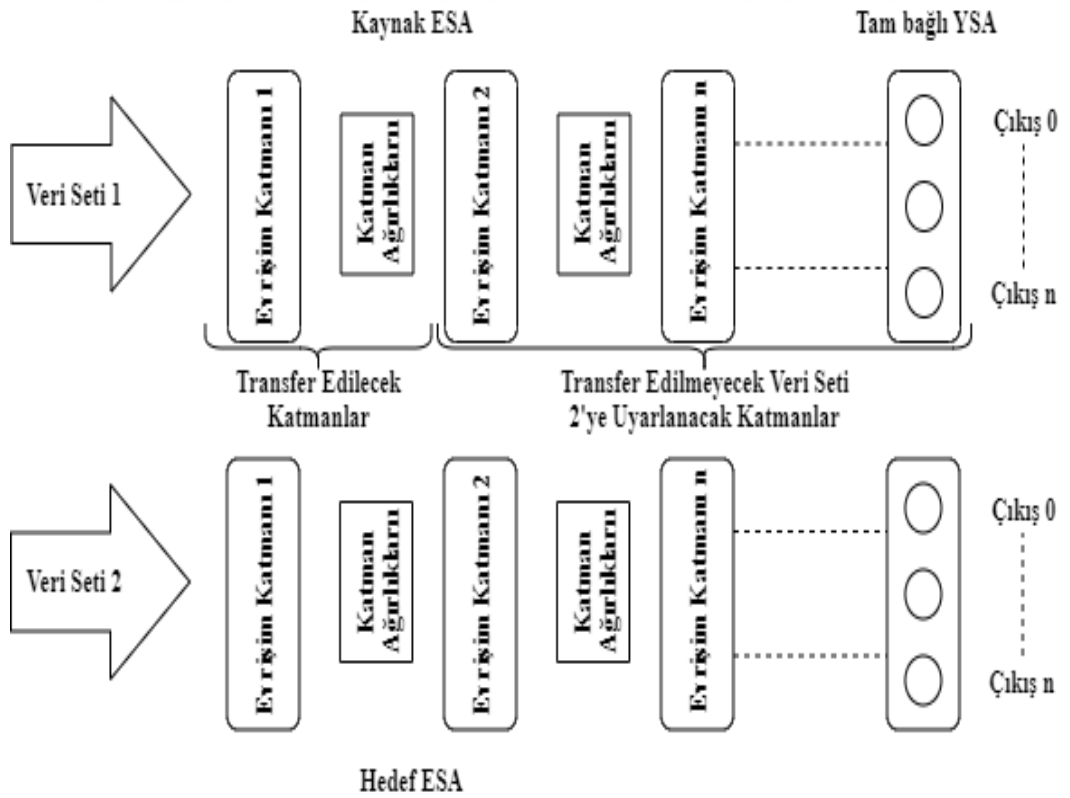
Yeterli veya etiketli verisi olmayan, kaynak problem ile aynı alanda olan veya benzerlikler içeren, veri ve bilgi transferine ihtiyacı olan ana problemlerde kullanılan yöntemdir. Kaynak problem ve ana problem ile aynı alanda olmak zorunda değildir. İki problemin olasılık dağılımları veya veri etiket uzayı farklı olabilir. Bu yöntemde transfer edilecek verinin türüne ve yapılacak olan planlama türüne göre 3 farklı transfer öğrenme yaklaşımı geliştirilmiştir.

Özellik çıkarıcı yaklaşım, yeni veri kümesine göre tasarlanmış bir ağı katmanlarının ve ağırlık değerlerinin, eğitilmiş bir ağdan kopyalanmasıyla eğitim işleminin sadece sınıflandırma katmanında yapılmasıdır. Sınıflandırma katmanı yapay sinir ağı veya liner bir sınıflandırıcı kullanılabilir. Bu yöntemle ağı özellik çıkarma kabiliyeti yeni ağa aktarılması Şekil 4.28’de verilmektedir.

Kısmi özellik çıkarıcı yaklaşım, eğitilmiş ağı evrişim katmanındaki ağırlıkların tamamı yerine bir kısmının yeni ağa kopyalanması ve yeni ağdaki kalan evrişim katmanıyla ve sınıflandırıcı katmanın yeni eğitim katmanı kullanılarak güncellenir. Bu kullanımda eğitilmiş ağı özellik çıkarma kısmının transfer edildiği görülmektedir. Kısmi özellik çıkarıcı yöntem Şekil 4.29’da verilmektedir.



Şekil 4. 28. Özellik çıkarıcı yaklaşım.



Şekil 4. 29. Kısmi özellik çıkarıcı yaklaşım.

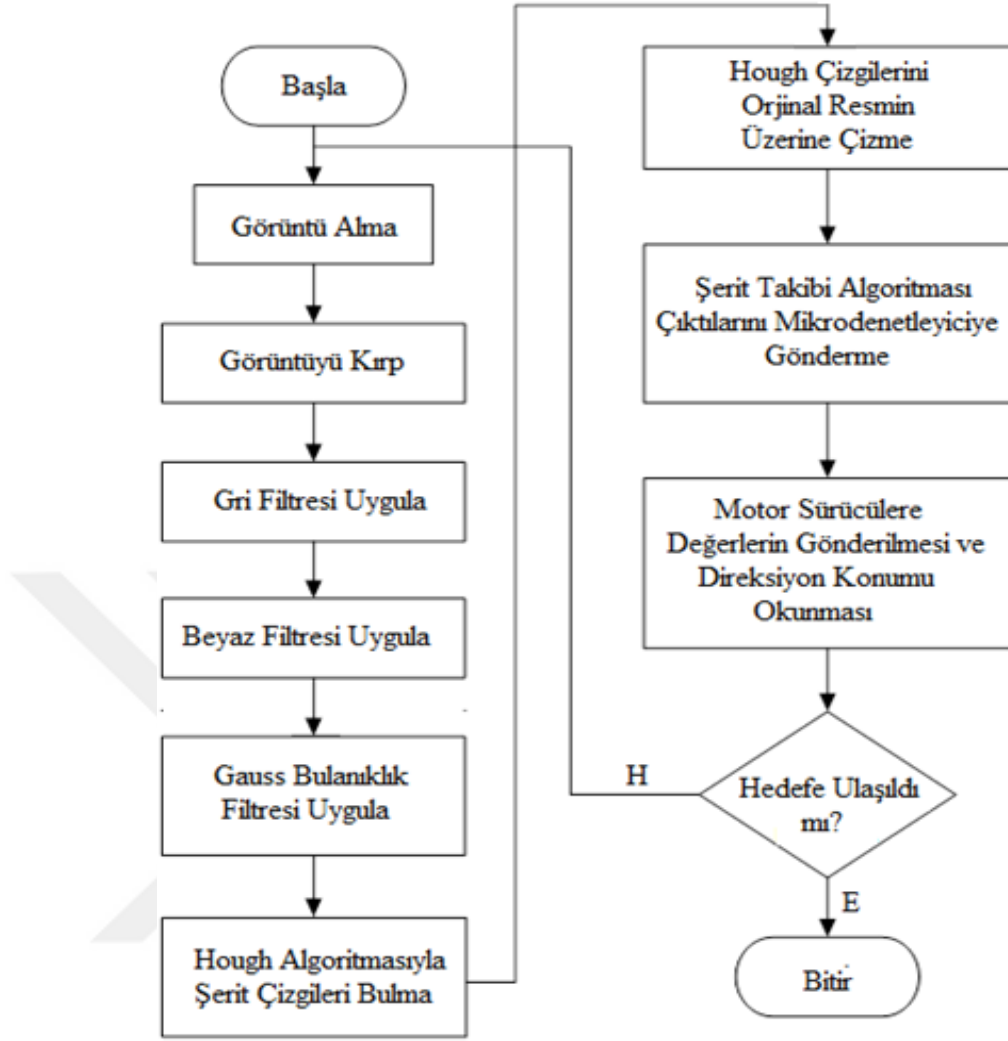
Ön eğitim stratejisi yaklaşımı daha önce bir eğitim setiyle eğitilip başarımı kanıtlanmış bir ağırlıklarının kullanılmasıdır. GoogleNet, AlexNet gibi çoklu katmana sahip evrimsel sinir ağlarında ImageNet üzerinde Gpu ile eğitimleri uzun sürmesinden dolayı, kontrol noktalarını ayarlamak veya özellik çıkarmak için kontrol noktalarının erişime açık bırakılmaktadır [78].

4.2.3. Otonom Sınıflandırıcı Sistem Tasarımı

Batarya elektrikli araçların otonom kontrolünün gerçekleştirilmesi için şerit takibi ve trafik kurallarına uyabilmesi gerekmektedir. Bu iki problemin çözümü için derin öğrenme ve görüntü işleme yöntemleri kullanılabilir. Şerit takibi için kullanılacak başlıca yöntemler derin öğrenme ve görüntü işlemedir. Bu tez çalışmasında görüntü işleme yöntemi tercih edilmiştir. Bunu sebebi ise şerit takibinde görüntü işleme yönteminin derin öğrenmeye oranla doğruluk seviyesi yüksek olması ve sadece öğrenilen yolda değil her türlü yolda çalışmasıdır. Bu tez çalışmasında trafik işaret ve tabelaları için derin öğrenme yöntemleri ve görüntü işleme yöntemleri bir arada kullanılmaktadır. Trafik lambaları için ise sadece görüntü işleme yöntemleri tercih edilmiştir.

4.2.3.1. Şerit Takibi Algoritması Geliştirme

Çevresel görüntüleri almak için kameradan görüntü alma işlemi başlamaktadır. Alınan görüntü açısının geniş olması işlemleri yavaşlatacağı ve doğruluğunu etkileyeceği için kırılması gerekmektedir. Kameradan alınan görüntü matriksel boyutlarda bölünerek istenilmeyen kısımlar çıkarılmaktadır. Daha sonra elde edilen görüntü perspektif bakış açısından kuş bakışı görüntüye dönüştürülmektedir. Gelen görüntü küçük olduğundan yeniden boyutlandırılarak büyütülmektedir. Büyütülen görüntü sınıflandırma işleminin kolay olması ve doğruluğun artırılması için çeşitli filtreler uygulanmaktadır. İlk olarak uygulanan filtre gri filtresi beyaz ışık gürültüsünü azaltılmaktadır. Daha sonra sırayla beyaz ve gauss filtrelerinden geçirilmektedir. Oluşan görüntü üzerinde hough algoritmasıyla kenar çizgileri ve bu çizgilerin açıları bulunur. Bulunan çizgilerin açılarına göre yön tayini yapılır ve aracı hedefe ulaşması sağlanır. Şerit takibinde kullanılan yöntemlerin akış diyagramı Şekil 4.30'da verilmektedir.

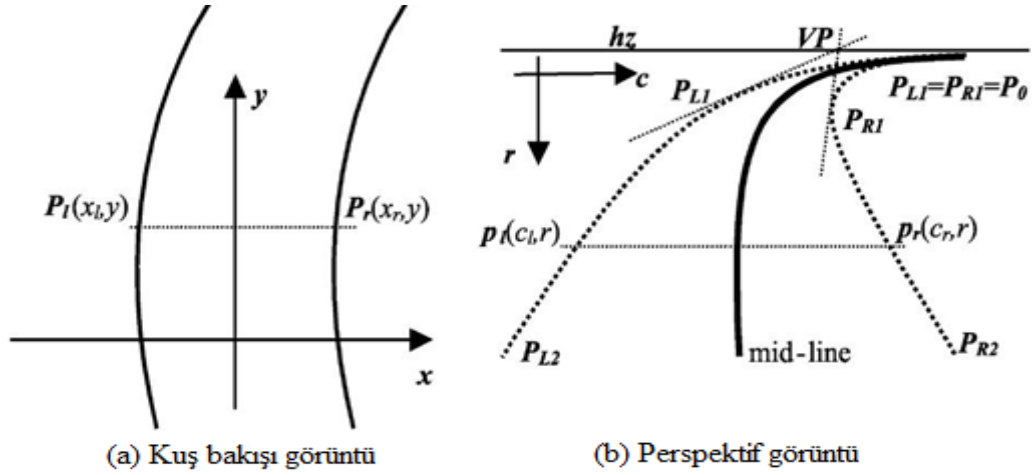


Şekil 4. 30. Şerit takibi akış diyagramı.

Araçtan çekilen yol görüntüsü kuş bakışı değil perspektif bir görüntüdür. Görüntüden yolun kırılması için ilk önce matematiksel modelleme yapılmaktadır. Şerit tespitinde şeridin matematiksel modellenmesi önemli rol oynar. İki boyutlu matematiksel modelleme ile üç boyutlu gerçek dünya için varsayımlar yaparak Şekil 4.31'deki model oluşturulur.

$$D = k(y - hz) \quad (4.8)$$

Eşitlik 4.8 de öncelikli olarak önemli yol genişliği (D) belirli bir ufuk çizgisi ile y koordinatının arasındaki mesafe ile k sabitine bağlıdır. K kullanılan yolun odak uzaklığından ve kamera konumunun yüksekliğinden türetilmiş olarak elde edilen bir sabittir ve her yol için farklıdır [79].



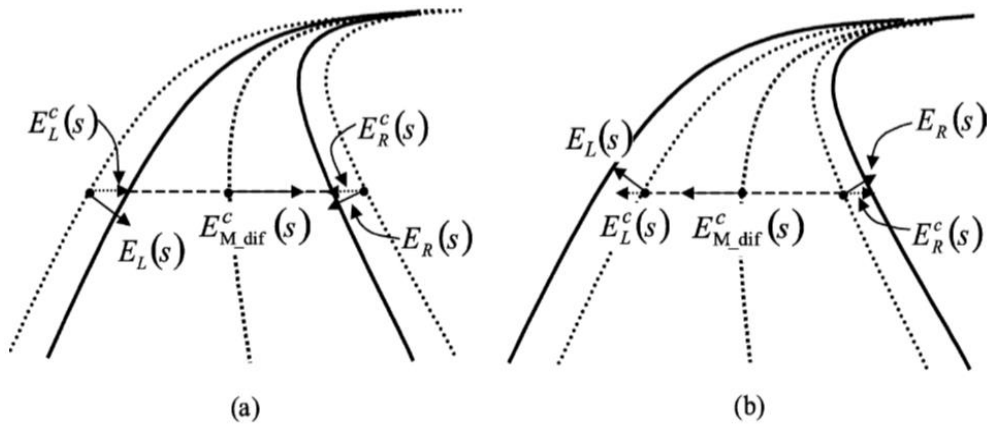
Şekil 4. 31. Yol görüntüsü (a) kuş bakışı ve (b) perspektif görüntüsü.

Orta çizgide bulunan bir noktanın sol ve sağ şeritte karşılıklarını Eşitlik 4.9 ve Eşitlik 4.10 ile bulabiliriz:

$$P_l = x_c - 1/2 D = x_c - 1/2 k(y - hz) \quad (4.9)$$

$$P_r = x_c + 1/2 D = x_c + 1/2 k(y - hz) \quad (4.10)$$

Yukarıdaki matematiksel modellemenin en iyi seviyede gerçekleşmesi için k parametresinin yolun genişliğine uygun olarak ayarlanması sistem çıktılarını olumlu yönde etkiler. k parametresinin azaltılması veya artırılmasının sonuçları Şekil 4.32' de verilmektedir. (Düz çizgiler gerçek yol kenarları, kesik çizgiler ise şerit modeldir.)

