MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GRID YAPILI AKILLI LED AYDINLATMA SİSTEMİ UYGULAMASI

MEHMET ALİ GÜNALTAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elektrik ve Elektronik
Mühendisliği Anabilim Dalı

DANIŞMAN

Doç.Dr. İSMAİL KIYAK

İSTANBUL, 2018

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GRID YAPILI AKILLI LED AYDINLATMA SİSTEMİ UYGULAMASI

MEHMET ALİ GÜNALTAY
(523115003)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elektrik ve Elektronik
Mühendisliği Anabilim Dalı

DANIŞMAN

Doç.Dr. İSMAİL KIYAK

İSTANBUL, 2018

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi **Mehmet Ali GÜNALTAY'ın "Grid Yapılı Akıllı LED Aydınlatma Sistemi Uygulaması"** başlıklı tez çalışması, **28.11.2018** tarihinde savunulmuş ve jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

Doç.Dr. İsmail KIYAK (Danışman)
Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Elektrik-Elektronik Müh. Böl. .....

Prof.Dr. A. Fevzi BABA (Üye)
Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Elektrik-Elektronik Müh. Böl. .....

Doç.Dr. T.Çetin AKINCI (Üye)
İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Elek. Müh. Böl. .....

ONAY

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 02.01.2019 tarih ve 2019/01-02 sayılı kararı ile **Mehmet Ali GÜNALTAY'ın** Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı **Yüksek Lisans** derecesi alması onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof. Dr. Bülent EKİCİ

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans süresince desteklerini eksik etmeyen Sayın Doç. Dr. İsmail KIYAK Bey'e teşekkürlerimi sunarım.

Eylül 2018 **Mehmet Ali GÜNALTAY**

İÇİNDEKİLER

1. BÖLÜM - AYDINLATMA KAVRAMI 13

1.1. Giriş 13

1.2. Aydınlatmanın Tarihçesi 13

1.3. Aydınlatma Gereksinimi 15

1.4. Aydınlatma Kavramları 17

1.4.1. Aydınlatmada Kullanılan Yaklaşımlar 17

1.4.2. Aydınlatmanın Niteliği 18

1.4.3. Aydınlatmanın Niceliği 18

1.5. Aydınlatma ile ilgili Genel Tanımlar 20

1.5.1. Işık Tanımı ve İlgili Teoriler 20

1.5.2. Göz ve Görme ile İlgili Kavramlar 23

1.5.3. Işık ile İlgili Kavramlar 24

1.5.4. Renk ve İlgili Kavramlar 30

1.6. Aydınlatma Türleri 32

1.6.1. İç Aydınlatma 32

1.6.2. Dış Aydınlatma 32

1.6.3. Özel Aydınlatma Sistemleri 32

1.7. Araç Aydınlatma Sistemleri 33

1.7.1. İç Aydınlatma Sistemleri 33

1.7.2. Dış Aydınlatma Sistemleri 33

1.7.3. Özel Araç Aydınlatma Sistemleri 33

2. BÖLÜM - ARAÇ AYDINLATMA SİSTEMLERİ 34

2.1. Giriş 34

2.2. Tarihsel Gelişim 34

2.3. Araçlarda Kullanılan Dış Aydınlatma Sistemleri 35

2.3.1. Uzun/ Kısa ve Ön Sis Aydınlatma Sistemleri 36

2.3.2. Gündüz Sürüş ve Park Uyarı Sistemleri 39

2.3.3. Sinyal Uyarı Sistemleri 40

2.3.4. Fren/Stop Uyarı Sistemleri 41

2.4. Yasal Zorunluluklar ve İlgili Standartlar 41

2.5. Lamba Türleri 42

3. BÖLÜM – FAR AYDINLATMA KONTROL YÖNTEMLERİ 48
3.1. Giriş 48
3.2. Akıllı Far Sistemleri (AFS) 48
3.2.1. Akıllı Far Sistemlerine Ait Aydınlatma Sınıfları 49
3.2.2. Otomatik Farlar 52
3.2.3. Dinamik Viraj Aydınlatma 53
3.2.4. Köşe / Dönüş Aydınlatma 54
3.2.5. Kötü Hava Şartları Aydınlatması 56
3.2.6. Yüksek Hızlı Yollar Aydınlatma (Otoban Senaryosu) 56
3.2.7. Dinamik Far Yüksekliği Fonksiyonu 57
3.2.8. Otomatik Uzun Farlar 58
3.3. Bölgesel Karartma Kontrol Sistemleri 59
3.3.1. Grid Yapılı LED Aydınlatma 61
3.3.2. Grid Yapısının Son Örnekleri ve Geleceği 62
4. Bölüm – UYGULAMA 70
4.1. Giriş 70
4.2. Uygulama Şeması Blok Diyagramı 70
4.3. Geliştirme Süreci 71
4.4. Deney Setini Bileşenleri 72
4.4.1. Ana İşlemci Ünitesi 72
4.4.2. Grid LED Far 73
4.4.3. Far Modülü İşlemci Ünitesi 74
4.4.4. Kamera 75
4.5. Yazılım Geliştirme 76
4.5.1. Araç Algılama Algoritması 81
4.5.2. Çıkış Aydınlatma Bloğu 85
5. BÖLÜM – SONUÇ VE DEĞERLENDİRME 89
5.1. Giriş 89
5.2. Merkezi kontrol Ünitesi Kullanım Avantajları 89
5.3. Alınan Veriler ve Değerlendirme Sonuçları 91
5.4. Öneriler 96
KAYNAKLAR / REFERENCES 97

ÖZET

GRID YAPILI AKILLI LED AYDINLATMA SİSTEMİ UYGULAMASI

Günümüzde yaşanan elektronik alanındaki gelişmeler sayesinde geleneksel birçok cihaz özel durumlar karşısında kendi başına karar verebilir hale gelmiştir. Bu sistemlerden birisi de "Akıllı Far Sistemleri'dir. Farlar, yolun ve trafiğin durumuna göre uzun ve kısa far durumuna karar verebilmekte ve hatta özel sensörler ile karşı şeritten gelen araçları tanımlayarak sadece karşı şeritteki aracın olduğu bölgeyi karanlıkta bırakabilmektedir. Bu sayede hem kendisi hem de karşıdaki araç için en konforlu sürüş sağlanabilmektedir.

Akıllı far sistemlerinde o anki durumu analiz edip çeşitli senaryolar karşısında en uygun çözümü sunacak elektronik devrelerin de gelişim süreçleri devam etmektedir. Bunun sonucu olarak far sistemleri de akıllı hale gelip, şartları belirleyip, kendi kararlarını vererek yaşanan her yeni duruma adapte olacaklarıdır.

Otomotiv sektörünün gelişim sürecine bakıldığında, bu gelişimin yaşanabilmesi için elektronik kontrol sistemlerin yanı sıra far sistemlerinde kullanılan lamba tiplerinin gelişmesi gerekmiş ve LED kullanımı ortaya çıkmıştır.

LED far yapısı ile birlikte far ayar motorları ile gerçekleştirilen bölgesel karatma sistemleri de yürürlükten kalkacak, bu sayede de birim maliyet ve harcanan mühendislik zamanları da azalacaktır.

Bu projede, bölgesel karartma fonksiyonu uygulanarak hem kendi şeridinde hem de karşı şeritteki araçları karanlık bölgede bırakabilen Grid LED'li akıllı far geliştirilmiştir. Grid yapısı sayesinde bölgesel karartma dışında kalan bölgeler aydınlatılmaya devam etmiş bu sayede de kısa far ve uzun far aydınlatmaları tek bir Grid LED yapısı içinde toplanmıştır.

ABSTRACT

GRID TYPE SMART LED
HEADLAMP SYSTEMS APPLICATION

The recent advancement in electronics industry, many traditional devices have become able to make decisions on their own. One of these systems is "Intelligent Headlamp Systems". The headlights can decide illumination types depending states of roads and traffic. Also can identify the vehicles which is coming from the opposite lane with the special sensors and cameras. According these informations it is possible to leave only the area where the vehicle on the opposite lane is in the dark. In this way, comfortable driving can be provided for both the vehicle itself and the opposite vehicle.

The development of electronic circuit designs and analysis methods in intelligent headlight systems are still in progress. As a result, the headlight systems will become intelligent, determine the conditions, make their own decisions and adapt to every new situation and scenario for all weather nad road conditions.

When we look at the development process of the automotive industry, it is evident that lamp types should be developed apart from electronic control systems in order to to keep up with the development and required LED usage in modern headlights.

Headlamp adjustment motors will also be abolished and also consequently, unit costs and spent engineering times will be reduced when LED headlight systems are being used. The regional dimming function was implemented and the smart headlight with a Grid LED was developed, which could leave both vehicles in its own lane and the vehicles in the opposite lane in the dark. the regions outside the selective dimming have continued to be illuminated, so that low beam and highbeam are collected in a single Grid LED structure.

SEMBOLLER

λ : Dalga Boyu

h : Planck Sabiti

m : Parçacık Kütlesi

v : Parçacık Hızı

S : Yüzey Alanı

Φ : Işık Akısı

lm : Lümen, Işık kaynağından birim zamanda yayılan ışık miktarıdır.

Q : Kuantumun büyüklüğü,

v : Foton titreşiminin Hz cinsinden frekansı

nm : Nano Metre

Hz : Hertz (frekans)

η : Işıksal Verim

W : Watt – Güç Brimi

cd : Candela – Kandela – Işık Şiddeti Birimi

lx : Lüx

I : Işık Şiddeti

K : Kelvin - Renk Sıcaklığı Birimi

C : Celcius Derece – Santigrat Derece

KISALTMALAR

CIE **:** Uluslararası Aydınlatma Komisyonu

CRI **:** Renksel Geriverim İndeksi

CUDA : Grafik İşlemci İçindeki Donanım Mimarisi

CAT5 : Çiftli Örgülü Ethernet Kablosu – Kategori 5

LED **:** Işık Yayıcı Diyot

LCD : Sıvı Kristal Yapılı Gösterge

PCB **:** Printed Circuit Board – Baskılı Devre Kartı

IDE : Integrated Development Environment – Tümleşik Geliştirme Ortamı

RGB **:** Red, Green, Blue – Kırmızı, Yeşil, Mavi

RAM : Rastgele Erişimli Hafıza

ROM : Sadece Okunabilir Bellek

CPU : Central Process Unit – Merkezi İşlem Birimi

GPU : Graphic Process Unit – Grafik İşlem Birimi

OEM **:** Original Equipment Manufacturer

SMD **:** Surface Mount Device

COB **:** Chip On Board

DRL **:** Daytime Running Lamp

AFS **:** Adaptive Frontlight Systems - Akıllı Far Sistemleri

HID **:** High Intensity Discharge - Yüksek Yoğunluklu Deşarj Lambaları

UNECE **:** United Nations Economic Commission for Europe

UART : Universal Asenkron Reciever Transmitter

RS232 : Electronic Industries Assosiation Tasarımı Basit Seviye Haberleşme

CANBus **:** Controller Area Network

LINBus **:** Local Interconnect Network

FlexRay **:** Automotive Network Communications Protocol

Ethernet **:** Local Area Network

802.11p **:** IEEE 802.11 araçlar için kablosuz veri haberleşme (WAVE)

RJ45 : Registered Jack 45 – Ethernet bağlantı konnektörü

Wireless **:** Kablosuz Ağlar için Kullanılan Kısatma

Yaw Rate **:** Aracın Yatay Açısı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 – Elektromanyetik Spektrum [17] 22

Şekil 1.2 – Renk Hassasiyeti Gece Gündüz Farkı [19] 23

Şekil 1.3 – Işık İle İlgili Tanımlar [20] 24

Şekil 1.4 – Gonyofotometre Ölçümü [23] 26

Şekil 1.5 – Birim Yüzeyden Yansıyan Parıltı [25] 28

Şekil 1.6 – Işıltı - Parıltı Teoremi [26] 29

Şekil 1.7 – Renk Sıcaklığı Skalası [32] 31

Şekil 2.1 – Ford Coupe 1911 Model [39] 34

Şekil 2.2 – Araç Dış Aydınlatma ve Uyarı Lambaları [19] 35

Şekil 2.3 – Aydınlatma Bölgeleri [19] 36

Şekil 2.4 – Kısa Far Bölümleri [19] 37

Şekil 2.5 – Uzun Far Bölümleri [19] 37

Şekil 2.6 – Sis Farı Aydınlatma Bölgesi (SAE J583) [45] 38

Şekil 2.7 – Gösterge Üzerindeki Park Aydınlatma Simgesi [46] 39

Şekil 2.8 – Gündüz Sürüş Aydınlatma Simgesi [49] 39

Şekil 2.9 – Gündüz Sürüş Farı COB LED Uygulaması [50] 39

Şekil 2.10 – Ön ve Yan Sinyal Lambaları Aktif/Pasif Durumu [52] 40

Şekil 2.11 – Gösterge Paneli Sinyal Uyarı İkazları [55] 40

Şekil 2.12 – Ön Far Grubu [56] 41

Şekil 2.13 – Bi-Xenon Shutter Mekanizmalı Far İç Yapısı [60] 43

Şekil 2.14 – SMD ve COB LED Ürünleri [61] 45

Şekil 2.15 – Lazer Far Yapısı [59] 46

Şekil 2.16 – Lazer Far Kesit Görünümü [65] 46

Şekil 3.1– Akıllı Far Sistemleri Bölgesel Karartma [66] 48

Şekil 3.2 – Standartlara Göre Aydınlatma Sınıfları [67] 49

Şekil 3.3 – V Sınıfı Işık Dağılımı – 60 Lüx [19] 50

Şekil 3.4 – C Sınıfı Işık Dağılımı – 60 Lüx [19] 50

Şekil 3.5 – E Sınıfı Işık Dağılımı – 120 Lüx [19] 51

Şekil 3.6 – W Sınıfı Işık Dağılımı - 120//60 Lüx [19] 51

Şekil 3.7 – Far Kontrol Kolu [68] 52

Şekil 3.8 – Otomatik Far Çalışma Senaryoları [69] 52

Şekil 3.9 – Standart Far Sistemi [70] 53

Şekil 3.10 – Dinamik Aydınlatma [70] 53

Şekil 3.11 – Kamera ile Viraj Tespiti [71] 53

Şekil 3.12 – Köşe Aydınlatma Yok [70] 54

Şekil 3.13 – Köşe Aydınlatma Var [70] 54

Şekil 3.14 – Ada Dönüş Uyarısı [72] 54

Şekil 3.15 – Kızılötesi Kamera Yaya Tespiti [73] 55

Şekil 3.16 – Tespit Edilen Yayanın Aydınlatılması [73] 55

Şekil 3.17 – Sistem Kapalı [70] 56

Şekil 3.18 – Sistem Açık [70] 56

Şekil 3.19 – Sistem Kapalı [70] 56

Şekil 3.20 – Sistem Aktif [70] 56

Şekil 3.21 – Dinamik Far Yükseklik Kontrolü [74] 57

Şekil 3.22 – Yokuş Otomatik Far Ayarı [75] 57

Şekil 3.23 – Uzun Far ve Otomatik Uzun Far Sembolleri [77] 58

Şekil 3.24 – Otomatik Uzun Far Kullanımı [78] 58

Şekil 3.25 – Yatay ve Düşey Eksen Kontrollü Far Yapısı [19] 59

Şekil 3.26 – Akıllı Far Sistemi Kontrol Yapısı [79] 59

Şekil 3.27 – Far Işıkları Sayesinde Tespit Edilecek Araç [80] 60

Şekil 3.28 – Far Tespit Akış Diagramı [80] 60

Şekil 3.29 – SAE Far Asistanı MatrixBeam [82] 61

Şekil 3.30 – Grid Yapılı Far Sistemi [81] 61

Şekil 3.31 – Çok Bölgeli Far Yapısı (Kısa-Orta ve Uzak Bölgeler) [81] 62

Şekil 3.32 – 84 LED'li Far Grubu İç Yapısı [79] 63

Şekil 3.33 – LED Grubu ve Soğutucu Blokları [79] 63

Şekil 3.34 – Bağımsız LED'lerin Kontrolü ve Işık Dağılım [79] 64

Şekil 3.35 – Farklı Şeritlerde Bölgesel Karartma [79] 64

Şekil 3.36 – Farklı Şeritlerde Bölgesel Karartma Üstten Görünüş [83] 65

Şekil 3.37 – Trafik işaretinin Tanımlanması [79] 66

Şekil 3.38 – Trafik işaretine Yönelen Işığı Şiddetinin Azaltılması [79] 66

Şekil 3.39 – Arızalı Araç Tespiti [79] 67

Şekil 3.40 – Arızalı Araç Tespiti [79] 67

Şekil 3.41 – Yansıma Engelleme Özelliği Devre Dışı Olduğu Durum [79] 68

Şekil 3.42 – Yansıma Engelleme Özelliği Devre Olduğu Durum [79] 68

Şekil 3.43 – Audi A8 Sınıfı Araçlardaki LED Kontrollü Far Yapısı [79] 69

Şekil 3.44 – Çok Bölgeli Far Yapısı (1024 LED) [81] 69

Şekil 4.1 – Uygulama Blok Diyagramı 70

Şekil 4.2 – Proje Geliştirme Süreci 71

Şekil 4.3 – Demo seti – Nvidia Jetson – Far Grubu – PS3 Kamera 72

Şekil 4.4 – Vokoscreen Webcam Uygulama Görüntüsü 75

Şekil 4.5 – Jetpack Kurulum Router Bağlantı Şeması [89] 76

Şekil 4.6 – QT Yazılım Geliştirme Ara yüzü 77

Şekil 4.7 – OpenCV kütüphanelerinin Tanıtılması 78

Şekil 4.8 – OpenCV farklı Sürümleri [90] 78

Şekil 4.9 – Seri Haberleşme Çıkışlarının Tanıtılması 79

Şekil 4.10 – Yazılım Geliştirme Faz 1 – Ön Tanımlamalar 79

Şekil 4.11 – Yazılım Geliştirme Faz 2 – Görüntü İşleme 80

Şekil 4.12 – Koordinatların Data Paketleri Yapısına Dönüşümü 80

Şekil 4.13 – Haar Cascede Fonksiyonu Dikdörtgen Yapısı [92] 82

Şekil 4.14 – Resim Üzerine Uygulanan HaarCascede Dikdörtgenleri [91] 84

Şekil 4.15 – Grid LED Far Aktivasyon Blok Yapısı 85

Şekil 4.16 – Kendi Şeridinde Uzaktaki Araç 86

Şekil 4.17 – Kendi Şeridinde Orta Mesafedeki Araç 86

Şekil 4.18 – Kendi Şeridinde Yakın Mesafedeki Araç 86

Şekil 4.19 – Karşı Şeritte Uzak Mesafedeki Araç 87

Şekil 4.20 – Karşı Şerit Orta Mesafedeki Araç 87

Şekil 4.21 – Karşı Şerit Yakın Mesafedeki Araç 87

Şekil 4.22 – Her iki Şeritte Araç Tespit Edilmesi İlk Durum 88

Şekil 4.23 – Her iki Şeritte Araç Tespit Edilmesi İlk Durum 88

Şekil 4.24 – Kendi Şeridindeki Bir Aracın Diğer Aracı Sollaması Durumu 88

Şekil 5.1 – Araç İçi Elektrik Tesisatları Şematik Görünüm [96] 90

Şekil 5.2 – Uygun Olmayan Parametreler ve Hatalı Tanıma 91

Şekil 5.3 – Farklı Cisimlerin Hatalı Tanınması 92

Şekil 5.4 – Ölçüm Hassasiyeti Arttırılmış İşlenmiş Görüntü 92

Şekil 5.5 – Arduino Seri Port İzleme Ekranı 93

Şekil 5.6 – Karartılmış Bölge LED Grid Far 94

Şekil 5.7 – Haberleşme Hızı Osiloskop Görüntüsü 95

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 – Yüzey Yansıtma Çarpanları [11] 16

Tablo 1.2 – Işık Akısı Değerleri [20] 25

Tablo 1.3 – Işıksal Verim Değerleri [20] 25

Tablo 1.4 – Isı Dağılım Bölümleri [22] 26

Tablo 2.1 – Lamba Tipleri Avantaj / Dezavantajları 47

Tablo 4.1 – Nvida Jetson Bord Özellik Tablosu [85] 73

Tablo 4.2 – Arduino Mega 2650 R3 Özellik Tablosu [86] 74

Tablo 4.3 – Kamera Özellikleri [88] 75

1. BÖLÜM - AYDINLATMA KAVRAMI

1.1. Giriş

Bu bölümde ilk olarak aydınlatmanın tanımı ve tarihsel gelişimi hakkında temel bilgiler paylaşılacak olup sonrasında genel kavramlara değinilecektir. Ana hatlarıyla aydınlatmanın niteliği ve niceliği ile ilgili bilgileri bu bölümde derlemiştir. Ayrıca yine bu bölüm içinde aydınlatma türleri hakkında da bilgiler bulunmaktadır. Son olarak ana konumuza yönelik otomotiv sektöründeki aydınlatma sistemlerine giriş yapılacaktır.