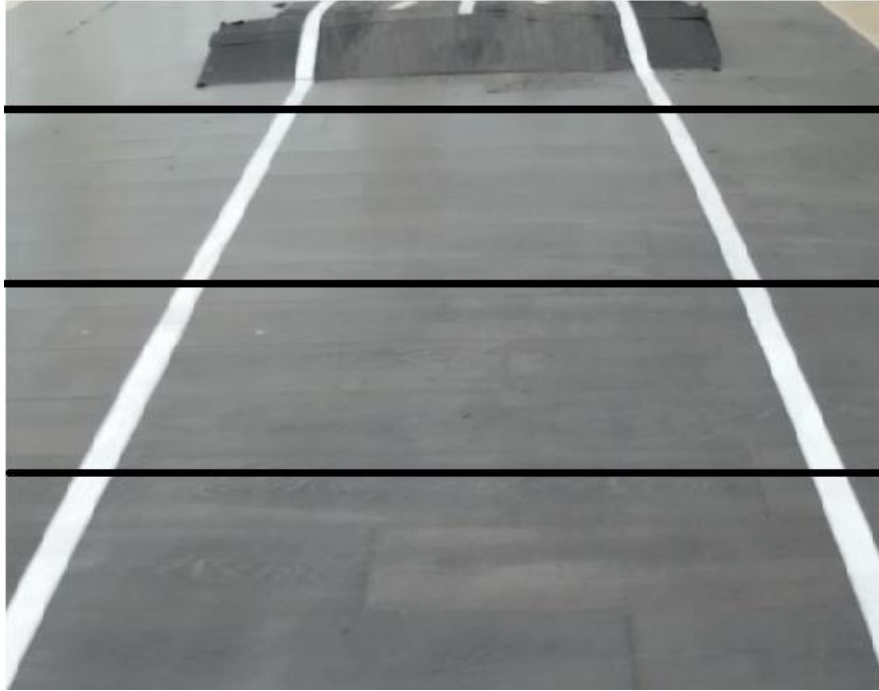


Şekil 4. 32. Yolun matematiksel modeli (a) k parametresinin azaltılması ve (b) k parametresinin artırılması [80].

Matematiksel modellemeye göre resim kırıldıktan sonra resme gri filtresi uygulanarak renk sayısı ikiye düşürülür. Oluşan çıktıda beyaz maskeleye işlemiyle sadece beyaz renk alınır. Çıktıda görüntülenen beyaz renkler hough transform yöntemiyle algılanır. Gaussian Blur filtresi ile resimdeki gürültüler elimine edilir.

Şeritlerin algılanması için ilk olarak Wang ve diğerlerinin bulduğu CHEVP (Canny ve Hough ufuk noktası tahmini) algoritmasından uyarlanan algoritma uygulanır. Bu algorithmada CHEVP ile birlikte kenar çizgileri belirlenir. Bu yöntemde yolun iki paralel çizgiden oluşan bir düzlem olduğu varsayılır. Wang ve diğerlerinin CHEVP algoritmasından farkı, işlemden önce perspektif bakışta düzlemdeki yol sınırları, görüntü doğrultularak kuş bakışı hale getirilip matematiksel modelleme ile CHEVP birlikte uygulanmasıdır [80]. Bu algoritmanın altı işlem aşaması vardır.

1. Görüntü bölmelere ayrılarak her bölüm için ufuk noktası tespiti yapılır. Ufuk noktası, sol şerit ve sağ şerit arasındaki kesişme noktası olarak tahmin edilir. Her ufuk noktası bir sonraki hareketin tetikleyicisidir. Görüntünün bölünmesi Şekil 4.33'te verilmektedir. Daha sonra bölünen görüntü perspektif bakıştan kuş bakışına çevrilir.



Şekil 4. 33. Bölünmüş yol görüntüsü.

2. İkinci basamaktaki gri filtresi uygulanmasının yararı vardır. Bunlar; sarı ve beyaz şeritleri bulunması ve şeritlerin kontrastının artmasıdır. Çıktısı Şekil 4.34'de verilmektedir.



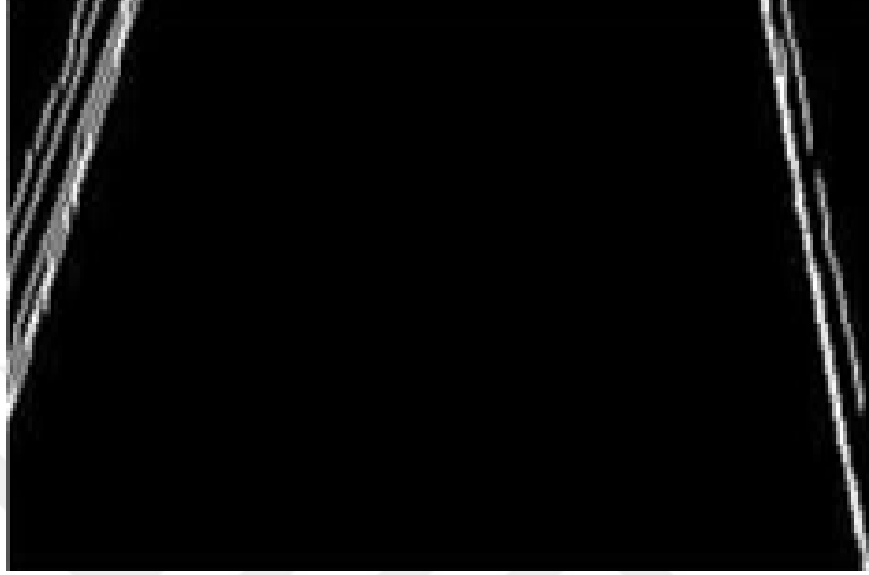
Şekil 4. 34. Bölünmüş yol görüntüsüne uygulanmış gri filtresi.

3. Gri görüntü çıktısında beyaz filtresi ve gauss filtresi uygulanır. Beyaz filtresi şeritlerin tespiti için, gauss ise görüntüdeki gürültüyü azaltmak veya görüntüyü düzeltmek için kullanılan ön işleme aşamasıdır [81]. Bu ön işleme adımını, algılanan birçok kenarı kaldırmak ve yalnızca görüntüdeki en belirgin kenarları tutmak için kullanılır. Görüntü çıktısı Şekil 4.35'de verilmektedir.



Şekil 4. 35. Gauss bulanıklığı ve Beyaz filtresi çıktısı.

4. Canny kullanılarak kenar tespiti ve kenar piksel çıkarımı yapılır [81]. Canny kenarları temel olarak algılayan bir algoritmadır Şekil 4.36'da verilmektedir. Canny algoritmasının dört ana aşaması vardır:



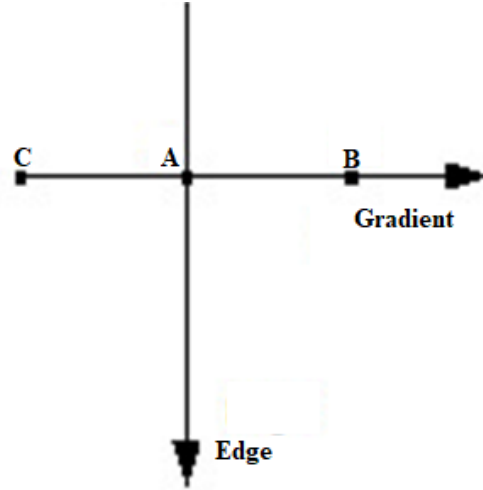
Şekil 4. 36. Canny kenar algoritması çıktısı.

- a) Gürültü azaltma; bu aşama gauss ile bu adıma geçmeden önce gerçekleştirilir. Görüntüdeki parazitlerden kurtulmak, diğer aşamalarda gerçekleştirilecek işlemlerin doğruluğunu arttırmak için gerçekleştirilmektedir.
- b) Gradyan yoğunluğu tespiti; Düzleştirilen görüntüde daha sonra kenarların çapraz, yatay veya dikey olup olmadığının tespiti için x ve y eksenleri boyunca bir Sobel çekirdeği uygulanır. Sobel çekirdeği Eşitlik 4.11-4.12'de verilmektedir.

$$(G) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (4.11)$$

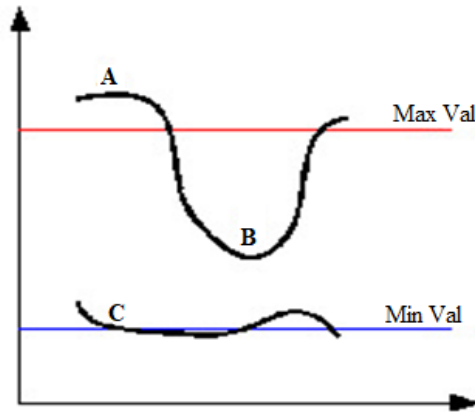
$$\theta = \tan^{-1} \frac{G_x}{G_y} \quad (4.12)$$

Kenarlar keskinleştirilir ve her bir piksel için daha önce hesaplanan gradyan değeri ile karşılaştırılır. Şekil 4.37' de verilen A noktası kenardır. B ve C noktaları gradyan noktalarıdır. A noktasının yerel maksimum oluşturup oluşturmadığı B ve C noktaları ile kontrol edilir oluşturuyorsa 0'a eşitlenir.



Şekil 4. 37. Üç nokta ile non-maximum Suppression gösterimi.

- c) Histerezis eşiği; bu aşamada, kenarların gerçek kenar, olup olmadığına karar verilir. Bunun için minVal ve maxVal olmak üzere iki eşik değerine ihtiyaç duyulur. Yoğunluk gradyanı maxVal'dan üzerinde ise gerçek kenar ve minVal'in altında ise gerçek kenar değildir. Şekil 4.38'de histerezis eşikleme örneğinde A noktası maxVal üzerinde olduğu için gerçek kenar, B noktası A noktası ile bağlantısı olduğu için gerçek kenar kabul edilir. C noktası ise minVal altında olduğu için gerçek kenar olarak kabul edilmez.

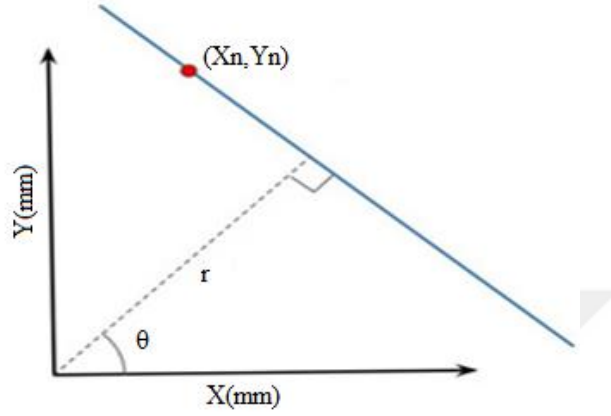


Şekil 4. 38. Histerezis eşikleme örneği.

5. Hough dönüşümü yöntemiyle düz çizgiler tespit edilir [82]. Bu, bir çizgileri nokta olarak göstererek yapılır. Ve noktalar sinüzoidal olarak gösterilir. Eğer çoklu çizgiler sinüzoidal noktadan geçerse, bu noktaların aynı çizgide olduğunu tespit edilebilir. Bunun için Eşitlik 4.13 kullanılır:

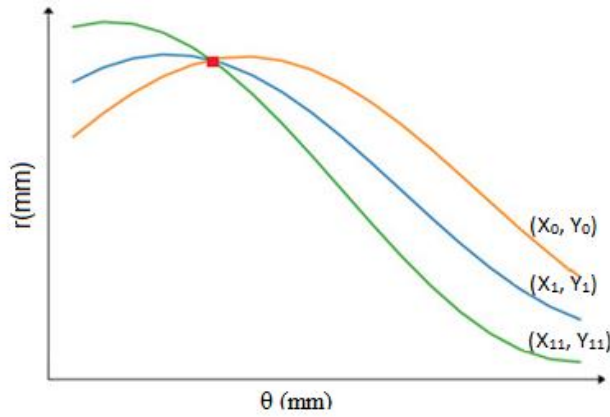
$$r = x \sin \theta + y \sin \theta \quad (4.13)$$

Eşitlik 4.13'te r referans noktasının çizgiye olan mesafesini θ ise r 'nin pozitif x yörüngesiyle yaptığı açıyı temsil eder. Şekil 4.39'da verilmektedir.



Şekil 4. 39. (x, y) uzayında noktaların gösterimi.

Her nokta sinüzoidal şekilli bir çizgiye dönüştürülecektir. Şekil 4.40'da bunun bir örneğini verilmektedir. Çizgideki noktalar ortak bir kesişim noktasına sahip olacaktır, bu nokta o çizginin doğru θ ve r değerlerini temsil eder.

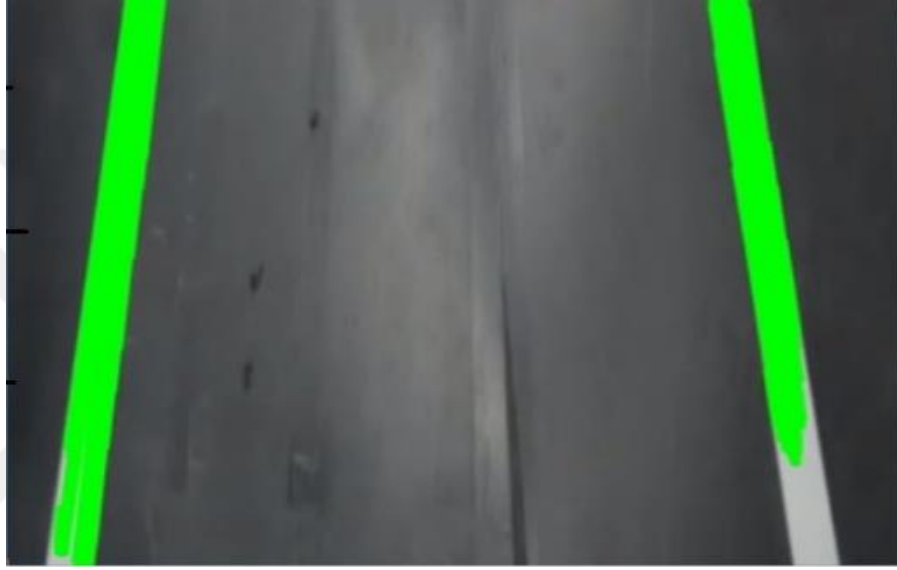


Şekil 4.40. (θ, r) uzayında çizgilerin gösterimi.

Hough dönüşümünün en büyük üstünlüklerinden biri de gürültü, eksik çizgi vb. olumsuzluklarla başa çıkabilmesidir. Mutlak hassasiyet ve yatay çizgileri tespit etmemek istediğimiz için sadece tam ve pozitif $\sin(\theta, r)$ alanı kullanılır. Canny kenar algılayıcısından elde edilen çıktı, hough dönüşümü sırasında güçlü kenarlar

zayıf kenara göre daha fazla etkiye sahip olacaktır. Bunun bir örneği Şekil 4.36’da verilmektedir.