1.2. Aydınlatmanın Tarihçesi

Geçmişte yırtıcı hayvanlardan geceleri korunabilmek için yaşamsal önemi olan aydınlatma gereksinimi, ateşin bulunması ile giderilmiştir. Bitkisel ve hayvansal yağların kullanımı ile ateş, temel aydınlatma kaynağı olarak kullanılmıştır.

Ateş yakıtı olarak petrolün kullanılması da önemli adımlardan birisidir. Eski İran yazıtlarında, bu medeniyetin sağlık, aydınlatma ihtiyaçları için petrol kullandığı belirtilmiştir. MS 347 yılında Çin'de bambu ağacı kaplanan kuyular ile petrol üretilmiştir [1]. İngiliz bilim adamları Yenangyaung'da gelişmiş sayılacak petrol üretim sistemi olduğunu ve 1795'te el yordamı ile kazılmış birçok petrol kuyusunun bulunduğunu bildirmişlerdir [2]. 1800'lü yıllarda dünyada birçok bölgede petrol ile çalışmalar yapılmış kuyular açılmıştır. Ticari ilk petrol kuyusu 1859'da Amerika'da açılmış [3]. Daha sonra pek çok ülkede petrol sanayii hızla gelişmeye başlamıştır. Bu yeni hammaddenin bulunması ateş için yeni bir yakıt kaynağı da anlamına gelmiştir.

Petrolün kullanımına paralel olarak bir yandan da 1800'lü yılların başlarında Humprey Davy, enkandesan ışığın temelini oluşturacak bir çalışma ile platin ince telden geçirilen akım ile ışık elde etmiştir. Bu çalışma ile elektriğin bu alanda kullanımı da gerçekleşmiştir. Ancak elde edilen ışığın parlaklığı ve kullanım süresi yeterli seviyeye ulaşmamıştır. Bu çalışmalara ek olarak Davy adlı bilim adamı 1809 yılında, 2000 adet pil kullanarak iki karbon çubuk arasında ilk ark lambasını yapmıştır. Warren adlı bilim insanı ise 1840 yılında, havası alınmış cam tüp içine bobin şeklinde sarılmış platin bir tel yerleştirmiş ve buradan akım geçirmiştir. Ortaya çıkan ışık verimli olsa da platinin pahalı olması nedeniyle bu lambanın kullanılması, ticari açıdan mümkün olmamıştır.

Birçok bilim insanı ampul için elverişli lamba teli (filaman) bulmaya yönelik çalışmalar yürütmüştür. 1841 yılında Frederick de Moleyns adlı bilim adamı da platin filamanlı lamba denemeleri gerçekleştirmiştir. Bu lamba tipindeki tasarımsal dar boğazlar 1860'lı yıllarda Joseph Swan ve Thomas Edison yeni yaklaşımı olan karbonize iplik ve kâğıt türevleri ile aşılmaya çalışılmıştır. Bu yeni tasarımda da ortaya çıkan bazı dar boğazlar ise Thomas Edison'un vakum tüpü içinde gerçekleştirdiği denemeler ile olgunlaşmıştır. Bu dönemli ilk ticari lamba Thomas Edison tarafında 1875 yılında piyasaya sürülmüştür. Edison, 1879 yılında ise karbonize iplik ve vakum ile yüksek verimli ampulleri üretmiştir [4]. 1900'lü yılların başında ise akkor filamanlar için metal bileşenler kullanılmaya başlanmıştır. Bunların başında da akkor filamanlı lambaların en yayını olan tungsten teli bulunmaktadır [5].

İlk kez Floresan lambalar, 1937 yılındaki New York Dünya Fuarı'nda halka tanıtılmıştır. Floresan lambalar, iç aydınlatma için daha uygundurlar. Yapısal nedenler sebebiyle ortam sıcaklığından etkilenmekte olup, düşük ve yüksek sıcaklıklarda daha az ışık vermektedirler. Bu lambaların yapılarında cıva içermeleri nedeniyle doğrudan çöpe atılmaları da tehlike arz etmektedir.

Bir sonraki adım ise Işık Yayan Diyot, yani bilindik adıyla LED'lerdir. Günümüzdeki en popüler ışık kaynaklarından biridir. LED'lerin icadı 1907'de gerçekleşmiştir, ancak 1960'lı yıllarda kızılötesi LED'ler olarak ticari pazara çıkılabilmiştir. Beyaz LED'lerin ticari olarak piyasaya yayılması ise çok yeni bir tarihte, ancak 1996'da gerçekleşmiştir.

Ayrıca 1950'li yıllarda halojen lambası da piyasada kendine yer bulmuştur. 60'lı ve 70'li yıllarda eliptik reflektör ve metal halojen tuzu kullanan lambaları üretilmiştir.

Farklı bir çalışma olarak 1990 yılında Philips, manyetik endüksiyon tekniğini kullanan ve 60.000 saatlik ömürlü ampulü piyasaya sürmüştür [4].

Ek olarak, lazer ışık kaynağından da kısa bahsetmek gerekirse, ilk defa 1960 yılında ABD'nin California eyaletindeki Hughes Araştırma Laboratuvarları'nda T.Maiman tarafından başarılı bir şekilde çalıştırılmış ve fotonik adındaki bilim dalını doğurmuştur. Kısıtlı da olsa aydınlatma sistemlerinde kullanılmakta olup haberleşmeden veri saklamaya kadar farklı birçok alanda kullanılmaktadır [6].

1.3. Aydınlatma Gereksinimi

Aydınlatma gereksinimi tamamen doğal bir ihtiyaç olan görebilmenin en temel şartlardan birisidir. Önceki bölümde belirtildiği gibi insanlık tarihinde başlangıçta, geceleri yol bulabilmek ve zararlı hayvanlardan korunmak amaçlı kullanılan ışık, günümüzde ise gündüz veya gece fark etmeksizin tüm kapalı ve gün ışığı alamayan ortamların aydınlatılması başta olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır.

Bu tezin ana konusu olan otomotiv ön far aydınlatma sistemleri de ise geceleri ve karanlık ortamlarda güvenli sürüş yapabilme gereksiniminden ve yolcuların can güvenliği ve konforu açısından da büyük önem taşımaktadır.

Aydınlatmanın temellerine döndüğümüzde çok önemli bir bilginin altını çizmek gerekmektedir. Bu ise görmenin nasıl olduğu ile ilgilidir. Görme; bir ışık kaynağından çıkan ışınların, ortam yüzeyine çarparak bize yansıması ve gözümüzün iç arka tarafındaki sinirlerin uyarılması temeline dayanmaktadır. Görmeye ve dolaylı olarak ortamın aydınlatılmasına etki eden, ışık kaynağı, ortam vs. gibi daha birçok parametre ileride açıklanacaktır.

Bilimin gelişmediği yıllarda görmenin, gözümüzden çıkan ışınların geri yansıması ile oluştuğu varsayılmıştır [7]. Ancak 965-1039 yılları arasında Mısır'da yaşayan İbn el-Heysem adlı bilim adamının optik ve görme üzerine yaptığı çalışmalar ile bu görüş değişmiştir. Yerini bilimsel olarak da halen kabul gören ışık kaynaktan çıkan ışınların objelerden yansıyarak gözümüze ulaştığı kanunun temelini oluşturmuştur.

İbn Heysem, Kitâb el-Menâzır adlı eserinde optik bilimine ilişkin temel kuram ve kanıtlamalarını ortaya koymuştur. Kitabın batıya dillerine 12. yüzyılın sonları veya 13. yüzyılın baslarında çevrildiği ve çok ilgi uyandırdığı bilinmektedir.

Buna karşılık Witelo'nun kitabını da içerecek şekilde 1572'de Basel'de Latince metin Friedrich Risner tarafından "Opticae Thesaurus Alhazeni Arabis Libri Septem" adıyla yayınlanmıştır. Bundan sonra Optik Hazinesi olarak yaygınlaşan bu kitap basta Fermat, Kepler, Pecham, Snell, Witelo, R. Bacon ve Descartes gibi birçok ünlü batılı optikçinin kuramlarının biçimlenmesinde etkin olmuştur [8].

Aydınlatma gereksinimi belirlenirken, ilgili yapıda kullanılmış malzeme türü ve yansıtma özelliği dikkate alınmalıdır [9]. Yansıtma özelliğini belirlemek için yansıtma çarpanının bilinmesi gerekmektedir. Yüzey üzerine düşen ışığın yansıma oranı ise Yansıtma Çarpanı olarak tanımlanabilir [10].

Kullanılan malzemelerin yansıtma çarpanı bilindiği takdirde, yapay aydınlatma için gereksinimler daha kolay belirlenmekte ve nerelerde doğal aydınlatma kullanılabileceği ortaya çıkmaktadır. Bu sayede yapay aydınlatmalar arasında uygun boşluklar bırakılabilmektedir. Yansıtma çarpanı, kullanılan malzeme rengine, dokusuna ve biçimine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Bazı malzemelere ilişkin yüzey yansıtma çarpanları Tablo 1.1'de gösterilmiştir.

Tablo 1.1 – Yüzey Yansıtma Çarpanları [11]

Beyaz Badana (Yeni Yapılmış)	0,80 - 0,85
Oldukça Açık Renkli Yüzeyler	0,65 - 0,75
Açık Renkli Yüzeyler	0,45 – 0,55
Orta Derecede Koyu Yüzeyler	0,25 – 0,35
Koyu Renkli Yüzeyler	0,10 – 0,20
Siyaha Yakın Renkli Yüzeyler	0,05 – 0,08

Aydınlatmanın amacı, iyi görme koşullarının sağlanmasıdır. Aksi takdirde sadece belli bir aydınlık düzeyi elde etmeye çalışmak doğru bir yaklaşım değildir. Görme koşullarının iyileştirilmesi ise aydınlığın niceliğinden çok niteliğine ile ilgilidir. Ayrıca aydınlık düzeyinin özeliklerine de bağlıdır. Aydınlığın niceliğinin, belli değerlere ulaşması gerekir ancak görme koşullarının iyileştirilmesi için bu gerekli olup yine de yeterli değildir [12].

1.4. Aydınlatma Kavramları

Aydınlatma, temel kavram olarak; ışık kaynağından çıkan ışınların bir nesneye ulaşarak onun görünür olmasını sağlamasıdır. Buradan yola çıkarak aydınlatmanın amacı ışık kaynağından ziyade, aydınlatılan çevre ve nesnelerin görünür olması anlamını taşımaktadır. Cisimlerin içerden veya dışarıdan aydınlatılması şeklinde teknik olarak burada bir ayrım ortaya çıkmaktadır [13].

İçerden aydınlatılarak görünür duruma gelmiş nesnelerdeki amaç, yalnızca o nesnenin görünürlüğünün sağlanması veya görünürlüğün iyileştirilmesi anlamına gelmektedir. Örnek olarak, dış ortamlardaki ışıklı reklam ve işaretler gösterilebilir. İç ortamlarda ise, içinde aydınlatma bulunan süs eşyaları, yönlendirme ve güvenlik işaretleri vb. gibi. Bu aydınlatmaların ışıklılığı (lüminansı), belli sınırlar içinde olmalıdır. Aksi halde hoş olmayan, rahatsız edici veya göz kamaşmasına neden olan sonuçlar elde edilir [13].

1.4.1. Aydınlatmada Kullanılan Yaklaşımlar

Birbirinden ayrılmış üç yaklaşım ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşımlar şu şekildedir.

1.4.1.1. Görünürlüğün Elde Edilmesi

Görünürlüğün elde edilmesindeki amaç, nesnelerin görsel yöntemler ile anlaşılır hale gelmesidir. Bu yaklaşımdaki temel amaç görünürlüğün sağlanması için kaç lüks aydınlık elde etmenin gerektiği değildir. Yani niceliğinden çok niteliğin ön planda olmasıdır. Uygulamaların büyük kısmında bu yaklaşım kullanılmaktadır [13].

1.4.1.2. İyi Bir Görüntünün Elde Edilmesi

Görüntünün iyi olmasındaki etkenlerin başında aydınlatmanın niceliği değil niteliği önem kazanmıştır. Görme şartlarının "iyi" olarak tanımlanabilmesi, aydınlatma sistemlerinde, bazı teknik sonuçların elde edilebilmiş olması ile ilgilidir. Bunlardan bazıları ise şu şekildedir:

Ufak parçaların kolayca görülebilmesi, yüzey yapıları ve dokularının doğru olarak algılanabilmesi, yön, ivme, hız, vb. bileşenlerin doğru algılanabilmesi, renklerin ve aralarındaki ayrımların fark edebilmesi ve son olarak "İyi görmeyi", uzun süre sürdürebilmek. Bunların sağlanması, tekniklerin eksiksiz uygulanmasına bağlıdır [13].

1.4.1.3. Olması Gerektiği Gibi Görüntünün Sağlanması

Aydınlatma sayesinde ortaya çıkan görüntünün, gereği gibi olması, yani belli bir amaca, bir isteğe uygun olması gerekmektedir. Yalnızca teknik olarak düşünmemek, buna ek olarak sanatsal ve mimari bakış açılarını da zaruri kılar. Bu durumda da, aydınlatma uygulamaları, bazı estetik kurallar (büyük oranda söz konusu olan) bir mimari anlayış içinde gerçekleştirilmelidir. Aksi takdirde, özellikle önemli iç mekânlardaki detayların ortaya çıkarılmasında veya önemli yapıların dış aydınlatmalarının, kalıntı vb. kentsel değerlerin aydınlatılmasında başarıya ulaşmak mümkün olamayacaktır [13].

Örnek olarak yol aydınlatması şeklinde aydınlatılmış tarihi yapıların anlamlarını yitirmiş cepheleri, rengârenk ışıklarla aydınlatılmış ve manevi karakterinden uzaklaşmış dini yapılar, gövdelerinden bağımsız olarak aydınlatılmış ağaçların havada kopuk görünüşleri vb. bunlardan bazılarıdır.

Yapılan bu hatalardan duyulan rahatsızlıklar yıllarca önce uluslararası toplantılarda dile getirilmeye başlanmış ve 1990 yılında Rotterdam kongresinde birçok bildirinin konusunu oluşturmuştur [13].

1.4.2. Aydınlatmanın Niteliği

Teknik olarak bakıldığında belirli bir "S" alanına düşen belli bir "Φ" ışık akısı sabit bir ortalama aydınlık düzeyi oluşturur. Ancak bu alana düşen ışık akısını değişmeden, ışığın doğrultusunu veya tayfsal yapısını değiştirirsek bu durumda yüzeydeki ışık akısının dağılış biçimi değişebilir. Buradan çıkan sonuç ise ortalama aydınlık düzeyinin değişmediği halde, ortamdaki aydınlığın niteliği değişmektedir. Özetle denebilir ki, ışığın niteliği o bölgedeki aydınlığın niteliğini belirlemektedir [13].

1.4.3. Aydınlatmanın Niceliği

Aydınlık düzeyi daha çok matematiksel bir kavramdır. Bu kavram alçaktan yükseğe (karanlıktan, aydınlığa) şekliden tek düze bir değişim gösterir. Görme işlevini yerine getiren gözler ise (ayrıca beyindeki görsel algılar ve değerlendirme sistemlerinin tümü), aydınlık düzeyindeki bu değişime, büyük oranda ayak uydurabilir ve kendini ayarlar. Yani gözler, karanlığa ve fazla aydınlık ortama alışabilir. Buna, görme sisteminin aydınlık düzeyine uyması denir [13].

Örnek olarak, dolunay ışığında yazıları okumak mümkün olmaktadır. Buna karşın ay ışığının oluşturduğu aydınlık düzeyinden binlerce kat fazla olan gün ışığı ise bizler için alışılmış normal bir aydınlık düzeyidir. Özetleyecek olursak, görme sistemi, yüz lüks ile binlerce lüks aydınlık düzeyi arasında kolayca kendini ayarlayabilmektedir. Buna karşılık,

- Görülmesi hedeflenen ayrıntı boyutları
- Cisimlerin yansıtma çarpanları
- Nesne ile etrafı arasındaki ışıklık karşıtlığı
- Görsel algılama süresi
- Görme işlevinin devingenliği
- Kişinin yaş durumu

gibi verilere göre, olması gereken en düşük, ve en yüksek aydınlık düzeyleri saptanmış, ve değişik kuruluşlarca yayınlanmıştır. Aydınlık düzeyi hesaplanırken bu çizelgelere başvurulmaktadır [13].

Görme sisteminin aydınlık düzeyine uyması, gözbebeği üzerindeki aydınlık düzeyi, yani bu bölgedeki ortalama ışıklık ile ilgili olup, gerekli aydınlık düzeyi ile bağlantısı yoktur. Görme sistemleri her durum ve koşulda, kendiliğinden, istemsiz olarak "uyma" işlemini yapar [13].

Ek olarak, aydınlık düzeyi ile ilgili gereksinimler, görme sistemleri ile ilgili olduğundan görsel algılama konusu gençten yaşlıya doğru büyük oranda (5-10 kat) değişmekte olduğu gibi, insandan insana ve hatta yorgunluk düzeyi veya günün saatine göre de değişim göstermektedir [13].

Yapılan aydınlık düzeyi hesapları, anlatılan nedenlerden dolayı yaklaşık sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Hazırlanan çizelgelerin büyük bölümü ise üst yaş sınırı olarak 40 yaşı referans aldığı da göz önünde bulundurulursa 300~500 lx seviyesinde bir aydınlık düzeyinin gerekli olduğu bir örnekte aydınlatma hesaplarının 1/100 yakınlıkla yapılmaya çalışılmasının anlamı kalmamaktadır [13].

Elektronik dimmer devreleri gereksinim duyulan aydınlık düzeyini ayarlayabildiği için yarar sağlamaktadır [13]. LED'li aydınlatma sistemlerinde dimmer devreleri daha karışık hale gelse de kullanım alanı bulmaktadır.

Aydınlığın niceliği daha çok sayısal yaklaşımlar ile hesaplanabilen tek boyutlu bir kavram iken, aydınlığın niteliği ise çok daha karmaşık ve farklı disiplinleri de içeren çok boyutlu bir kavramdır. Aydınlığın niteliği göz önünde bulundurulduğunda, görsel algılama konularının özelliklerine göre belirlenmesi gerekir. Bu sayede görme en iyi seviyeye ulaştırılabilir [13].

Görsel algılama konularının, özelliklerine aykırı olan bir aydınlatma, gerekli görme koşullarını, sağlayamaz. Görme organı da, aydınlık düzeyindeki değişimlere kendini uyarlayabilirken, aydınlatmada niteliksel olarak yapılan bu hatalara uyum sağlaması mümkün değildir [13].