6. Yolun Kesilmiş olan görüntüsündeki sağ ve sol şeritleri tanımlanır. Açılarına ve uzunluklarına bağlı olarak manuel tahmini kıstaslara tabi tutulurlar. Kıstaslara uygun olan parametreler Şekil 4.41’de görüldüğü üzere yeşil renk ile çizilerek tanımlanır. Sağ ve sol şeritler için bir orta nokta tayini yapılır.



Şekil 4.41. Şeritlerin işaretlenmiş çıktısı.

Alınan yol görüntüsü sırasıyla gri, beyaz ve gauss filtrelerinden geçirilerek gürültüler ve parazitler ortadan kaldırılır. Sonraki aşamada canny filtresiyle kenar çizgileri elde edilir. Elde edilen bu çizgilerin eğimleri hough yöntemiyle hesaplanarak açı hesabı yapılır. Elde edilen açı değerine uygun olarak 0-10 derecelik açılarda az dön, 10-90 derecelik açılarda çok dön sinyali motor sürücülere iletilir.

4.2.3.2. Derin Öğrenme ile Tabela Tanıma Algoritması Tasarımı

Trafik kuralları öğrenmede görüntü işleme ve derin öğrenme yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Verilerin alınması istenilen bölgelerin filtrelenerek kırılması ve trafik lambaları renk ayırt etme problemlerinin çözümünde görüntü işleme yöntemleri kullanılmıştır. Python programlama dili ve Çizelge 4.8’de verilen Python

kütüphaneleri kullanılmıştır. Derleyici olarak ise Visual Studio ortamı tercih edilmiştir.

Çizelge 4.8. Tez çalışmasında kullanılan python kütüphaneleri.

Kütüphane Adı	Kullanım Amacı
OpenCV	Görüntü alma ve işleme kütüphanesidir.
Tensorflow	Derin öğrenme kütüphanesidir.
Numpy	Sayısal işlem kütüphanesidir.
Matplotlib	Grafik çizim kütüphanesidir.
ImageGrab	Görüntü işlemleri kütüphanesidir.
Time	Zamanlayıcı kütüphanesidir.
Serial	Seri haberleşme kütüphanesidir.
Math	Matematiksel işlem kütüphanesidir.

Burada OpenCV kütüphanesi görüntünün alınması işlenmesi ve ağa iletilmesine kadarki aşamalarda aktif olarak kullanılmıştır. Tensorflow'un Keras ile kullanımının sağladığı kolaylık ve esneklikten dolayı tez çalışmasında üst seviye kütüphane olarak Keras, alt seviye kütüphane olarak Tensorflow kullanılmıştır. Diğer kullanılan kütüphaneler matematiksel işlemler ve haberleşme için sık kullanılan python kütüphaneleridir. Veri seti oluşturma, eğitme ve sınıflandırma problemlerinin çözümü içinse derin öğrenme yöntemleri tercih edilmiştir. Evrimsel sinir ağı olarak 2012 ImageNet yarışmasında başarı elde eden AlexNet ağıyla transfer öğrenmesi gerçekleştirilmiştir. AlexNet'in tercih sebebi veri setinin büyük olmaması, hızlı eğitim ve başarı oranının yüksek olmasıdır. Bu metodun uygulanabilmesi için farklı durumlara göre farklı yöntemler kullanılır. Genel olarak veriye özgü 4 farklı eğitim yöntemi mevcuttur [83].

- Yöntem 1: Eğer veri benzerliği yüksek veri seti küçükse, çıktı katmanlarını probleme uygun olarak değiştirmek veya özelleştirmek gerekir.
- Yöntem 2: Eğer veri benzerliği ve veri seti küçükse eğitilmiş ilk katman sabit kalır diğer katmanlar tekrar eğitilir.
- Yöntem 3: Eğer veri benzerliği düşük veri setinin boyutu büyükse sinir ağı tekrar eğitmemiz gerekmektedir.

- Yöntem 4: Eğer verilerin benzerliği ve veri seri büyüklüğü yüksekse önceden belirlenmiş model kullanılmalıdır. Modelin yapısını ve modelin ilk ağırlıklarını değiştirmeden modeli yeniden eğitebiliriz.

Tabela sınıflandırma için günlük hayatta insanların en sık karşılaştığı yönlendirme tabelalarından 13 tanesi tercih edilmiştir. Veri sayısının az olması ve veriler arası benzerliğin düşük olması nedeniyle yöntem 1 tercih edilmiştir. Ağa eğitilmesi için seçilen tabelalar Şekil 4.42’de verilmektedir.



Şekil 4.42. Yapay sinir ağının eğitilmesi için seçilen tabelalar.

AlexNet giriş 224x224 olduğu için veriler ağa girmeden önce boyutları dönüştürülmelidir. Daha sonra önceden eğitilmiş model üzerinde transfer öğrenmesi yaparak sistemi veri setimizle eğitime hazır hale getiririz. 13 tabelanın her birerinden 1 adet olmak üzere 130 resimden oluşan bir eğitim veri seti oluşturulmuştur. Eğitilen ağın testinin yapılabilmesi için ise 26 resimden oluşan bir veri seti oluşturulmuştur. Toplamda veri setinin %83’ü eğitim, %17’si test için kullanılmıştır.

Eğitim ve test için kullanılacak olan veri setleri matrissel formlara dönüştürülerek üzerinde çeşitli filtreleme yöntemleri ve fonksiyonlar uygulanmıştır. Bu aşamadan sonra ağın temel yapısı üzerinde ilk katmanlarda değişiklik yapılmadan transfer öğrenmesi kısmi özellik çıkarım metoduyla ağ yapısı üzerinde çeşitli değişiklikler

yapılarak eğitim aşamasına gidilmiştir. Transfer öğrenme yapılırken seçilen yol; çıktı katmanlarını problem tanımımıza göre özelleştirmek ve değiştirmektir. Önceden ölçülmüş modeli bir özellik çıkarıcı olarak kullanmaktır. Ağ model yapısının kodlanmış hali Çizelge 4.9’da verilmektedir.

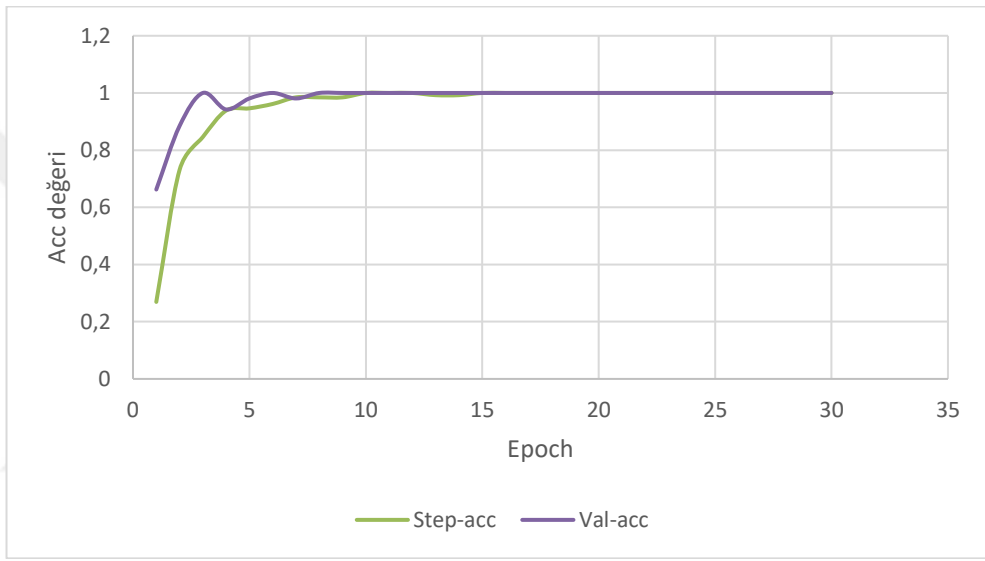
Çizelge 4. 9. Ağ mimarisi.

Katman		Özellik Haritası	Boyut	Filtre Boyutu	Stride	Aktivasyon
Giriş	Resim	1	222x224x3	-	-	-
1	Convolution	50	55x55x50	11x11	4	relu
2	Convolution	50	55x55x50	2x2	1	relu
3	Convolution	50	55x55x50	2x2	1	relu
4	Convolution	50	55x55x50	2x2	1	relu
5	Convolution	50	55x55x50	2x2	1	relu
6	Convolution	50	55x55x50	3x3	1	relu
7	Convolution	50	55x55x50	2x2	1	relu
8	Convolution	50	55x55x50	2x2	1	relu
9	Max Pooling	50	27x27x50	5x5	2	relu
10	Convolution	50	55x55x50	2x2	1	relu
11	Convolution	50	55x55x50	2x2	1	relu
12	Convolution	50	55x55x50	2x2	1	relu
13	Max Pooling	50	13x13x50	3x3	2	relu
14	Convolution	50	13x13x50	2x2	1	relu
15	FC	-	9216	-	-	relu
16	FC	-	4096	-	-	relu
17	FC	-	4096	-	-	relu
Çıkış	FC	-	1000	-	-	Softmax

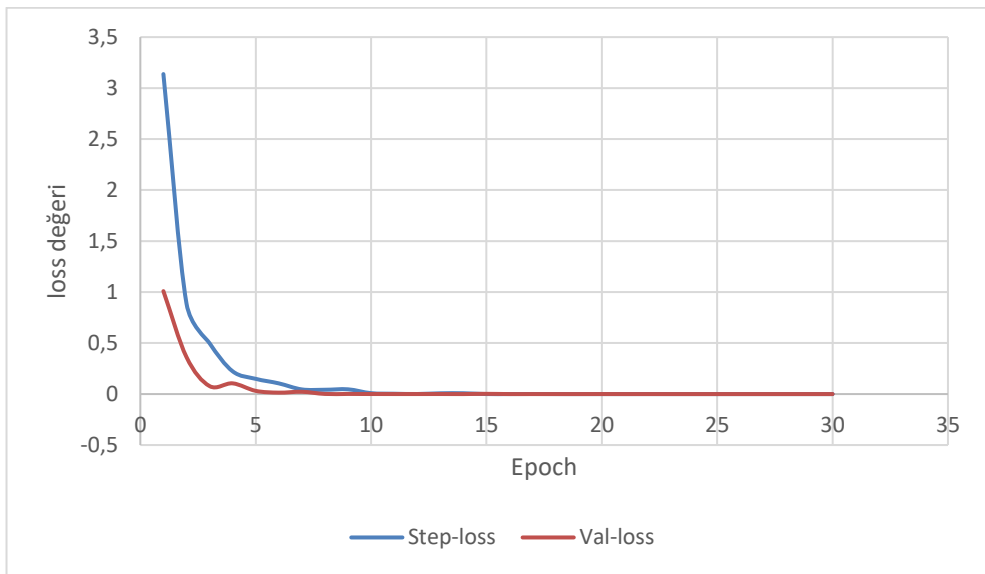
Conv2D: Ağ yapısına iki boyutlu bir evrişimsel katman ekler. Modelin ilk katmanında input shape vermek zorunludur. Diğer katmanlarda ise ilk parametre filtre adedini, ikinci parametre ise filtrenin kernel boyutunu verir. MaxPooling2D: Pool size’a girilen değer boyutunda kümeler alıp aralarındaki en büyük değer yardımıyla yeni matrisler oluşturur. Temel amaç matris boyutu düşürüp ezberleme durumunun önüne geçerek hızlandırmaktır. Dropout: Matrislerden rasgele veri siler. Train veri çeşidi arttırmak ve ezberleme durumunun önüne geçmek için kullanılır. Flatten: Çok boyutlu verileri tek boyutlu veri haline getirir. Dense: Verilen değer kadar nörona sahip olan bir sinir ağı katmanı oluşturur. Softmax fonksiyonu: Sınıflandırma işleminde en yüksek olasılık

değerine sahip olan olasılıklar öncelikli olacak şekilde sınıflandırma yapmayı sağlayan fonksiyondur.

8 Gb Ram 2 Gb Ekran kartı ve 3.2 GHz donanıma sahip bilgisayarda Visual Studio Code derleyicisiyle Python programlama dili ile Tensorflow ve Keras kütüphaneri yardımıyla 15 dakikalık bir süre içerisinde 30 epoch' da eğitim gerçekleştirilmiştir. Yapılan eğitim sonuç değerleri ve hata oranları Şekil 4.43 ve Şekil 4.44'de verilmektedir.

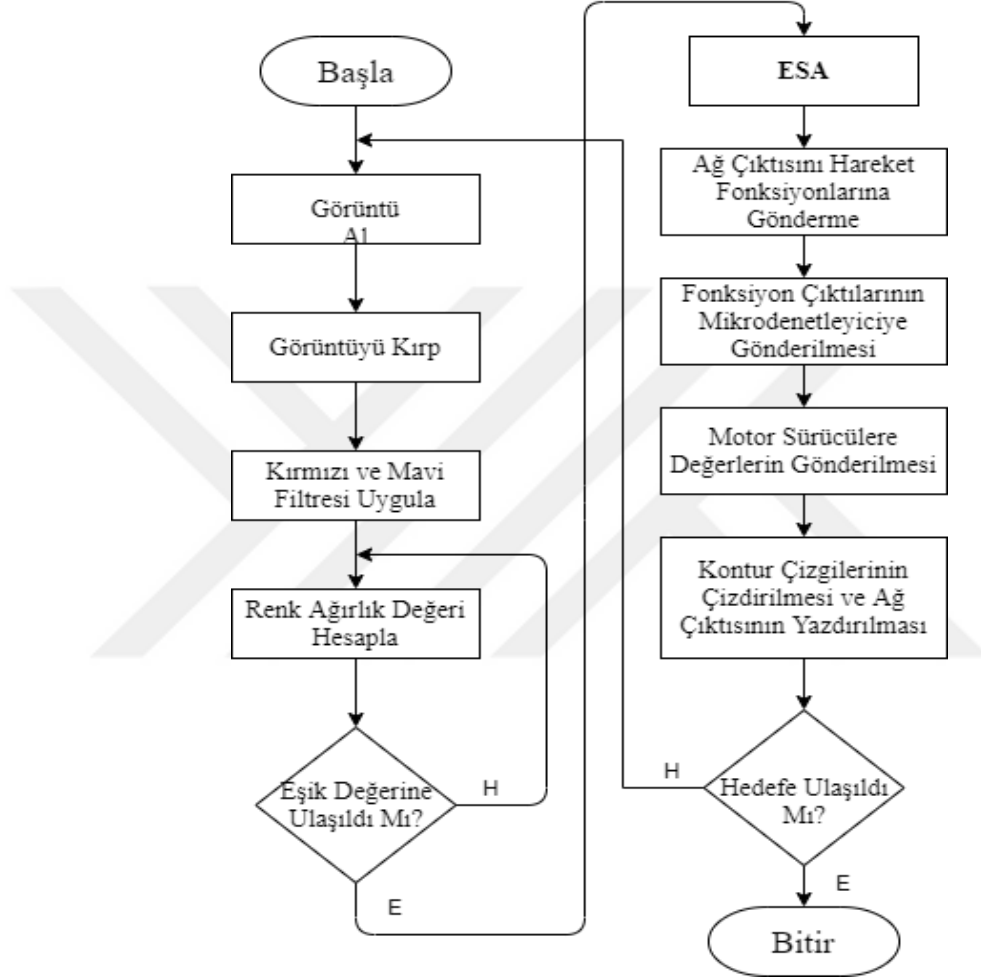


Şekil 4.43. Eğitim sonucu başarımlar oranları.