Özetlemek gerekirse, iyi görme koşullarının sağlanması için

- Aydınlık düzeyi gerekli seviyede olmalıdır.
- Aydınlığın niteliği, görme konusuna uygun olmalıdır.

Bu koşullar yerine getirildiğinde aşağıdaki detaylarda unutulmamalıdır.

- Aydınlığın niteliği uygun olarak belirlenmişse, yeterli alt seviyede aydınlık düzeyleri ile de iyi görme koşulları oluşturulabilir. Bu durumda görme sistemleri duruma ayak uydurur ve iyi görme koşulları elde edilir [13].
- Niteliğe uygun olmayan bir aydınlatma yapılmışsa, aydınlık düzeyinin yükseltilmesi ile görme koşullarını iyileştirmez aksine daha kötü sonuçlara da yol açabilir. Bu durumda da gereksiz elektrik enerjisi harcanmış olmaktadır. Eğer niteliğe uygun olmayan bir aydınlatma var ise görme sistemi bu duruma kendini adapte edip, iyi görme koşulları sağlayamaz [13].

1.5. Aydınlatma ile ilgili Genel Tanımlar

Aydınlatmanın niteliği ve niceliği kısımlarına da kaynak olan ışıktan konusunu detaylandırmakta ve genel terimleri açıklamakta fayda olacaktır.

1.5.1. Işık Tanımı ve İlgili Teoriler

Işığın tanımı için geçmişten günümüze birçok tanım yapılmış ve bu tanımlar genelde de bilimin ilerlemesi le de birbirlerini tamamlar bir yapıya bürünmüşleridir. Bunlardan bazıları bu bölümde özetlenmişlerdir.

1.5.1.1. Parçacık Teorisi

Sir Isaac Newton (1642-1727) tarafından sunulan bu teori hareketli parçacıkların kinetik enerjiye sahip olduğu düşüncesinden yola çıkarak savunulmuştur. Bu teorinin dayandığı konular, soğurulma, yayılma, aydınlanma, yansıma, kırılma ve ışık basıncı dinamikleri olup ilgili parçacık teorisi ile açıklanmaktadır [14].

1.5.1.2. Dalga Teorisi

Bu teori 1678 yılında Huygens tarafından ortaya koyulmuştur. Teorinin dayandığı temel konular şu şekildedir. Işık, ışıklı materyaldeki molekülerin titreşimden kaynaklanır. Titreşimler dalgalı hareketler olarak iletilir (su dalgalarına benzer şekilde) ve yoğun ortamlara girdikten sonra titreşimler yavaşlar. İletilen titreşimler retinaya etki ederek görsel bir his üreten tepkiyi oluşturur [14].

1.5.1.3. Elektromanyetik Teorisi

Young 1801 yılında ışıkta girişim deneyini, 1822 yılında Fresnel ışıkta girişim ve polarizasyon deneylerini gerçekleştirdi ancak Young ile Fresnel'in girişim deneyleri tanecik teorisi ile açıklanamadı [15]. James Clerk Maxwell tarafından teorinin şekillendirildi. Işıklı materyaller, ışın enerjisi şeklinde ışık yayarlar. Işın enerjisi elektromanyetik dalgalar şeklinde yayılır. Bu elektromanyetik dalgalar retinaya etki eder görsel bir his üreten tepkiyi oluşturur [14].

1.5.1.4. Kuantum Teorisi

Bu teori parçacık teorisinin modern halidir. Max Planck tarafından geliştirilmiştir. Enerji ayrık fotonlarda emilir ve absorbe edilir temel bilgisine dayanmaktadır. Parlayan cisimden gelen radyasyonun, sıcaklığı arttıkça, kırmızıdan turuncuya ve maviye dönüştüğü nedenini araştırırken bu teoremi geliştirdi. Planck, quanta olarak adlandırdığı bu enerji birimlerini temsil eden sabit rakam içeren bir matematiksel denklik yazdı [16].

Terim olarak Q her kuantumun büyüklüğü, h= 6.626 x 10^{-34} Js (Planck Sabiti) , v foton titreşiminin Hz cinsinden frekansıdır. Bu durumda Q enerjisi değeri ise h ve v değerinin çarpımına eşittir. Birimi Joule ' dur. Bu teori ile her kuantumdaki enerji miktarı belirlenebilmektedir. Teoriden yola çıkılarak enerjinin frekansla arttığı görülür [14].

1.5.1.5. Birleştirilmiş Teori

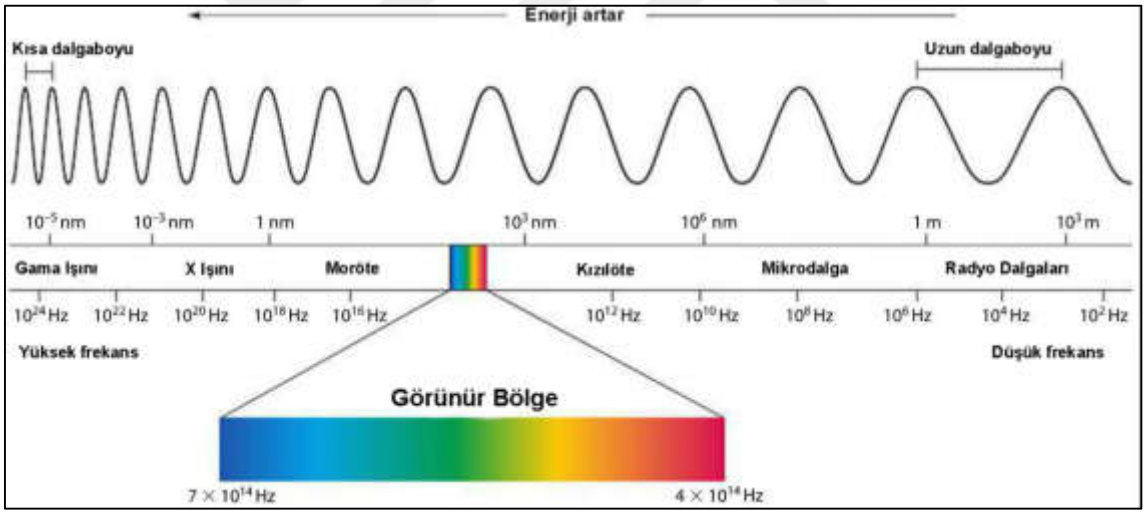
Bu teori Louis de Broglie ve Werner Heisenberg tarafından geliştirilmiştir. Teorinin dayandığı temellere bağlı ilişki Denklem (1.1)'de belirtilmiştir. Bir dalganın veya bir parçacığın ayırt edici özelliklerini aynı anda belirlemek olanaksızdır. Kütlenin her hareketli elemanı onunla denklem tarafından verilen bir dalga ile ilişkilidir [14] .

$$\lambda = \frac{h}{mv} \tag{1.1}$$

Denklem (1.1)'de yer alan değişkenlerin açıklamaları şu şekildedir;

λ = Dalga Boyu, h = Planck Sabiti, m = Parçacık Kütlesi, v = Parçacık Hızı

Işığın üretilmesindeki temel prensip bir maddenin ısınarak ışık yaymasıdır. Bu olay siyah cisim ışıması ile açıklanmaktadır. T(sıcaklık) arttıkça, görülebilir bölgedeki radyasyon (ışık) artmaktadır.



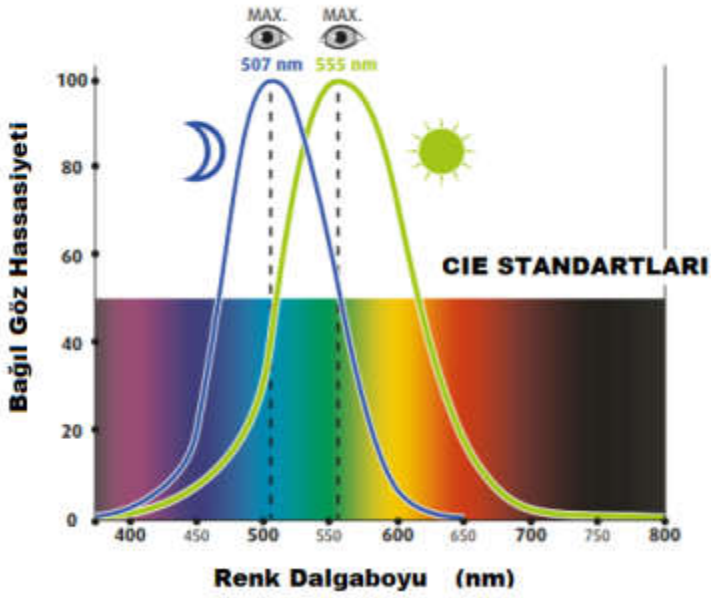
Şekil 1.1 – Elektromanyetik Spektrum [17]

Şekil 1.1'de dalga boyuna göre elektromanyetik dalgaların hangi karaktere sahip olduğu görülmektedir. İnsan gözünün görebildiği dalga boyu aralığı ise yaklaşık 380 ile 750 nm arasındadır. Bu bölgeye görünür bölge denir [18]. Bu sebeple görünür bölgedeki elektromanyetik dalgalara veya ışınlara ışık denir.

1.5.2. Göz ve Görme ile İlgili Kavramlar

Gözleri, ışığa duyarlı sensörler olarak kabul etmek yanlış olmayacaktır. Şekil 1.1'de belirtilen elektromanyetik spektrumdaki görünür bölgedeki farklı dalga boylarını gözler farklı renkler olarak algılar ve sinir hücreleri vasıtasıyla beyne yorumlanması için ulaştırır. Göz, aynı kamera sistemlerinde olduğu gibi ön tarafta ışın kırılıp odaklanması için bir merceğe sahiptir. Sonrasında ışık miktarını ayarlamaya yarayan göz bebeği bulunmaktadır. İçeri giren ışık ters olarak gözün arkasına düşmektedir. Burada bulunan farklı türdeki alıcılar farklı renkler için özelleşmişlerdir. Bazı dalga boyları diğerlerine göre daha iyi algılanmaktadır.

Ayrıca yapılan çalışmalarda gece ve gündüz döngülerinde, gözlerin renklere karşı hassasiyetlerinin değiştiği de saptanmıştır.



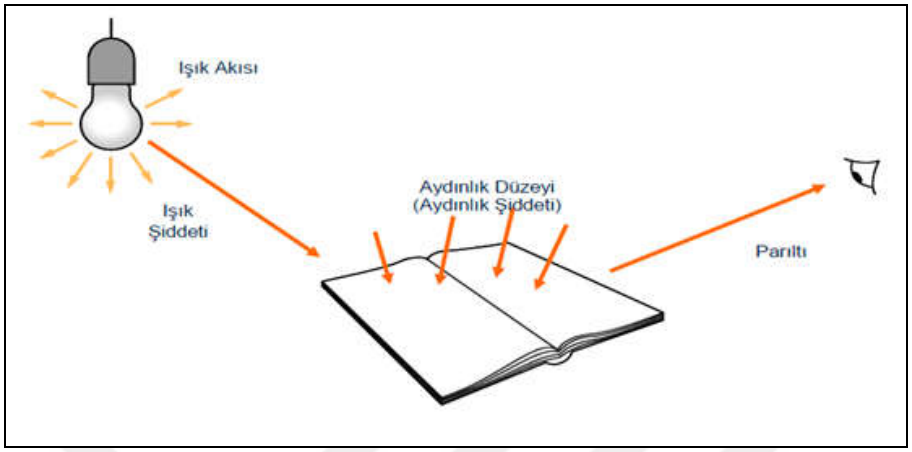
Şekil 1.2 – Renk Hassasiyeti Gece Gündüz Farkı [19]

Gözlerin hassasiyeti Şekil 1.2'den de görüleceği üzere gece vakitlerinde yeşil dalga boyundan mavi dalga boyuna doğru kaymaktadır.

Bazı otomobil firmaları bu bilgilere istinaden araç içi gösterge panel ve düğmelerin aydınlatmalarını mavi tonlarında belirlemiş ve gece sürüşlerinde daha iyi algılanması ön görülmüştür.

1.5.3. Işık ile İlgili Kavramlar

Işık ile ilgili kavramları Şekil 1.3 vasıtası ile kolaylıkla açıklanabilir.



Şekil 1.3 – Işık İle İlgili Tanımlar [20]

1.5.3.1. Işık Akısı

Işık yayan kaynaktan birim zamanda yayılan ışık toplamıdır. Birimi Lümen (lm) olarak kullanılır. "Φ" ile gösterilir.

$$\Phi = K_0 . F . V_\lambda \qquad (1.2)$$

F : Enerji Akısı, V_λ : Gözün Spektral Duyarlığı, K_0 : Enerji akısının V_λ =1 için (ışıksal) fotometrik eşdeğerini gösterir.

λ =555nm için V_{555} =1 ve K_0=683 lm/W 'tır. V de gözün radyasyonlara karşı spektral duyarlık derecesidir [21].

$$\Omega = \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi \text{ steradyan} \qquad (1.3)$$

Kaynaktan yayılan ışık miktarı uzaydaki konumuna göre yoğunluğu değişmektedir. Bu sebeple uzay açı terimi kullanılmaktadır.

Bir noktadan çıkıp koni veya piramit teşkil eden yarı doğruların meydana getirdiği uzay parçasıdır. Ω ile gösterilir birimi steradyandır.

Tablo 1.2' de bazı armatürlerin ışık akısı değerleri verilmiştir. Farklı güçlerde ışık akısı değerleri de farklılık göstermektedir.

Tablo 1.2 – Işık Akısı Değerleri [20]

LED lamba 8W 	470 lumen
Akkor lamba 100W 	1200 lumen
Flüoresan lamba 36 Watt 	3350 lumen
Yüksek basınçlı sodyum buharlı 250 W 	30 000 lumen
Metal halide 2000 W 	200 000 lumen

1.5.3.2. Işık Verimi

Kullanılan elektrik enerjisinin ne kadarının ışığa dönüştüğünü belirtir. "η" ile gösterilir. Birimi Lümen / Watt' dır. Armatürün lm / W değeri ne kadar büyükse o kadar verimlidir. Tablo 1.3'te bazı armatürlerin ışıksal verim değerleri verilmiştir.

Tablo 1.3 – Işıksal Verim Değerleri [20]

LED lamba 8W 	59 lm/W
Akkor lamba 100W 	12 lm/W
Flüoresan lamba 36 Watt 	93 lm/W
Yüksek basınçlı sodyum buharlı 250 W 	120 lm/W
Metal halide 2000 W 	100 lm/W

Işık veriminin diğer önemli sonucu ise ışığa dönüşmeyen enerjinin nasıl dağıldığı veya bertaraf edildiği konusudur. Tablo 1.4'te görüleceği üzere enkandesan lambalarda ortaya çıkan ısının çok büyük bir kısmı ışınım yoluyla dışarı atılmaktadır. HID deşarj

lambalar da ışınım yoluyla ısının büyük kısmını dışarı atabilmektedir. Floresan lambalarda da ışınım yoluyla ısı transferi yapabilmekte ancak enkandesan ve HID lambalardan azdır.

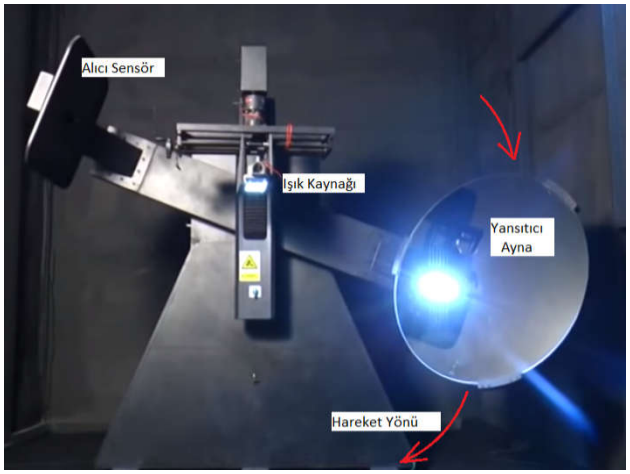
Tablo 1.4 – Isı Dağılım Bölümleri [22]

Işık Kaynağı	Işınım (%)	Taşınım (%)	İletim (%)
Enkandesan	>90	<5	<5
Floresan	40	40	20
HID Lambalar	>90	<5	<5
LED	<5	<5	>90

LED lambalarda ise oluşan ısı ışınım yoluyla atılmadığı için karşısındaki nesneleri enkandesan lamlar gibi ısıtmaz ancak ortaya çıkan ısının bir şekilde bertaraf edilmesi gerekir aksi takdirde LED çalışma sıcaklığının aşılmasına ve verimin düşmesine, bozulmalara sebep olmaktadır. Bu ısıyı bertaraf etmek için LED'lerin montajının yapıldığı bakır yolların kalınlıkları ve kullanılan PCB'lerin alüminyum soğutucular ile birleştirilmeleri gibi iletim kaynaklı yöntemler uygulanmaktadır.

1.5.3.3. Işık Şiddeti

Birim zamanda belirli bir doğrultuda ışık kaynağı tarafından yayılan ışık miktarıdır. Birimi Kandela (cd) ' dır . "I" ile gösterilir. Şekil 1.4'te olduğu gibi ışık şiddeti gonyofotometre ile ölçülür. Ayna ve alıcı dönerek armatürün ışık dağılım eğrilerini tüm açılar için tespit ederler.



Şekil 1.4 – Gonyofotometre Ölçümü [23]

Nümerik yöntemlerle hesaplanması ise noktasal ışık kaynağından çıkan herhangi bir "α" doğrultusundaki ışık şiddeti bu doğrultuyu içine ΔΩ uzay açısından çıkan ΔΦ ışık akısının ΔΩ uzay oranı ile ilgilidir.

$$I\alpha = lim\frac{\Delta\Phi}{\Delta\Omega} = \frac{d\Phi}{d\Omega} \tag{1.4}$$

Eğer ortamın yutması yoksa ΔΦ / ΔΩ 'ya ortalama ışık şiddeti denir [21].

1.5.3.4. Aydınlık Düzeyi

Birim yüzeydeki ışık miktarıdır. Birimi lux (lx) ' dur. Lümen/m2 ile ifade edilir. Sembolü "E" ile gösterilir. Luxmetre ile ölçülür. Yatay ve düşey olarak bileşenlere ayrılarak incelenebilir.

$$E_{yty} = \frac{I_\alpha}{r} cos\alpha \tag{1.5}$$

$$E_{d\ddot{u}ş} = \frac{I_\alpha}{r} sin\alpha \tag{1.6}$$

E_{yty}: Yatay eksendeki aydınlık düzeyi, $E_{düş}$: Düşey eksendeki aydınlık düzeyi, r : kaynak ve yüzey arası uzaklık, α : Kaynak ile yüzey arasındaki açıdır. Buradan yola çıkarak ortalama aydınlık düzeyi ise denklem (1.7)'deki şekilde hesaplanır.

$$E_{ort} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta A} \tag{1.7}$$

Ortalama aydınlık düzeyi yüzeyin ışık akısının o yüzeyin alanına oranıdır. Yüzeye dik düşmeyip bir α açısıyla gelen ışık demetinin oluşturduğu aydınlık düzeyini denklem (1.8) vasıtasıyla daha basit bir şekilde yapabiliriz.

$$E = (\Delta\Phi.cos\alpha).\Delta A \tag{1.8}$$

Bu denkleme aynı zamanda kosinüs yasası da denilmektedir. Aynı şekilde yatay ve düşey aydınlık seviyelerini de kaynak ve düzlem arasındaki dik uzaklık ile hesaplamak daha pratik olabilmektedir.