Şekil 4.44. Eğitim sonucu hata oranları grafiği.

Eğitilen ağ 26 resimlik test verisiyle test edilmesi sonucunda %96'lık bir başarı elde etmiştir. Ağın eğitiminin başarılı olduğu grafikler ve test sonuçlarıyla ispat edilmiştir. Ağın araç üzerinde gerçek zamanlı çalışabilmesi için bir algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen algoritmanın akış diyagramı Şekil 4.45'de verilmektedir.



Şekil 4. 45. Tabela tanıma algoritması akış diyagramı.

Akış diyagramda görüldüğu gibi döşenen trafik tabela ve işaretleri araç şerit takibi algoritması ile seyir ederken aynı zamanda ekran görüntüsü tabela tanıma algoritmasına gönderilmektedir. Alınan görüntü kırmızı ve mavi filtreleme işlemlerine tabi tutulmaktadır. Renklerin ekranda kapladığı piksel değerleri belirlenen ağırlık değerinden fazla olması halinde rengin yoğunlukta olduğu alan kesilerek Evrişimsel sinir ağının algılayabileceği sayısal görüntü haline dönüştürülerek ağa gönderilmektedir. Evrimsel sinir ağı sınıflandırma yaparak olasılık oranı en büyük olan değer çıktı olarak verir. Tahmin edilen tabela değerini fonksiyona gönderilir ve

tabelaya göre doğrusal veya yanal hareket gerçekleştirilir. Ağın çıktısına bağlı olası senaryolarda aracın tabelaları görüş açıları ve pistin şekline uygun bir şekilde hareket senaryoları ve dönüş açıları daha önce tespit edilmiştir. Tespit edilen senaryolara bağlı olarak her tabela için alt fonksiyonlar belirlenmiştir. 13 farklı tabela ve trafik lambası için oluşturulan fonksiyonlar; durma, sağa dönme, sola dönme, sağa 10 derecelik açıdan daha fazla dönmek yasak, sola 10 derecelik açıdan daha fazla dönmek yasak ve hızlanma gibi eylemleri içermektedir.

Sistem Şekil 4.46'da verildiği üzere kameradan alınan görüntünün işlenmesi sonucunda OKB'nün temel amacı oluşturulan gerçek hayat simülasyon pistinin başarıyla ve güvenli bir şekilde tamamlanmasıdır.



Şekil 4. 46. Sistemin gerçek zamanlı çalışması gösterimi.

BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Elektrikli otonom araç önce enerji verilerek düz yol, zikzak yol, keskin viraj, ada etrafında seyir ve trafik işaretleri tanıma ön testleri gerçekleştirilmiştir. Bu ön testler yapıldıktan sonra Karabük Üniversitesi Demir Çelik Kampusu Teknokent Kuluçka merkezi binası içerisinde gerçek hayata uyarlanan pist üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır. Teknokent binası ve oluşturulan pistin fotoğrafları Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de verilmektedir.



Şekil 5. 1. Teknokent binası görünümü.



Şekil 5. 2. Pist görüntüleri.

5.1. OTONOM ELEKTRİKLİ ARACIN ÖN TESTLERİ

Otonom elektrikli aracın deneysel çalışmalardan önce düz yol, zikzak yol, keskin viraj, ada etrafında seyir ve trafik işaretleri tanıma olmak üzere 4 farklı problemin çözümünde istenilen şekilde çalıştığına bilinmesi gerekmektedir. Sistemlerin doğru çalıştığına ispatlanabilmesi için araç üzerine aracın tamamını görebilecek bir kamera sistemi kurulmuştur.

5.1.1 Düz Yol Testinin Yapılması

Otonom elektrikli aracın düz yol üzerinde giderken çizgiye basmadan veya yoldan çıkmadan ne kadar başarılı hareket edebildiğinin test edilmesi aşamasıdır. Düz yol test sonuçları ise Çizelge 5.1'de verilmektedir.

Çizelge 5. 1. Aracın tur başına düz yol test sonuçları.

Tur Sırası	Seyir Halinde Toplam Süre (sn)	Şerit Dışına Çıktığı Toplam Süre (sn)	Yüzde Hata(%)	Yüzde Doğruluk(%)
1	25	0	0,00	100,00
2	28	0	0,00	100,00
3	33	2	6,06	93,94
4	27	0	0,00	100,00
5	31	0	0,00	100,00
6	37	0	0,00	100,00
7	25	0	0,00	100,00
8	30	2	6,67	93,33
9	39	0	0,00	100,00
10	27	0	0,00	100,00
11	30	1	3,33	96,67
12	33	0	0,00	100,00
13	38	4	10,53	89,47
14	29	0	0,00	100,00
15	35	0	0,00	100,00

Bu testin doğruluk oranı veren denklem Eşitlik 5.1, Eşitlik 5.2 ve Eşitlik 5.3'te verilmektedir. Burada T_{hata} yüzde hata oranı, T yüzde doğruluk oranı ve T_{ort} yapılan bütün turların doğruluk oranlarının ortalamasıdır.

$$T_{Hata} = \frac{\text{Şerite bastığı toplam süre}}{\text{Aracın seyir halindeki toplam süre}} \quad (5.1)$$

$$T_n = 1 - T_{Hata} \quad (5.2)$$

$$T_{ort} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_{n-1} + T_n}{T_n} \quad (5.3)$$

Şeritten çıkmadan gidebildiği %90 üzerinde bir ortalamaya sahip olması gerekmektedir. Çizelge 5.1’teki sonuçların ortalama değeri %98,22 ‘lik bir doğruluk oranıyla araç düz yolda başarılı bir şekilde hareket edebilmektedir.

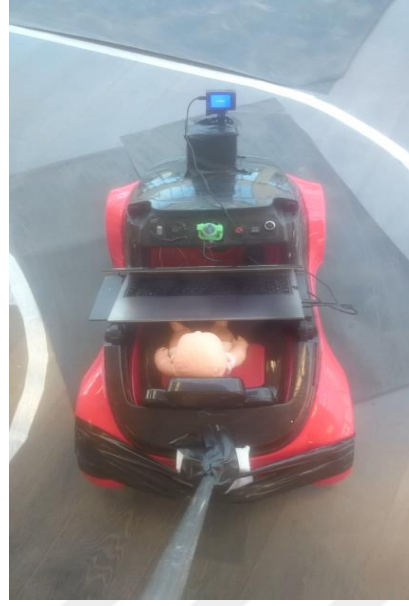
5.1.2 Zikzak Yol Testinin Yapılması

Aracın art arda S şeklindeki virajlardan şeride basmadan veya yoldan çıkmadan toplam süre üzerinden yüzde başarı oranının hesaplanması işlemlerini kapsamaktadır. Genel formüller Eşitlik 5.1, Eşitlik 5,2 ve Eşitlik 5,3’tekilerle aynıdır. Zikzak yol parkuru Şekil 5.3’te verilmektedir.



Şekil 5. 3. Zikzak yol parkuru.

Bu yol üzerinde aracın fiziksel kabiliyetinin kısıtlı olmasından dolayı düz yola nazaran biraz düşük seviyede doğruluk oranı vardır. Aracın 15 tur ön test aşamasında aracın doğruluk oranı %90 üzerinde olması şartıyla başarılı sayılması planlanmıştır. Aracın parkur üzerinden geçerken ki yol görüntüsü Şekil 5.4’te verilmektedir.



Şekil 5. 4. Araç zikzak yolda seyir halindeyken yol görünümü.

Aracın doğruluk oranının hesaplanması için gerekli olan tur süreleri ve hata süreleri Çizelge 5.2’de verilmektedir. Çizelge 5.2’deki sayısal sonuçların ortalama doğruluk oranı %95,15’lik bir değerle başarılı bir şekilde tamamlamıştır.

Çizelge 5. 2. Zikzak yol test sonuçları.

Tur Sırası	Seyir Halinde Toplam Süre (sn)	Şerit Dışına Çıktığı Toplam Süre (sn)	Yüzde Hata(%)	Yüzde Doğruluk(%)
1	45	2	4,44	95,56
2	37	0	0,00	100,00
3	41	3	7,32	92,68
4	35	0	0,00	100,00
5	45	0	0,00	100,00
6	43	5	11,63	88,37
7	39	0	0,00	100,00
8	40	2	5,00	95,00
9	49	7	14,29	85,71
10	37	0	0,00	100,00
11	48	1	2,08	97,92
12	55	2	3,64	96,36
13	51	4	7,84	92,16
14	45	3	6,67	93,33
15	41	4	9,76	90,24

5.1.3. Viraj Yol Testinin Yapılması

Oluşturulan parkurda aracın geçmesi gereken 7 adet viraj bulunmaktadır. Temsili viraj Şekil 5.5’de verilmektedir. Bu test çalışması sonucu bütün virajlardaki toplam süre üzerinden değerlendirilecektir. Aracın viraj testi sonuçları ise Çizelge 5.3’de verilmektedir



Şekil 5. 5. Araç virajlı yolda seyir halindeyken yol görünümü.

Çizelge 5. 3. Virajlı yol test sonuçları.

Tur Sırası	Seyir Halinde Toplam Süres (sn)	Şerit Dışına Çıktığı Toplam Süre (sn)	Yüzde Hata(%)	Yüzde Doğruluk(%)
1	75	5	6,67	93,33
2	87	18	20,69	79,31
3	75	0	0,00	100,00
4	77	5	6,49	93,51
5	81	7	8,64	91,36
6	85	10	11,76	88,24
7	83	5	6,02	93,98
8	87	2	2,30	97,70
9	89	9	10,11	89,89
10	73	0	0,00	100,00
11	81	1	1,23	98,77
12	77	0	0,00	100,00
13	85	0	0,00	100,00
14	75	3	4,00	96,00
15	78	7	8,97	91,03

Genel formülümüz düz yol testindeki ile aynıdır. Ortalama başarı oranı %90 üzerindeki değerler başarılı olarak kabul edilecektir. Çizelge 5.3'deki sayısal sonuçların deneysel çalışmada kullandığımız genel denkleme göre ortalama doğruluk oranı %94,21 lik bir oranla başarılı bir şekilde tamamlamıştır.

5.1.4. Adada Döner Yol Testinin Yapılması

Oluşturulan test parkurunda dört yol ağzında bir ada bulunmaktadır. Bu test çalışması sonucu adada seyir halindeki aracın yoldan sapması olarak değerlendirilecektir. Yoldan çıkma durumunda toplam süreye oranı hata oranını verecektir. Hata oranının tespiti için kullanılan formül düz yol ile aynıdır. Ortalama başarı oranı %90 üzerindeki değerler başarılı olarak kabul edilecektir. Aracın test sonuçları ise Çizelge 5.4'te verilmektedir.

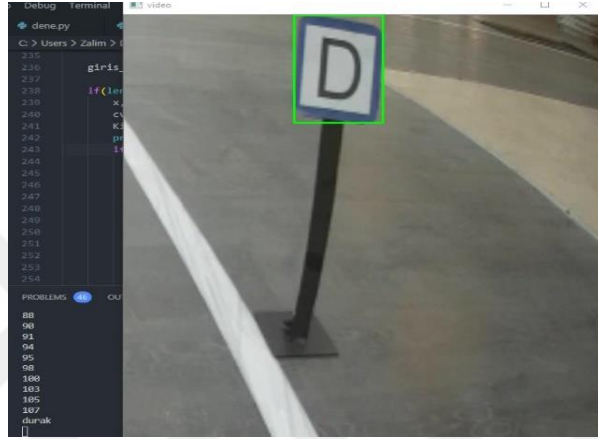
Çizelge 5. 4. Ada döner yol test sonuçları.

Tur Sırası	Seyir Halinde Toplam Süre (sn)	Şerit Dışına Çıktığı Toplam Süre (sn)	Yüzde Hata(%)	Yüzde Doğruluk(%)
1	50	5	10,00	90,00
2	65	11	16,92	83,08
3	61	0	0,00	100,00
4	52	5	9,62	90,38
5	65	7	10,77	89,23
6	53	5	9,43	90,57
7	50	5	10,00	90,00
8	53	2	3,77	96,23
9	53	9	16,98	83,02
10	50	0	0,00	100,00
11	65	7	10,77	89,23
12	50	1	2,00	98,00
13	62	5	8,06	91,94
14	55	4	7,27	92,73
15	49	3	6,12	93,88

Çizelge 5.4'deki sayısal sonuçların ortalama doğruluk oranı %91,88'lik bir değerle başarılı bir şekilde tamamlamıştır. İkinci ve beşinci turlarda %10 üstünde hata oranına sahiptir. Bunun temel sebebi ışık gürültüsü ve işlemci yavaşlığıdır.

5.1.5. Trafik İşaretleri Tanıma Ön Test Çalışması

Test parkurunda 13 farklı tabela bulunmaktadır. Bu test çalışması sonucu trafik işareti doğru tahmin edilmiş ise 1 yanlış ise 0 şeklinde her tabela için ayrı ayrı değerlendirilecektir. Ortalama başarı oranı %90 üzerindeki değerler başarılı olarak kabul edilmektedir. Aracın trafik işaretlerini tanıma ön testi sırasında ekran görüntüsü Şekil 5.6’da verilmektedir. Aracın test sonuçları ise Çizelge 5.5’te verilmektedir.



Şekil 5. 6. Araç seyir halindeyken ekran görüntüsü.

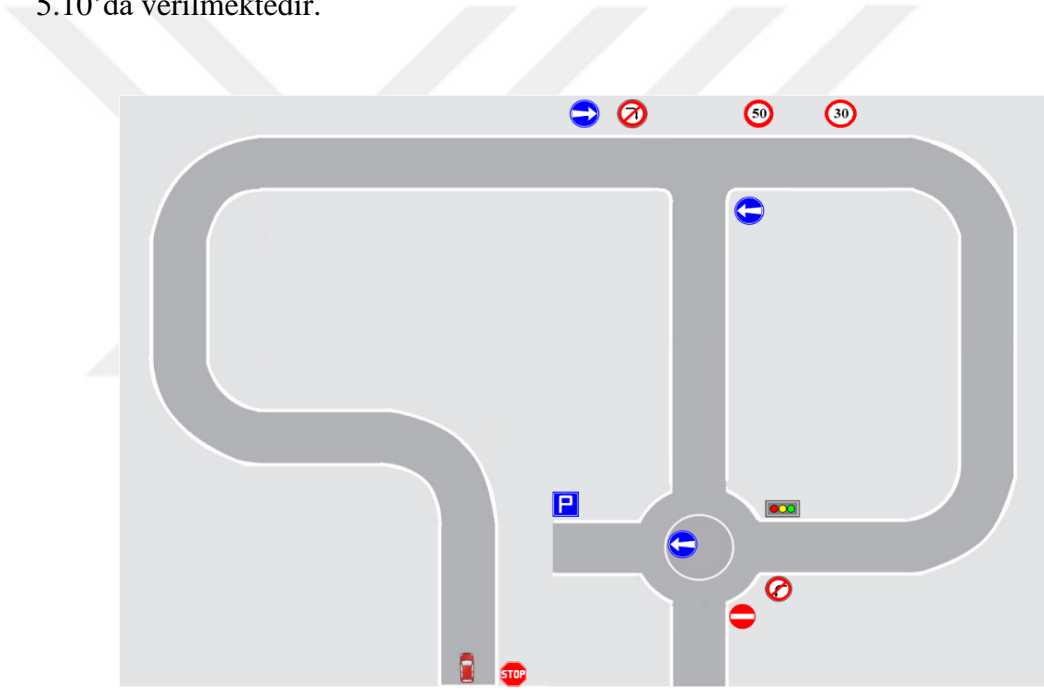
Çizelge 5. 5. Trafik işaretleri test sonuçları.