Denklem (1.9) ve (1.10)'da kullanılan h: yüzey ile kaynak arasındaki yüksekliği göstermekte olup α : Kaynak ile yüzey arasındaki açı, β : ışık şiddetinin içinde bulunduğu düzlemin, yatayda düşey düzleme göre yönünü gösteren açıdır [24].

$$E_{yty} = \left(\frac{I}{h^2}\right) cos^3\alpha \tag{1.9}$$

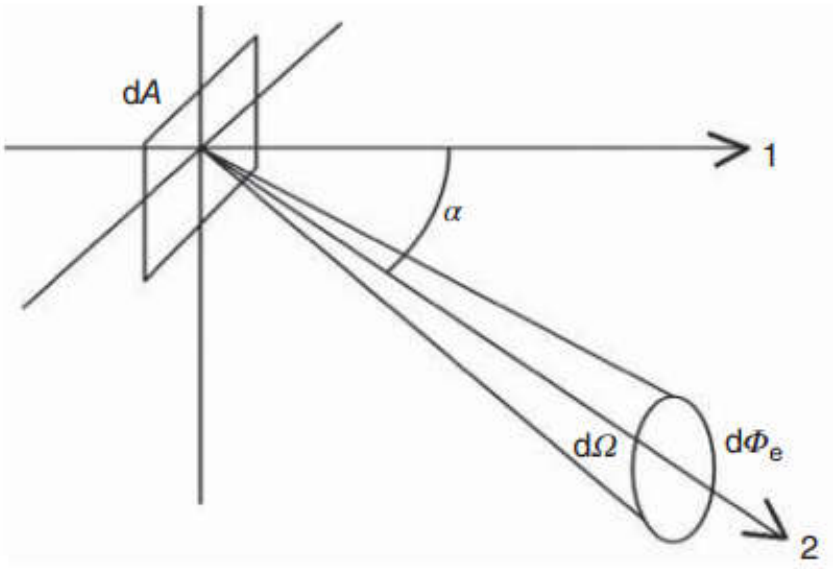
$$E_{düş} = \left(\frac{I}{h^2}\right) \sin\alpha \,.\, cos^2\alpha \,.\, \cos\beta \tag{1.10}$$

Denklem (1.10)'un yatay aydınlık düzeyi için geçerli olan sistemin 90˚ döndürülmesi ile düşey düzlem şekline getirilip hesaplandığı görülmektedir [24].

1.5.3.5. Parıltı

Üzerine ışık düşen veya kendiliğinden ışık üreten yüzeylerin birim alandan belli bir doğrultuda yansıyan veya yayılan ışık miktarı olarak tanımlanır. "L" ile gösterilir. Birimi cd/m^2 dir. Luminansmetre yardımı ile ölçülür. Yüzeye düşen ışık miktarı aynı olsa da koyu renkli yüzeyin parıltısı düşüktür [20].

Yüzeydeki her noktasının parıltı miktarı eşit kabul edildiği takdirde, α doğrultusundaki parıltı (L_α), alfa doğrultusunda görünen birim yüzeyden çıkan ışık şiddetidir.



Şekil 1.5 – Birim Yüzeyden Yansıyan Parıltı [25]

Bu özel halde, α doğrultusundaki parıltı Lα (cd/m^2); α doğrultusundaki ışık şiddeti ΔIα ve görünen yüzey ΔA olmak üzere [21];

$$L_\alpha = \frac{\Delta I_\alpha}{\Delta A} \tag{1.11}$$

Formul (1.11)'i ışık akısı miktarına bağlı olarak genişletebiliriz;

$$L = \frac{d\Phi}{d\Omega\, dA \cos\alpha} \tag{1.12}$$

Işık kaynaklarının parıltısı kamaşma yaratmaması için çok önemli bir büyüklüktür. 1cd/m^2 üzerinde parıltı değerindeki ışık kaynakları kamaşmaya sebep olurlar [21].

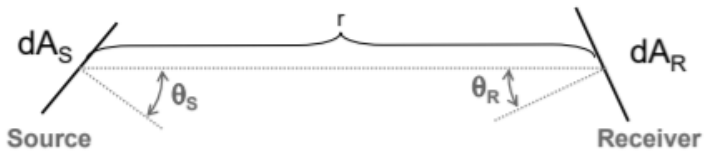
Aydınık düzeyi ile parıltı arasındaki bağıntıya Lambert Yasası denmektedir. Işık yayan bir yüzeyin parıltısı her doğrultuda sabit ise, bu yüzeye Lambert yasasına göre ışık yayan yüzey veya ideal dağıtıcı yüzey denir.

$L_\alpha = L = \text{sabit}$ (1.13)

Genellikle aydınlık düzeyi en kolay ölçülen fotometrik büyüklüktür. İdeal dağıtıcı bir yüzeyin aydınlık düzeyi (E) ve yansıtma faktörü (ρ) bilinirse, parıltısı (L) aşağıdaki denklem (1.14) ile hesaplanabilir.

$$L = \left(\frac{\rho.E}{\pi}\right) \tag{1.14}$$

Bu eşitlik sadece ideal dağıtıcı yüzeyler için geçerlidir. Farklı bir yaklaşım ise Şekil 1.6 vasıtasıyla açıklanacaktır. Teknikte Radiance Theorem olarak anılmaktadır.



Şekil 1.6 – Işıltı - Parıltı Teoremi [26]

Kaynaktan (source) sabit bir açıyla yayılan gücün (d^2 θ) yüzeyde dA elemanına yansımasyla oluşacak radiance "L" ile gösterilirse. Birimi (W/m^2/sr) olmaktadır.

$$d\Omega_s = \frac{dA_r . cos\theta_R}{r^2} \quad (1.15)$$

$$d\Omega_R = \frac{dA_S . cos\theta_S}{r^2} \quad (1.16)$$

$d^2\,\theta$ terimi; kaynaktan (dA_S), alıcıya (dA_R) transfer edilen güç olduğu durumda [26]

$$d^2\theta = L_s . (dA_S . cos\theta_S)\, d\Omega_s \quad (1.17)$$

$$L_R = \frac{d^2\theta}{dA_r . cos\theta_R . d\Omega_R} \quad (1.18)$$

$L_R = L_S$ olduğu kabul edildiğinde;

$$L_R = \frac{d^2\theta}{dA_r . cos\theta_R . d\Omega_R}$$

$$L_R = \frac{d^2\theta}{dA_r . cos\theta_R . \frac{dA_S . cos\theta_S}{r^2}} \quad (1.19)$$

$$L_R = \frac{d^2\theta}{d\Omega_s . dA_S . cos\theta_S} = L_S$$

1.5.3.6. Kamaşma

Işık kaynağında oluşan parıltılar ve yayılan ışınımların görme sistemlerince rahatsız edici olarak algılanması olarak tanımlanmaktadır. Bu sebeple kişiden kişiye farklılık gösterebilmektedir.

1.5.4. Renk ve İlgili Kavramlar

Renk, ışığın farklı frekanslardaki durumlarının görme sistemlerince algılanması ve beyinde yorumlanması sonucu oluşur. Yani algısal bir durumdur [27].

Renkler 3 ana renk kırmızı, mavi, sarı ve bunların karışımlarıyla oluşan ara renkler olarak sınıflandırılabilirler. Psikolojik algı özelliklerine göre ise; soğuk ve sıcak renler olarak ikiye ayrılırlar. Sıcak renkler, kırmızıya doğru giden renklerdir. Soğuk renkler ise renk bu dağılımda maviye doğru yaklaşan renklerdir [28].

1.5.4.1. Renk Sıcaklığı

Nesne ve hacimlerin renk görünümü, yapay aydınlatmanın oluşturduğu renk izlenimidir. Renk sıcaklığı sıcak beyaz olan yerler daha rahat ve samimi, nötr ve soğuk beyaz yerler ise daha aktif iş ortamı olan yerlere yöneliktir.

Kelvin derecesi belli bir sıcaklığa yükseltilmiş kara cismin (Planck ışıyıcısının) yayımladığı ışığın spektrumunu, kara cismin sıcaklığının Kelvin cinsinden derecesi ile anlatmak için kullanılmaktadır.

Örnek olarak, karanlık bir oda içinde bir cisim ısıtıldığında rengi kızıldan maviye ve sonrasında beyaza doğru değişir. Cismin sıcaklığı arttığında, mavi rengin oluşan tayf içerisindeki payı büyür, kırmızının payı azalır [29].

Renk sıcaklığı (K) olarak gösterilir. Santigrat (C) derecen 273 birim fazladır.

Kara cisim, yansıtma katsayısı sıfır olup, yüzeyine düşen hiçbir ışığı yansıtmayan ve bu yüzden yayımladığı ışık yalnızca sıcaklığa bağlı bir ışıyıcıdır. Kara cismin sıcaklığı ile yayımladığı ışığın ilişkisini veren Planck formülü ölçmelerle de doğrulanmıştır [30].

Kelvin cinsinden renk sıcaklığı tanımını biraz daha açmak gerekirse; düşük Kelvin sıcaklığı kırmızıya yakın bölgeleri, sıcaklık arttıkça sarı görünümlü bölgeleri, sıcaklık daha da arttığında ise açık mavi ve beyaz bölgeleri tanımlamaktadır. Kelvin değerinin yüksek olması daha beyaz ve parlak görünümlü, soğuk beyaz olarak adlandırılırlar [31].



Şekil 1.7 – Renk Sıcaklığı Skalası [32]

Renk sıcaklığı gösterge çizelgesi Şekil 1.7'de görülmektedir. Kırmızıdan, mavi renge doğru gidildikçe Kelvin değeri artmaktadır.

1.6. Aydınlatma Türleri

Aydınlatmada amaç, iyi bir aydınlık düzeyi sağlamaktan daha çok en iyi görme koşulları sağlamaya çalışmak olarak değerlendirilebilir.

1.6.1. İç Aydınlatma

Kapalı mekânların doğal veya yapay yollar ile aydınlatılmasıdır. Birincil amaç çalışma düzleminin aydınlatılması olup, bu proje açısından bakıldığında ev, fabrika, hastane, sinema gibi yerlerin aydınlatılmasından ziyade araç içi aydınlatmadır. Aydınlatma kaynağının türüne göre alt bileşenler oluşmaktadır ve şu şekilde ayırt edilebilirler [33].