Tabela Türü	Doğru Tahmin	Yüzde Hata(%)	Yüzde Doğruluk(%)
Sağa Dönüş Yasak	15	0,00	100,00
Sola Dönüş Yasak	15	0,00	100,00
Sağa Mecburi Yön	14	6,67	93,33
Sola Mecburi Yön	15	0,00	100,00
İleri Mecburi Yön	15	0,00	100,00
Durak	15	0,00	100,00
Park	13	13,33	86,67
Dur	14	6,67	93,33
Trafik Lambası	15	0,00	100,00
Yol Yok	13	13,33	86,67
Hız 50	12	20,00	80,00
Hız 30	13	13,33	86,67
Ada	15	0,00	100,00
Kırmızı	15	0,00	100,00
Yeşil	13	13,33	86,67

Çizelge 5.5’deki sayısal sonuçların deneysel çalışmada kullandığımız genel denkleme göre ortalama doğruluk oranı %94,22 lik bir oranla başarılı bir şekilde tamamlamıştır. Oluşturulan otonom batarya elektrikli araç bütün ön testlerden %90 üzerinde bir başarı elde etmiştir. Bunun sonucunda bir sonraki deneysel çalışma evresine geçilmiştir.

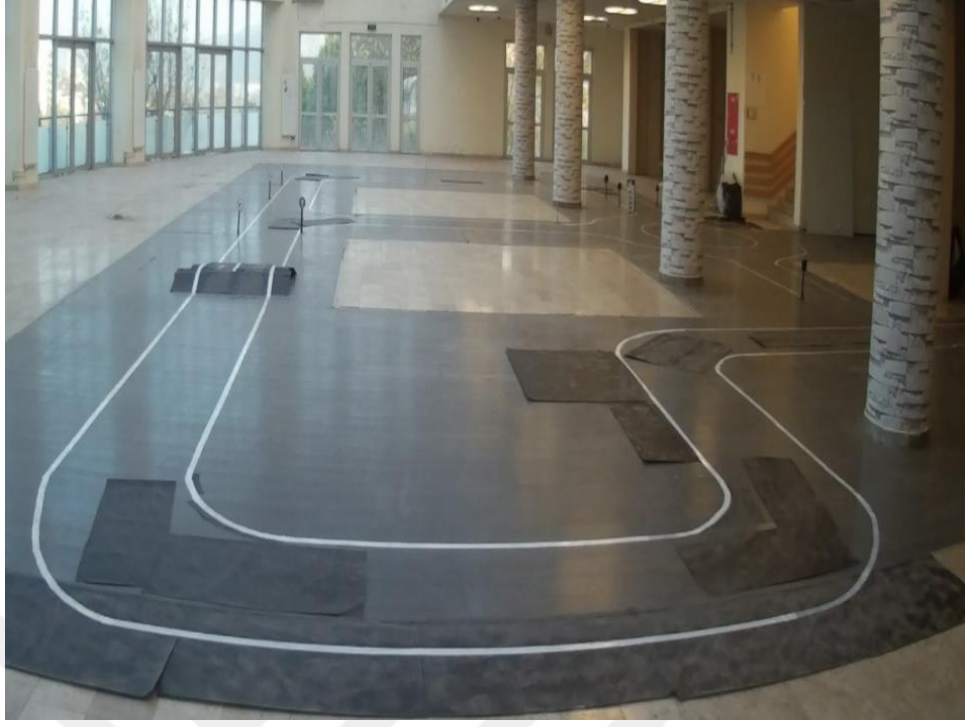
5.2. OTONOM ELEKTRİKLİ ARAÇ DENEYLERİ

Otonom aracın gerçeğe yakın ortamda deneyleri Karabük Üniversitesi Demir Çelik Kampüsü Teknokent Kuluçka Merkezi binası zemin katında yapılmaktadır. Deneyin gerçekleştirilmesi için oluşturulan pist tasarımı Şekil 5.7, Şekil 5.8, Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’da verilmektedir.



Şekil 5. 7. Kurulan pist kuş bakışı görüntüsü.

Pistin üzerinde 13 adet trafik işareti, 1 adet ada, 1 adet köprü, 7 viraj ve 1 adet S şeklinde zikzaklı yol bulunmaktadır. Aracın bu pist üzerinde adadan yarım tur atıp karşıya geçerek park etmesi veya çeyrek tur atarak ilk sağdan dönmesi ve geldiği konuma geri dönmesi şeklinde iki farklı senaryoyu başarıyla tamamlaması beklenmektedir. Her bir senaryoya ait yapılan deneyler OKB’nin araç için seçtiği sürüş kontrolünün sonuçları aracın üst kısmına monte edilmiş bir kamerayla kayıt altına alınmaktadır. Her bir senaryoya ait deneylerde aracın tam şarj kapasitesinde olmasına özen gösterilmiş olup deneylerin eşit fiziksel koşullarda yapılması sağlanmıştır.



Şekil 5. 8. Kurulan pist görüntüsü.



Şekil 5. 9. Kurulan pist görüntüsü 2.



Şekil 5. 10. Kurulan pist görüntüsü 3.

Her bir senaryoya ait puanlama durumu vardır. Tabelaların her birinin öncelik derecesine bakılarak puanlaması mevcuttur. Aynı zamanda şeritlerin dışına çıkmadan parkuru tamamlaması halinde 500 tam puan alınacaktır. Şerit dışına çıkma durumunda şeride bastığı sürenin toplam parkur süresine oranı bazında ceza puanı kesilecektir. Tabelaların öncelik sırası ve puan karşılıkları Çizelge 5.6’da verilmektedir. Yapılan deneysel çalışmalarda OKB’nin pisti başlangıç noktasından başlayarak bitiş çizgisine kadar kurallara uyarak totalde 1500 puan toplaması amaçlanmaktadır.

Çizelge 5. 6. Tabela görev ve puan sıralaması.

Trafik İşareti	Senaryo 1 Puanlama	Senaryo 2 Puanlama	Görev Numarası
Sağa Dönüş Yasak	50	50	1
Sola Dönüş Yasak	50	50	2
Sağa Mecburi Yön	50	50	3
Sola Mecburi Yön	50	50	4
İleri Mecburi Yön	50	50	5
Durak	100	100	6
Park	100		7
Dur		100	8
Trafik Lambası Tabelası	100	100	9
Yol Yok	100	100	10
Hız 50	50	50	11
Hız 30	50	50	12
Ada	50	50	13
Kırmızı	100	100	14
Yeşil	100	100	15
Toplam Puan	1000	1000	

5.2.1. Tur Bazında Deney Çalışmaları

Yaklaşık 50 m uzunluğunda bir deney parkurunda araç düz, viraj, eğimli yollardan geçerek dört farklı yol olan ada noktasına gelmektedir. Burada Senaryo 1’de gerçekleşen ada etrafında yarım tur dönerek yolun ucundaki park noktasına aracın kendini park etmesi beklenmektedir. Senaryo 2’de ise aracın ada etrafında dönerken ilk sağdan dönmesi ver geldiği konuma geri dönmesi beklenmektedir. Her deney yaklaşık olarak 4-6 dakikalık zaman diliminde tamamlanmaktadır. Birinci turun sonucunda trafik işaret sonuç tablosu Çizelge 5.7’de verilmektedir. Deney sonuçları hesaplanırken her tur için bir başarı puanı ve yüzdesi daha sonra 15 turun toplam ortalama puanı ve yüzdesi olmak üzere değerlendirilmektedir.

Çizelge 5.7. Deneysel çalışmalar sonucu trafik işareti görev başarı puanı.

Tur Sayısı	Trafik İşareti															Toplam Puan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1. Tur	50	50	50	50	50	100	100	100	100	50	50	50	100	100	100	1000
2. Tur	50	50	50	50	50	100	100	100	100	50	50	50	100	100	100	1000
3. Tur	50	50	50	50	50	100	100	100	100	50	50	50	100	100	100	1000
4. Tur	50	50	50	50	50	100	0	100	100	50	50	50	100	100	100	900
5. Tur	50	50	50	50	50	100	0	100	100	50	50	50	100	100	100	900
6. Tur	50	50	50	50	50	100	100	100	100	50	50	50	100	100	100	1000
7. Tur	50	50	50	50	50	100	100	100	100	50	50	50	100	100	100	1000
8. Tur	50	50	50	50	50	100	100	0	100	50	50	50	100	100	100	900
9. Tur	50	50	50	50	50	100	100	100	100	50	50	50	100	100	100	1000
10. Tur	50	50	50	50	50	100	100	100	100	50	50	50	100	100	100	1000
11. Tur	50	50	50	50	50	100	100	0	100	50	50	50	100	100	100	900
12. Tur	50	50	50	50	50	100	100	100	100	50	50	50	100	100	100	1000
13. Tur	50	50	50	50	50	100	100	100	100	50	50	50	100	100	100	1000
14. Tur	50	50	50	50	50	100	100	100	100	50	50	50	100	100	100	1000
15. Tur	50	50	50	50	50	100	100	100	100	50	50	50	100	100	100	1000
15 Tur Sonunda Ortalama Puan																973,3
15 Tur Sonunda Başarım Oranı (%)																97,3

Çizelge 5.8. Şerit takibi başarıım oranı.

Tur Sayısı	Toplam Seyir Süresi (sn)	Şerit İhlali Yapılan Toplam Süre(sn)	Başarıım Oranı	Puan
1. Tur	246	1	99,59	497,97
2. Tur	287	5	98,26	491,29
3. Tur	290	9	96,90	484,48
4. Tur	299	5	98,33	491,64
5. Tur	289	1	99,65	498,27
6. Tur	285	9	96,84	484,21
7. Tur	272	19	93,01	465,07
8. Tur	287	5	98,26	491,29
9. Tur	381	25	93,44	467,19
10. Tur	358	15	95,81	479,05
11. Tur	365	8	97,81	489,04
12. Tur	379	19	94,99	474,93
13. Tur	342	13	96,20	480,99
14. Tur	368	10	97,28	486,41
15. Tur	365	12	96,71	483,56
15 Tur Sonucunda Başarı Ortalaması				484,36
15 Tur Sonucunda Başarıım Oranı (%)				96,87

15 turun sonunda OKB doğru kararlar alarak tabelaları doğru bir şekilde tahmin edebilmiştir. Ortalama %97,33 başarıyla araç tabela tahmin işlemini gerçekleştirmiş olup çıkan sonuçlar şerit takibinden çıkan sonuçlar ile toplanarak toplam puan değeri ve yüzde başarıım oranı hesaplanmaktadır. Şerit takibine ait tur bilgileri ve sonuçları Çizelge 5.8’de verilmektedir. Şerit takibinde ise araç %96,64’lük bir başarı ile şeritleri takip ederek parkuru tamamlayabilmiştir.

Birinci turun sonunda OKB doğru kararlar alarak bütün tabelaları doğru bir şekilde tahmin edebilmiştir. %100 başarıyla araç tabela tahmin işlemini gerçekleştirmiş olup çıkan sonuçlar şerit takibinden çıkan sonuçlar ile toplanarak toplam puan değeri ve yüzde başarıım oranı hesaplanmaktadır. Çizelge 5.8’de verilen sonuç değerlerinde görüldüğü üzere araç birinci tur sonucunda 1 saniye şerit ihlaline sebep olarak genel toplama oranla %99,59’lık bir başarıyla 497,97 puan alabilmektedir. Kameranın işlediği görüntünün şerit açığı Şekil 5.11’de verilmektedir. Genel toplama bakıldığında araç 1500 puan üzerinden 1497,97 puan aldığı görülmektedir. Yüzdeler

olarak tur başarısı hesaplandığında %99,86'lık bir başarı elde edilmiştir. Sistemin şerit açısı tespitinin bağıl hatası hesaplandığında %1,44'lük bir açı hatası yaptığı görülmektedir.

İkinci turun sonunda OKB doğru kararlar alarak bütün tabelaları doğru bir şekilde tahmin edebilmiştir. %100 başarıyla araç tabela tahmin işlemini gerçekleştirmiş olup çıkan sonuçlar şerit takibinden çıkan sonuçlar ile toplanarak toplam puan değeri ve yüzde başarı oranı hesaplanmaktadır. Çizelge 5.8'de verilen sonuç değerlerinde görüldüğü üzere araç birinci tur sonucunda 7 saniye şerit ihlaline sebep olarak genel toplama oranla %98,26'luk bir başarıyla 491,29 puan alabilmektedir. Kameranın işlediği görüntünün şerit açısı grafiği Şekil 5.11'de verilmektedir.

Genel toplama bakıldığında araç 1500 puan üzerinden 1491,29 puan aldığı görülmektedir. Yüzdeler olarak tur başarısı hesaplandığında %99,41'lik bir başarı elde edilmiştir. Sistemin şerit açısı tespitinin bağıl hatası hesaplandığında %1,49'luk bir açı hatası yaptığı görülmektedir.

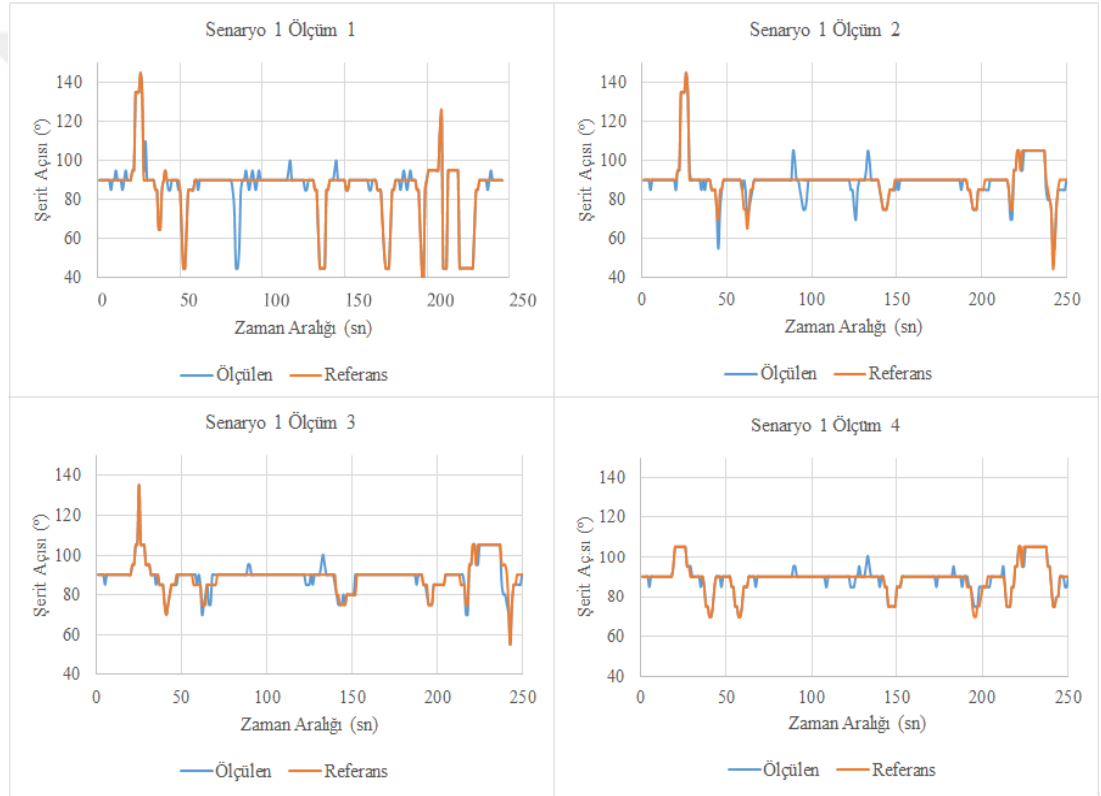
Üçüncü turun sonunda OKB doğru kararlar alarak bütün tabelaları doğru bir şekilde tahmin edebilmiştir. %100 başarıyla araç tabela tahmin işlemini gerçekleştirmiş olup çıkan sonuçlar şerit takibinden çıkan sonuçlar ile toplanarak toplam puan değeri ve yüzde başarı oranı hesaplanmaktadır. Çizelge 5.8'de verilen sonuç değerlerinde görüldüğü üzere araç birinci tur sonucunda 9 saniye şerit ihlaline sebep olarak genel toplama oranla %96,90'luk bir başarıyla 484,48 puan alabilmektedir. Kameranın işlediği görüntünün şerit açısı grafiği Şekil 5.11'de verilmektedir.

Genel toplama bakıldığında araç 1500 puan üzerinden 1484,48 puan aldığı görülmektedir. Yüzdeler olarak tur başarısı hesaplandığında %98,96'lik bir başarı elde edilmiştir. Sistemin şerit açısı tespitinin bağıl hatası hesaplandığında %1,14'lük bir açı hatası yaptığı görülmektedir.

Dördüncü turun sonunda OKB doğru kararlar alarak bütün tabelaları doğru bir şekilde tahmin edebilmiştir. %90 başarıyla araç tabela tahmin işlemini gerçekleştirmiş olup çıkan sonuçlar şerit takibinden çıkan sonuçlar ile toplanarak toplam puan değeri ve

yüzde başarı oranı hesaplanmaktadır. Çizelge 5.8’de verilen sonuç değerlerinde görüldüğü üzere araç birinci tur sonucunda 5 saniye şerit ihlaline sebep olarak genel toplama oranla %98,33’lük bir başarıyla 491,64 puan alabilmektedir. Kameranın işlediği görüntünün şerit açısı grafiği Şekil 5.11’de verilmektedir.

Genel toplama bakıldığında araç 1500 puan üzerinden 1391,64 puan aldığı görülmektedir. Yüzdeler olarak tur başarısı hesaplandığında %92,77’lik bir başarı elde edilmiştir. Sistemin şerit açısı tespitinin bağıl hatası hesaplandığında %0,77’lik bir açı hatası yaptığı görülmektedir.



Şekil 5. 11. Aracın ilk dört tur sonucundaki şerit açısı değer grafiği.

Beşinci turun sonunda OKB doğru kararlar olarak bütün tabelaları doğru bir şekilde tahmin edebilmiştir. %90 başarıyla araç tabela tahmin işlemini gerçekleştirmiş olup çıkan sonuçlar şerit takibinden çıkan sonuçlar ile toplanarak toplam puan değeri ve yüzde başarı oranı hesaplanmaktadır. Çizelge 5.8’de verilen sonuç değerlerinde görüldüğü üzere araç birinci tur sonucunda 3 saniye şerit ihlaline sebep olarak genel

toplama oranla %99,65'luk bir başarıyla 498,27 puan alabilmektedir. Kameranın işlediği görüntünün şerit açısı grafiği Şekil 5.12'de verilmektedir.

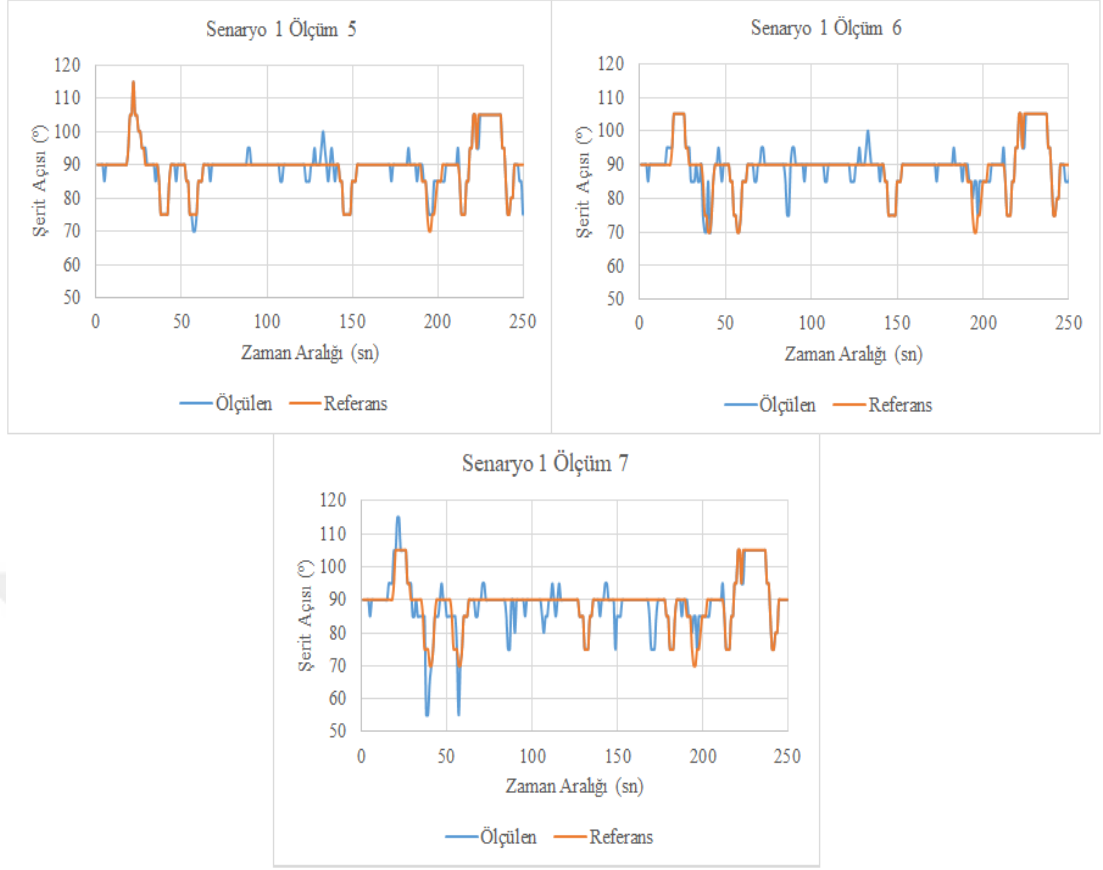
Genel toplama bakıldığında araç 1500 puan üzerinden 1398,27 puan aldığı görülmektedir. Yüzdeler olarak tur başarısı hesaplandığında %93,45'lik bir başarı elde edilmiştir. Sistemin şerit açısı tespitinin bağıl hatası hesaplandığında %0,96'lık bir açı hatası yaptığı görülmektedir.

Altıncı turun sonunda OKB doğru kararlar alarak bütün tabelaları doğru bir şekilde tahmin edebilmiştir. %100 başarıyla araç tabela tahmin işlemini gerçekleştirmiş olup çıkan sonuçlar şerit takibinden çıkan sonuçlar ile toplanarak toplam puan değeri ve yüzde başarı oranı hesaplanmaktadır. Çizelge 5.8'de verilen sonuç değerlerinde görüldüğü üzere araç birinci tur sonucunda 15 saniye şerit ihlaline sebep olarak genel toplama oranla %96,84'luk bir başarıyla 484,21 puan alabilmektedir. Kameranın işlediği görüntünün şerit açısı grafiği Şekil 5.12'de verilmektedir.

Genel toplama bakıldığında araç 1500 puan üzerinden 1484,21 puan aldığı görülmektedir. Yüzdeler olarak tur başarısı hesaplandığında %98,94'lük bir başarı elde edilmiştir. Sistemin şerit açısı tespitinin bağıl hatası hesaplandığında %1,46'lık bir açı hatası yaptığı görülmektedir.

Yedinci turun sonunda OKB doğru kararlar alarak bütün tabelaları doğru bir şekilde tahmin edebilmiştir. %100 başarıyla araç tabela tahmin işlemini gerçekleştirmiş olup çıkan sonuçlar şerit takibinden çıkan sonuçlar ile toplanarak toplam puan değeri ve yüzde başarı oranı hesaplanmaktadır. Çizelge 5.8'de verilen sonuç değerlerinde görüldüğü üzere araç birinci tur sonucunda 19 saniye şerit ihlaline sebep olarak genel toplama oranla %93,01'luk bir başarıyla 465,07 puan alabilmektedir. Kameranın işlediği görüntünün şerit açısı grafiği Şekil 5.12'de verilmektedir.

Genel toplama bakıldığında araç 1500 puan üzerinden 1465,07 puan aldığı görülmektedir. Yüzdeler olarak tur başarısı hesaplandığında %97,67'lik bir başarı elde edilmiştir. Sistemin şerit açısı tespitinin bağıl hatası hesaplandığında %2,32'lik bir açı hatası yaptığı görülmektedir.



Şekil 5. 12. Birinci senaryo 5-7. tur sonucundaki şerit açısı değer grafiği.

Sekizinci turun sonunda OKB doğru kararlar alarak bütün tabelaları doğru bir şekilde tahmin edebilmiştir. %90 başarıyla araç tabela tahmin işlemi gerçekleştirmiş olup çıkan sonuçlar şerit takibinden çıkan sonuçlar ile toplanarak toplam puan değeri ve yüzde başarı oranı hesaplanmaktadır. Çizelge 5.8’de verilen sonuç değerlerinde görüldüğü üzere araç birinci tur sonucunda 5 saniye şerit ihlaline sebep olarak genel toplama oranla %98,26’luk bir başarıyla 491,29 puan alabilmektedir. Kameranın işlediği görüntünün şerit açısı grafiği Şekil 5.13’te verilmektedir.

Genel toplama bakıldığında araç 1500 puan üzerinden 1391,29 puan aldığı görülmektedir. Yüzdeler olarak tur başarısı hesaplandığında %92,75’lik bir başarı elde edilmiştir. Sistemin şerit açısı tespitinin bağıl hatası hesaplandığında %0,61’lik bir açı hatası yaptığı görülmektedir.

Dokuzuncu turun sonunda OKB doğru kararlar alarak bütün tabelaları doğru bir şekilde tahmin edebilmiştir. %100 başarıyla araç tabela tahmin işlemi

gerçekleştirmiş olup çıkan sonuçlar şerit takibinden çıkan sonuçlar ile toplanarak toplam puan değeri ve yüzde başarı oranı hesaplanmaktadır. Çizelge 5.8’de verilen sonuç değerlerinde görüldüğü üzere araç birinci tur sonucunda 25 saniye şerit ihlaline sebep olarak genel toplama oranla %93,44’luk bir başarıyla 467,19 puan alabilmektedir. Kameranın işlediği görüntünün şerit açığı grafiği Şekil 5.13’te verilmektedir.

Genel toplama bakıldığında araç 1500 puan üzerinden 1467,19 puan aldığı görülmektedir. Yüzdeler olarak tur başarısı hesaplandığında %97,81’lik bir başarı elde edilmiştir. Sistemin şerit açısı tespitinin bağıl hatası hesaplandığında %0,41’lik bir açı hatası yaptığı görülmektedir.

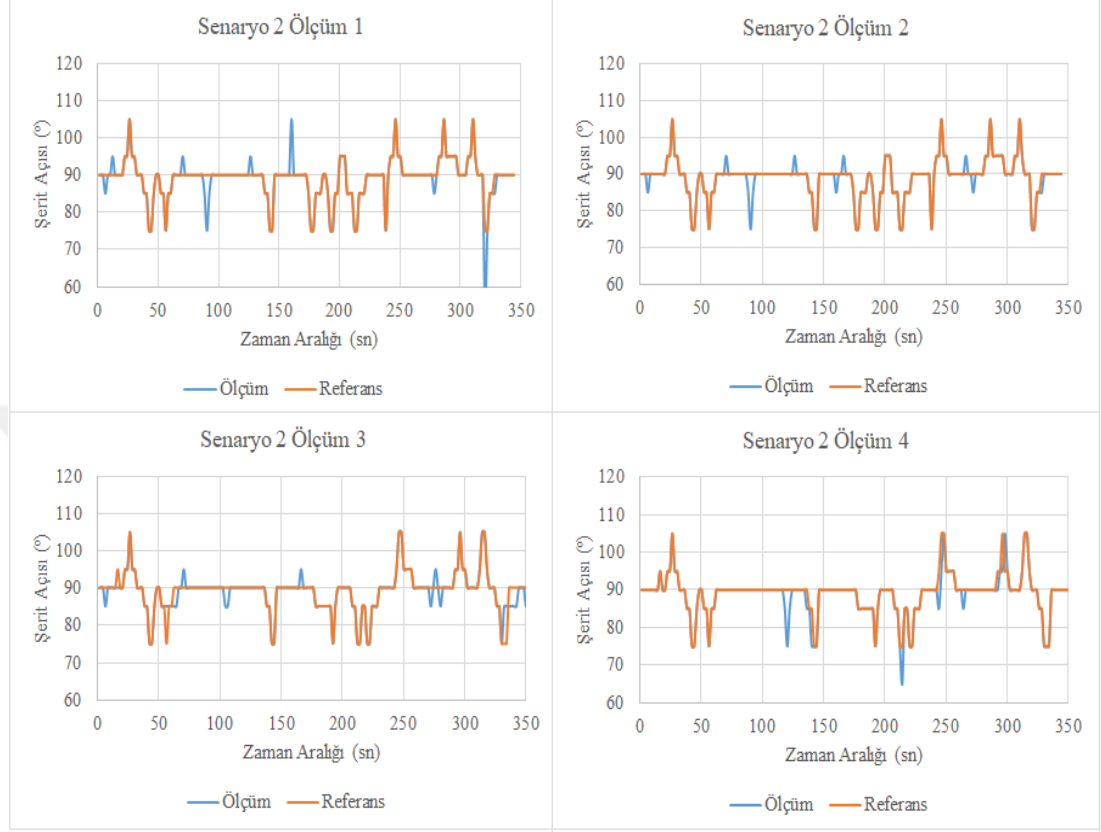
Onuncu turun sonunda OKB doğru kararlar alarak bütün tabelaları doğru bir şekilde tahmin edebilmiştir. %100 başarıyla araç tabela tahmin işlemini gerçekleştirmiş olup çıkan sonuçlar şerit takibinden çıkan sonuçlar ile toplanarak toplam puan değeri ve yüzde başarı oranı hesaplanmaktadır. Çizelge 5.8’de verilen sonuç değerlerinde görüldüğü üzere araç birinci tur sonucunda 15 saniye şerit ihlaline sebep olarak genel toplama oranla %95,81’luk bir başarıyla 479,05 puan alabilmektedir. Kameranın işlediği görüntünün şerit açığı grafiği Şekil 5.13’te verilmektedir.

Genel toplama bakıldığında araç 1500 puan üzerinden 1479,05 puan aldığı görülmektedir. Yüzdeler olarak tur başarısı hesaplandığında %98,6’lik bir başarı elde edilmiştir. Sistemin şerit açısı tespitinin bağıl hatası hesaplandığında %0,72’lik bir açı hatası yaptığı görülmektedir.

On birinci turun sonunda OKB doğru kararlar alarak bütün tabelaları doğru bir şekilde tahmin edebilmiştir. %85 başarıyla araç tabela tahmin işlemini gerçekleştirmiş olup çıkan sonuçlar şerit takibinden çıkan sonuçlar ile toplanarak toplam puan değeri ve yüzde başarı oranı hesaplanmaktadır.

Çizelge 5.8’de verilen sonuç değerlerinde görüldüğü üzere araç birinci tur sonucunda 8 saniye şerit ihlaline sebep olarak genel toplama oranla %97,81’luk bir başarıyla

489,04 puan alabilmektedir. Kameranın işlediği görüntünün şerit açısı grafiği Şekil 5.13'te verilmektedir.



Şekil 5. 13. İkinci senaryo ilk dört tur sonucundaki şerit açısı değer grafiği.

Genel toplama bakıldığında araç 1500 puan üzerinden 1339,04 puan aldığı görülmektedir. Yüzdeler olarak tur başarısı hesaplandığında %89,26'lık bir başarı elde edilmiştir. Sistemin şerit açısı tespitinin bağıl hatası hesaplandığında %0,61'lik bir açı hatası yaptığı görülmektedir.

On ikinci turun sonunda OKB doğru kararlar olarak bütün tabelaları doğru bir şekilde tahmin edebilmiştir. %100 başarıyla araç tabela tahmin işlemini gerçekleştirmiş olup çıkan sonuçlar şerit takibinden çıkan sonuçlar ile toplanarak toplam puan değeri ve yüzde başarı oranı hesaplanmaktadır. Çizelge 5.8'de verilen sonuç değerlerinde görüldüğü üzere araç birinci tur sonucunda 19 saniye şerit ihlaline sebep olarak genel toplama oranla %94,99'lük bir başarıyla 474,93 puan alabilmektedir. Kameranın işlediği görüntünün şerit açısı grafiği Şekil 5.14'te verilmektedir.

Genel toplama bakıldığında araç 1500 puan üzerinden 1474,93 puan aldığı görülmektedir. Yüzdeler olarak tur başarısı hesaplandığında %98,32'lik bir başarı elde edilmiştir. Sistemin şerit açısı tespitinin bağıl hatası hesaplandığında %0,61'lik bir açı hatası yaptığı görülmektedir.

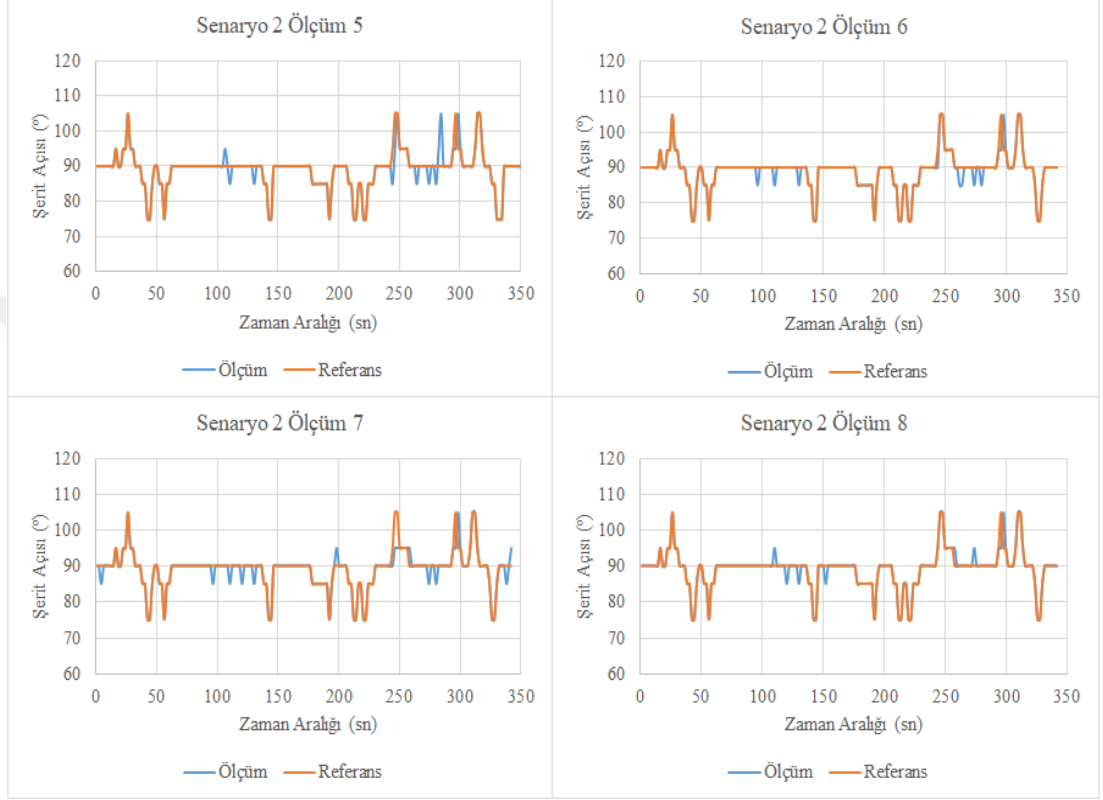
On üçüncü turun sonunda OKB doğru kararlar alarak bütün tabelaları doğru bir şekilde tahmin edebilmiştir. %100 başarıyla araç tabela tahmin işlemini gerçekleştirmiş olup çıkan sonuçlar şerit takibinden çıkan sonuçlar ile toplanarak toplam puan değeri ve yüzde başarı oranı hesaplanmaktadır. Çizelge 5.8'de verilen sonuç değerlerinde görüldüğü üzere araç birinci tur sonucunda 13 saniye şerit ihlaline sebep olarak genel toplama oranla %96,20'luk bir başarıyla 480,99 puan alabilmektedir. Kameranın işlediği görüntünün şerit açısı grafiği Şekil 5.14'te verilmektedir.

Genel toplama bakıldığında araç 1500 puan üzerinden 1480,99 puan aldığı görülmektedir. Yüzdeler olarak tur başarısı hesaplandığında %98,73'lik bir başarı elde edilmiştir. Sistemin şerit açısı tespitinin bağıl hatası hesaplandığında %0,37'lik bir açı hatası yaptığı görülmektedir.

On dördüncü turun sonunda OKB doğru kararlar alarak bütün tabelaları doğru bir şekilde tahmin edebilmiştir. %100 başarıyla araç tabela tahmin işlemini gerçekleştirmiş olup çıkan sonuçlar şerit takibinden çıkan sonuçlar ile toplanarak toplam puan değeri ve yüzde başarı oranı hesaplanmaktadır. Çizelge 5.8'de verilen sonuç değerlerinde görüldüğü üzere araç birinci tur sonucunda 10 saniye şerit ihlaline sebep olarak genel toplama oranla %97,28'luk bir başarıyla 486,41 puan alabilmektedir. Kameranın işlediği görüntünün şerit açısı grafiği Şekil 5.14'te verilmektedir. Genel toplama bakıldığında araç 1500 puan üzerinden 1486,41 puan aldığı görülmektedir. Yüzdeler olarak tur başarısı hesaplandığında %99,1'lik bir başarı elde edilmiştir. Sistemin şerit açısı tespitinin bağıl hatası hesaplandığında %0,61'lik bir açı hatası yaptığı görülmektedir.

On beşinci turun sonunda OKB doğru kararlar alarak bütün tabelaları doğru bir şekilde tahmin edebilmiştir. %100 başarıyla araç tabela tahmin işlemini gerçekleştirmiş olup çıkan sonuçlar şerit takibinden çıkan sonuçlar ile toplanarak toplam puan değeri ve

yüzde başarı oranı hesaplanmaktadır. Çizelge 5.8’de verilen sonuç değerlerinde görüldüğü üzere araç birinci tur sonucunda 12 saniye şerit ihlaline sebep olarak genel toplama oranla %96,71’lik bir başarıyla 483,56 puan alabilmektedir. Kameranın işlediği görüntünün şerit açığı grafiği Şekil 5.14’te verilmektedir.



Şekil 5. 14. İkinci senaryo son dört tur sonucundaki şerit açığı değer grafiği.

Genel toplama bakıldığında araç 1500 puan üzerinden 1483,56 puan aldığı görülmektedir. Yüzdeler olarak tur başarısı hesaplandığında %98,9’luk bir başarı elde edilmiştir. Sistemin şerit açığı tespitinin bağıl hatası hesaplandığında %0,31’lik bir açığı hatası yaptığı görülmektedir.

15 turun sonunda trafik işareti tanıma noktasında genel olarak yüksek başarı edilmiştir. Araç trafik işaretlerini tanımış ve sistem tam performansta çalışmıştır. En düşük başarı oranı ise %90 olup aracın geliş açısı veya işlemcinin yavaşlığından dolayı işareti tanıyamamış veya geç yanıt vermektedir. 15 tur sonucunda araç toplamda 4813 saniye parkur üzerinde seyir halinde kalmıştır. En düşük başarı oranı ise 7. Turda %93,01 olarak kayıt edilmiştir. Başarının düşmesinin temel sebebi görüntü üzerinde

bulunan parazitler ve işlemci yükünden kaynaklanan gecikmelerdir. Genel olarak 15 turda araç %96,64 lük bir başarımla 483,21 puan kazanabilmiştir.

Otonom bataryalı elektrikli aracın iki farklı senaryo ile yapılan deney sonuçları değerlendirildiğinde ortalama trafik işareti tanıma başarımları %97,33 ve 973,33 puandır. Ortalama şerit takibi başarımları %96,64 ve 483,21 puandır. Genel ortalama başarımları ise %97,10 ve 1456,54 puan olarak kayıt edilmiştir. Aracın trafik işareti tanıma noktasında hatalara düşmesinin temel sebebi aracın işareti görüş açısı ve uygulanan görüntü işleme ve derin öğrenme yöntemlerinin işlemciyi yavaşlatması yapay zekanın trafik işaretlerinde yanlış tahminine sebep olmaktadır.



BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Otonom araç teknolojileri günümüzde AR-GE çalışmalarıyla hızla gelişim gösteren ve gelecekte günlük yaşamda birçok kullanım alanına sahip olabilecek bir alandır. Gelişmekte olan teknoloji ile birlikte otomotiv sektöründe önde gelen isimler AR-GE çalışmalarında otonom taşıt teknolojisi için önemli çalışmalar gerçekleştirmektedir. Otonom aracın istenildiği gibi çalışabilmesi için araç üzerinde birçok sensör çeşidi denenmekte ve geliştirilmektedir. Otonom araçların gelişmesiyle birlikte trafik kazaları, büyük şehirlerde trafik sorunları ve yakıtta tasarruf sağlanabileceği düşünülmektedir. Aracın verimli ve güvenli bir şekilde çalışması için farklı algoritmalar denenmekte ve çalışan sistemler gerçek zamanlı olarak incelenmektedir. Aracın tam verimle güvenli bir şekilde çalışması trafik kazalarının azalmasının yanı sıra, sistem bileşenleri verimli ve zorlanmadan çalışacağı için tasarruf sağlanabilmektedir.

Bu tez çalışmasında bir otonom elektrikli araç geliştirilmiş ve deneysel çalışmaları gözlenmektedir. Bu araç hazırlanan platformda OKB yardımıyla trafik kuralları hakkında en uygun tahmini yapılmaktadır. OKB tahminlerinin gerektirdiği eylemleri diğer sistem bileşenleriyle seri haberleşme protokolleriyle haberleşerek doğrusal ve yanal bağlamda en uygun sürüş modu ve hareketini %97,10 başarıyla yapmaktadır. Bu tezde kullanılan görüntü işleme, derin öğrenme yöntemleriyle ve portatif olması sebebiyle eğitimde deney seti olarak kullanılabilme özelliğine sahiptir. Güncel hayatta trafikte karşılaşılabilecek her türlü trafik işareti ve yol durumu düşünülerek tasarlanmış olan test platformu ve geliştirilen araç trafik eğitim simülatörü olarak kullanılabilen bir eğitim aracı olma özelliği taşımaktadır. Bu çalışma trafik eğitim simülatörü olarak kullanılması bakımından literatürde ulusal olarak yapılan ilk çalışmadır. Aynı zamanda bu tez çalışması 4 – 9 yaş çocukların trafik kuralları eğitim simülatörü olarak kullanılabilir.

Tez çalışması sonucunda çocuklar için hem eğitici hem de eğlenceli bir yöntem sağlanmış olmakla birlikte çocukların teknolojiye olan ilgisi de artacaktır. Aracın çevresel etkenlere ve trafik kurallarına uygun olarak en uygun sürüş tahminini yaparak alt sistemlere iletilmesi sağlanmaktadır. Alt sistemlere gelen bilgiler aracın doğrusal ve yanal hareketini sağlamıştır. Gelecekte otonom araçlarda yol ve hava durumuna göre sürüş modunun bulunması sağlanabilir Ayrıca araçlarda Inertial measurement unit (IMU) ve GPS bileşenli bir sistem kullanılarak bir sistem geliştirilmesi halinde, aracın Dünya üzerinde istenilen herhangi bir noktadan başka bir noktaya verimli ve güvenli bir şekilde ulaşması için gerekli tahminleri yapabilir. Üzerinde GPU bulunan bir mikrodenetleyici ile bir prototip elde edilebilir.



KAYNAKLAR

1. School of Public and Environmental Affairs at Indiana University, "Plug-in Electric Vehicles: A Practical Plan for Progress- The Report of an Expert Panel", (February): (2011).
2. Uğur, E., "Prototip Bir Elektrikli Araç Üzerinde Enerji Yönetim Sisteminin Uygulanması", *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, (2011).
3. Shaout, A. K. and Jarrah, M. A., "Cruise control technology review", *Computers And Electrical Engineering*, 23 (4): 259–271 (1997).
4. Control, A. C., "Adaptive Cruise Control System Overview", 1–7 (2005).
5. Guvenc, B. A. and Kural, E., "Adaptive cruise control simulator: a low-cost, multiple-driver-in-the-loop simulator", *IEEE Control Systems Magazine*, 26 (3): 42–55 (2006).
6. Arem, B., van Driel, C., and Visser, R., "The Impact of Cooperative Adaptive Cruise Control on Traffic-Flow Characteristics", *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions On*, 7: 429–436 (2007).
7. Raza, H. and Ioannou, P., "Vehicle following control design for automated highway systems", *IEEE Control Systems Magazine*, 16 (6): 43–60 (1996).
8. Wang, Y., Teoh, E. K., and Shen, D., "Lane detection and tracking using B-Snake", *Image And Vision Computing*, 22 (4): 269–280 (2004).
9. Takamitsu, Y. and Orita, Y., "Effect of glomerular change on the electrolyte reabsorption of the renal tubule in glomerulonephritis (author's transl)", *Japanese Journal Of Nephrology*, 20 (11): 1221–1227 (1978).
10. M., E., L., V.-G., I., W. C. K., J., W., and A., Z., "The Pascal Visual Object Classes (VOC) Challenge", *International Journal Of Computer Vision*, 88 (2): 303–338 (2010).
11. Colleges, G. T. U. A., Academy, O., Academy, O., Academy, O., Science, A. C., Technology, I., and Science, A. C., "Gujarat Technological On the college letterhead", (June): 740–755 (2014).
12. Thomee, B., Elizalde, B., Shamma, D. A., Ni, K., Friedland, G., Poland, D., Borth, D., and Li, A. L. J., "YFCC100M: The new data in multimedia research", *Communications Of The ACM*, 59 (2): 64–73 (2016).

13. Hurst, D. and Wheelock, C., "EXECUTIVE SUMMARY : Plug-in Electric Vehicles Battery Electric and Plug-in Hybrid Electric Vehicles : OEM Strategies , Demand Drivers , Technology Issues , Key Industry Players , and Global Market Forecasts", *World*, (2010).
14. Ünlü, N., Karahan, Ş., Tür, O., Uçarol, H., Özsu, E., Yazar, A., Turhan, L., Akgün, F., and Tırıs, M., "Elektrikli Araçlar", 80 (2003).
15. Hinton, G. E., Dayan, P., Frey, B. J., and Neal, R. M., "The “wake-sleep” algorithm for unsupervised neural networks", *Science*, 268 (5214): 1158–1161 (1995).
16. Desmond, K. and Devitt, J., "Gustave Trouv{\`e}: French Electrical Genius (1839-1902)", 228 (2015).
17. Chan, C. C., "The Rise & Fall of Electric Vehicles in 1828–1930: Lessons Learned [Scanning Our Past]", *Proceedings Of The IEEE*, 101 (1): 206–212 (2013).
18. Humphrey, J., Sargent, D., Schuster, J., Marshall, M., Omotoso, M., and Dunne, T., "Drive Green 2020 : More Hope than Reality?", (November): (2010).
19. TÜBİTAK, "Etkinlik Kitapçığı (Rules) 2019", 52 (2019).
20. Sheridan, T., Verplank, W., and Brooks, T., "Human and Computer Control of Undersea Teleoperators", (1978).
21. Gardels, K., "Automatic Car Controls for Electronic Highways", General Motors Research Laboratories, Warren, MI, (1960).
22. Snider, J. M., "Automatic Steering Methods for Autonomous Automobile Path Tracking", *Work*, (February): 1–78 (2009).
23. Cheng, H., Zheng, N., Zhang, X., Qin, J., and Van De Wetering, H., "Interactive road situation analysis for driver assistance and safety warning systems: Framework and algorithms", *IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems*, 8 (1): 157–166 (2007).
24. Gehrig, S. K. and Stein, F. J., "Collision Avoidance for Vehicle-Following Systems", *Trans. Intell. Transport. Sys.*, 8 (2): 233–244 (2007).
25. Yoon, J., Cho, W., Koo, B., and Yi, K., "Unified Chassis Control for Rollover Prevention and Lateral Stability", *Vehicular Technology, IEEE Transactions On*, 58: 596–609 (2009).
26. Bi, L., Tsimhoni, O., and Liu, Y., "Using Image-Based Metrics to Model Pedestrian Detection Performance With Night-Vision Systems", *IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems*, 10: 155–164 (2009).

27. Sugeno, M. and Murakami, K., "Fuzzy parking control of model car", *The 23rd IEEE Conference On Decision And Control*, 902–903 (1984).
28. J Ackerman, Dr T Biinte, D. O., "ADVANTAGES OF ACTIVE STEERING FOR Professor J Ackermann , Dr T Bunte , and D Odenthal , German Aerospace Center , D", *Advantages Of Active Steering For Vehivle Dynamics Control*, (2013).
29. Tan, H.-S., Bu, F., and Bougler, B., "A Real-World Application of Lane-Guidance Technologies - Automated Snowblower.", *IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems*, 8: 538–548 (2007).
30. White, R. and Tomizuka, M., "Autonomous following lateral control of heavy vehicles using laser scanning radar", *Proceedings Of The 2001 American Control Conference. (Cat. No.01CH37148)*, 3: 2333–2338 vol.3 (2001).
31. Chen, X., Yang, T., Chen, X., and Zhou, K., "A Generic Model-Based Advanced Control of Electric Power-Assisted Steering Systems", *IEEE Transactions On Control Systems Technolgy*, 16 (6): 1289–1300 (2008).
32. Chaib, S., Netto, M. S., and Mammam, S., "H/sub /spl infin//, adaptive, PID and fuzzy control: a comparison of controllers for vehicle lane keeping", *IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2004*, 139–144 (2004).
33. Brkic, K., "An overview of traffic sign detection methods", *Department Of Electronics, Microelectronics, Computer And Intelligent Systems Faculty Of Electrical Engineering And Computing Unska*, 3: 10000 (2010).
34. Lopez, L. D. and Fuentes, O., "Color-based road sign detection and tracking", *Lecture Notes In Computer Science (Including Subseries Lecture Notes In Artificial Intelligence And Lecture Notes In Bioinformatics)*, 4633 LNCS: 1138–1147 (2007).
35. De La Escalera, A., Moreno, L. E., Salichs, M. A., and Armingol, J. M., "Road traffic sign detection and classification", *IEEE Transactions On Industrial Electronics*, 44 (6): 848–859 (1997).
36. Mathias, M., Timofte, R., Benenson, R., and Van Gool, L., "Traffic sign recognition - How far are we from the solution?", *Proceedings Of The International Joint Conference On Neural Networks*, (2013).
37. Broggi, A., Cerri, P., Medici, P., Porta, P. P., and Ghisio, G., "Real Time Road Signs Recognition", 981–986 (2007).
38. Ivakhnenko, A. G. and Lapa, V. G., "Cybernetic predicting devices", *CCM Information Corporation*, (1965).
39. Fukushima, K., "Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position", *Biological*

- Cybernetics*, 36 (4): 193–202 (1980).
40. LeCun, Y., Boser, B., Denker, J. S., Henderson, D., Howard, R. E., Hubbard, W., and Jackel, L. D., "Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition", *Neural Computation*, 1 (4): 541–551 (1989).
 41. Lecun, Y., Bengio, Y., and Hinton, G., "Deep learning", *Nature*, 521 (7553): 436–444 (2015).
 42. LeCun, Y., Boser, B., Denker, J., Henderson, D., Howard, R., Hubbard, W., and Jackel, L., "Handwritten digit recognition with a back-propagation network", 396–404 (1990).
 43. Hochreiter, S. and Schmidhuber, J., "Long Short-Term Memory", *Neural Computation*, 9 (8): 1735–1780 (1997).
 44. Cortes, C. and Vapnik, V., "Support-vector networks", *Machine Learning*, 20 (3): 273–297 (1995).
 45. Schmidhuber, J., "Deep Learning in neural networks: An overview", *Neural Networks*, 61: 85–117 (2015).
 46. Aizenberg, I., Aizenberg, N., and Vandewalle, J., "Multiple-Valued Threshold Logic and Multi-Valued Neurons", 25–80 (2000).
 47. Hinton, G. E., "Learning multiple layers of representation", *Trends In Cognitive Sciences*, 11 (10): 428–434 (2007).
 48. Giusti, A., Cireşan, D. C., and Giusti, A., "Deep Neural Networks Segment Neuronal Membranes in Electron Microscopy Images Deep Neural Networks Segment Neuronal Membranes in Electron Microscopy Images", *Proceedings Of The 25th International Conference On Neural Information Processing Systems*, 2 (January 2012): 1–9 (2015).
 49. Cireşan, D., Meier, U., Masci, J., and Schmidhuber, J., "Multi-column deep neural network for traffic sign classification", *Neural Networks*, 32: 333–338 (2012).
 50. Cireşan, D. C., Meier, U., Gambardella, L. M., and Schmidhuber, J., "Convolutional neural network committees for handwritten character classification", *Proceedings Of The International Conference On Document Analysis And Recognition, ICDAR*, 10: 1135–1139 (2011).
 51. Hinton, G. E., Srivastava, N., Krizhevsky, A., Sutskever, I., and Salakhutdinov, R. R., "Improving neural networks by preventing co-adaptation of feature detectors", 1–18 (2012).
 52. Krizhevsky, A., Sutskever, I., and Hinton, G. E., "ImageNet classification with deep convolutional neural networks", *Communications Of The ACM*, 60 (6):

84–90 (2017).

53. Internet: Insights, C., "The Race For AI: Here Are The Tech Giants Rushing To Snap Up Artificial Intelligence Startups", <https://www.cbinsights.com/research/top-acquirers-ai-startups-ma-timeline/>.
54. Overbot, T., "Team Overbot DARPA Grand Challenge 2005 Technical Paper", (2005).
55. Leader, T. and Kent, T. J., "DARPA Grand Challenge Technical Paper Team Spirit of Las Vegas DARPA Grand Challenge Technical Paper", (2004).
56. Architect, C., Patterson, W., and Force, A., "Technical Overview of CajunBot (2005) Team CajunBot DARPA Grand Challenge 2005 Technical Overview of CajunBot (2005)", (2005).
57. Carr, G. A. and Mee, B., "DARPA Grand Challenge 2005 Team ENSCO ' s DEXTER 1 Introduction & Background", (2005).
58. Dündar, V; Erdi, A., "Coğrafi bilgi sistemleri için DGPS yöntemi ile veri toplama", 22 (2000).
59. Tuncay, N; Üstün, Ö., "Elektrikli araçlarda geçmişten geleceğe bakış, MÜSİAD Otomotiv Sektör Kurulu Raporu", (2012).
60. Hamut, H. S., Dincer, I., and Naterer, G. F., "Analysis and optimization of hybrid electric vehicle thermal management systems", *Journal Of Power Sources*, 247: 643–654 (2014).
61. de Lucena, S. E., "A Survey on Electric and Hybrid Electric Vehicle Technology", *Electric Vehicles Â€“ The Benefits And Barriers*, 1–19 (2011).
62. Hoque, M. M., Hannan, M. A., Mohamed, A., and Ayob, A., "Battery charge equalization controller in electric vehicle applications: A review", *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 75: 1363–1385 (2017).
63. Ustabaş, A., "Mikro ve makro etkileri yönünden elektrikli otomobiller (Türkiye ekonomisi örneği)", *Marmara Üniversitesi*, (2015).
64. Muratoğlu, Y. and Akkaya, A., "Elektrikli Araç Teknolojisi ve Pil Yönetim Sistemi-İnceleme", *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, (458): 10–14 (2015).
65. Bakker, D., "Battery electric vehicles: performance, CO2 emissions, lifecycle costs and advanced battery technology development", (August): 71 (2010).
66. Gemici, S. S., "Elektrikli Ulaşım Sistemlerinde Enerji Depolama Yöntemlerinin İncelenmesi", (2006).

67. Aydın, B., "Yakıt Pili Elektrikli Araçların Tahriki İçin Farklı Tipte Batarya Gruplarının Belirlenmesi", *Yıldız Teknik Üniversitesi*, (2010).
68. Linden, D., Reddy, T., vd., "Linden's Handbook of Batteries", (2004).
69. Cadar, D. V, Petreus, D. M., and Patarau, T. M., "An energy converter method for battery cell balancing", *33rd International Spring Seminar On Electronics Technology, ISSE 2010*, 290–293 (2010).
70. KOÇ, Z., "Otonom Otomobil İçin Araç Mekatroniği Uygulaması", *İstanbul Teknik Üniversitesi*, (2011).
71. ÇEVEN, S., "Elektrikli araçlar için zeki elektronik denetim ünitesi tasarımı ve gerçekleştirilmesi", *Karabük Üniversitesi*, (2017).
72. Yavuz, E., "3SerbestlikDereceli (3R)Bir RobotManipülatörünün Kontrolü Ve Görüntüİşleme Dayalı Nesne Taşınması", *Ege Üniversitesi*, (2015).
73. Özcan, T., "Hareketli Nesnelere Yüz Tespitine Yönelik Bir Uygulama", *Trakya Üniversitesi*, (2010).
74. Cengil, E. and Çınar, A., "A New approach for image classification: convolutional neural network", *European Journal Of Technique (EJT)*, 6: 96–103 (2016).
75. Peemen, M., Shi, R., Lal, S., Juurlink, B., Mesman, B., and Corporaal, H., "The neuro vector engine: Flexibility to improve convolutional net efficiency for wearable vision", *2016 Design, Automation & Test In Europe Conference & Exhibition (DATE)*, 1604–1609 (2016).
76. Lecun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., and Haffner, P., "Gradient-based learning applied to document recognition", *Proceedings Of The IEEE*, 86 (11): 2278–2324 (1998).
77. Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., Erhan, D., Vanhoucke, V., and Rabinovich, A., "Going Deeper with Convolutions Christian", *Journal Of Chemical Technology And Biotechnology*, 91 (8): 2322–2330 (2015).
78. Fırıldak, K. and Talu, M. F., "Evrışimsel Sinir Ağlarında Kullanılan Transfer Öğrenme Yaklaşımlarının İncelenmesi", *Anatolian Journal Of Computer Science*, 4 (2): 88–95 (2019).
79. Kaske, A. and Wolf, D., "Lane Boundary Detection Using Statistical Criteria", *International Conference On Quality By Artificial Vision*, (1999).
80. Lakshmanan, S. and Kluge, K. C., "Lane Detection for Automotive Sensors", *ICASSP, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - Proceedings*, 2955–2958 vol.5 (1995).

81. Canny, J., "A Computational Approach To Edge Detection", *Pattern Analysis And Machine Intelligence, IEEE Transactions On*, PAMI-8: 679–698 (1986).
82. Illingworth, J. and Kittler, J., "A survey of the hough transform", *Computer Vision, Graphics, And Image Processing*, 44 (1): 87–116 (1988).
83. Tapas, A., "Transfer learning for image classification and plant phenotyping", *International Journal Of Advanced Research In Computer Engineering And Technology (IJARCET)*, 5 (11): 2664–2669 (2016).



ÖZGEÇMİŞ

Abdulhamit SEVGİ, 23 Eylül 1992’de Konya ilinin Karabağ kasabasında doğdu. İlköğretimini Şehit Ahmet Ersoy İlköğretim okulunda tamamladı. Ortaöğrenimini Mut Anadolu Lisesinde tamamladı. 2016 yılında Karabük Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği lisans bölümünü tamamladı. 2017 yılında başladığı Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Karşıyaka Mah. Müderris Ahmet Sk. No:1/4 MUT/MERSİN

Tel : +90 (552) 247 30 01

E-posta: abdulhamitsevgi@gmail.com