- Işığın %90 - %100'ü kaynaktan, alt yarı boşluğa gidiyorsa direkt aydınlatma,
- Işığın %60 - %90'ı kaynaktan alt yarı boşluğa gidiyorsa yarı-direkt aydınlatma,
- Işığın %40 - %60'ı kaynaktan alt yarı boşluğa gidiyorsa karma aydınlatma,
- Işığın %10 - %40'ı alt yarı boşluğa gidiyorsa yarı-endirekt aydınlatma,
- Işığın %0 - %10'u alt yarı boşluğa gidiyorsa endirekt aydınlatma [33]

1.6.2. Dış Aydınlatma

Klasik tanımlamaya göre dış mekânların genellikle direkt aydınlatma ile aydınlatılması şeklindedir. Genellikle yollar, dış mekânlar, spor alanları parklar vs. gibi noktalar dış aydınlatma kapsamında değerlendirilmektedir. Bu proje özelinde aracın gittiği yöndeki yolu aydınlatması ve diğer araçlar tarafından görülmesine yardımcı olan uyarı aydınlatma türü de bu kapsamda değerlendirilebilir.

1.6.3. Özel Aydınlatma Sistemleri

Birçok aydınlatma sistemi daha mevcut olup bu proje kapsamında detaylarına girilmeyecektir. Amaçları bakımından özetleyecek olursak [34];

• ***Fizyolojik Aydınlatma***: Cisimlerin renk ve ayrıntılarını hızlıca fark edebilmesi,
• ***Dekoratif Aydınlatma:*** Ön plana çıkarılacak cismin estetik gözükmesi,
• ***Dikkat Çeken Aydınlatma:*** Reklam veya tehlike uyarıları gibi dikkat çekici olması,
Işığın kökenine göre özetleyecek olursak;

• ***Doğal Aydınlatma:*** Doğal ışığın, genelde mimari yöntemlerle ortama yönlendirilmesi
• ***Yapay Aydınlatma:*** Günümüzde daha çok elektrikli lambalar ile aydınlatma yapılması.

1.7. Araç Aydınlatma Sistemleri

Özel aydınlatma sistemlerinden birisi de bu projede konu olan araç aydınlatma sistemleridir. Aydınlatma türleri amaçlarına göre gruplandığında; fizyolojik ve dikkat çeken aydınlatma sistemlerini içerirken, ışık kökenine göre gruplandığında ise yapay aydınlatma türünün örneklerinin görüldüğü hem iç hem de dış aydınlatma gruplarından oluşan karma sistemleri içerir.

1.7.1. İç Aydınlatma Sistemleri

Binek araçlar ve ticari araçlar için zaman içinde gereksinimlerden yola çıkarak oluşmuş aydınlatma sistemleridir. Örneğin okuma lambaları ve kapılar açıldığında iç ortamı aydınlatan lambaların da bulunduğu orta konsol aydınlatma sistemi, bu sisteme ağır ticari araçlarda özellikle yataklı olan çekici ağır vasıtalarda gece konforunu arttıracak diğer lamba sistemleri de eklenmektedir. Yine iç aydınlatma sistemlerine gösterge paneli ve anahtarların aydınlatma sistemlerini eklemek mümkündür. Ayrıca torpido ve bagaj gibi depolama ünitelerinin aydınlatılması da bu sistemlere eklenebilmektedir. Ayrıca LED aydınlatma sistemlerinin gelişimi de küçük ve dar alanların da aydınlatılmasına olanak sağlamıştır bunlara örnek olarak ise güneşlikler içinde yer alan aydınlatma sistemleridir.

1.7.2. Dış Aydınlatma Sistemleri

Bu sistemlerin başında kısa, uzun ve geri vites lambalarının da içinde bulunduğu ön ve arka far sistemleri gelmektedir. Yine araç türü ve opsiyon olan donanımları da düşündüğümüzde sis lambaları, köşe aydınlatma sistemleri, park aydınlatma sistemleri, sinyal aydınlatma sistemleri ve ağır ticari vasıtaların tanınmasına yarayan uyarıcı aydınlatma sistemleri ve yine de özellikle inşaat serisi ağır ticarilerde dış ortam çalışma ortamı aydınlatma sistemleri de bu yapılar içinde gösterilmektedir.

1.7.3. Özel Araç Aydınlatma Sistemleri

Bu aydınlatma yapılarına başlıca örnekler itfaiye araçları, ambulanslar, polis ve devlet özel kurumlarının araçları, taksi, minibüs ve otobüs gibi araçların özel aydınlatma sistemleri gösterilebilir.

2. BÖLÜM - ARAÇ AYDINLATMA SİSTEMLERİ

2.1. Giriş

Kısaca tanımı bir önceki bölümde yapılmış olan ve bu projenin de ana konusunu oluşturan dış aydınlatma sistemlerinin detayları bu bölümde incelenecektir. Ayrıca, araçlardaki far sistemlerinin tarihsel gelişimi bu sistemlerde kullanılan lamba türleri ve kontrol yöntemleri de detaylandırılacaktır.

2.2. Tarihsel Gelişim

Araçların tarihsel gelişimi incelendiğinde buhar gücüyle çalışan ilk aracın Fransa'da 1769 yılında üretildiği bilinmektedir [35]. Sonraki yıllarda hem petrol kökenli yakıt kullanan hem de elektrikli motorların teknolojik gelişimi devam etmiştir. 1881 yılında Gustave Trouve ilk 3 tekerlekli elektrikli aracı Paris'te Elektrik fuarında sergilemiştir. [36]. İçlerinde Daimler'in de bulunduğu birçok alman mühendis modern otomobil üzerine çalışmış ancak 1879 yılında Almanya'da Mercedes Benz tarafından ilk defa patenti almış ve 1885 yılında dört tekerlekli ve benzinli motorun kullanıldığı aracı üretmiştir [37]. 1900'lü yılların başında ise Amerika ve Avrupa'da birçok araç modeli ortaya çıkmıştır. Otomobillerin seri imalatı 1903 yılında Henry Ford'un Detroit şehrindeki Ford Motor Company ile başlamıştır [38]. Sürecin başlarında otomobiller üzerinde far aydınlatmaları yoktu ancak gece kullanım ihtiyacı nedeniyle gaz yağı lambası ve karpit(Asetilen) yakıtlı lambaların kullanılmıştır.



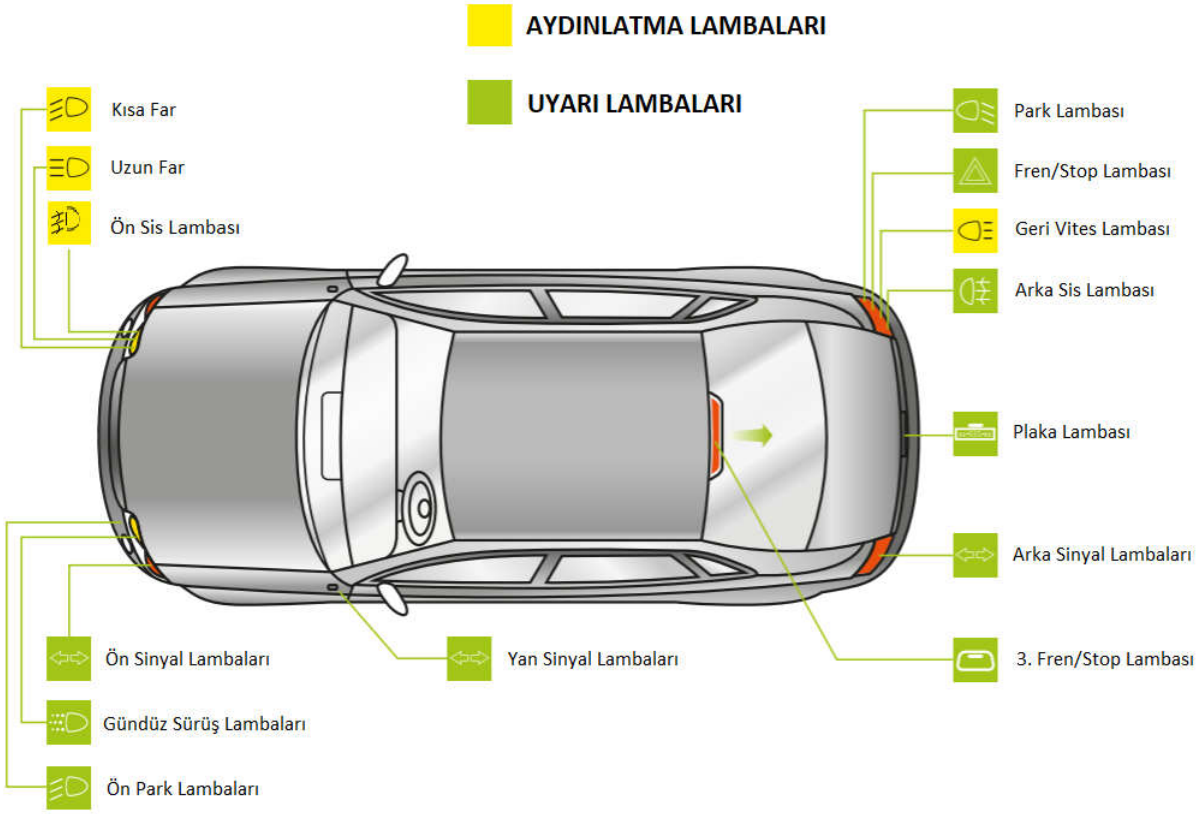
Şekil 2.1 – Ford Coupe 1911 Model [39]

İlk nesil araçlarda Şekil 2.1'de görülen 3 adet gazyağı lambası mevcuttur. Bu tarihlerde araçlarda dinamo veya alternatör bulunamadığı için elektrikli lambalar da kullanılmamıştır. 1908 yılında araçlar için ilk defa elektrikli aydınlatma sistemi

üretilmiş, bu sisteme 8 voltluk bir akü gerekli gücü sağlamıştır [40]. 1912 yılına gelindiğinde Cadillac firması elektrikli marş ve aydınlatma sistemini araçlarına uygulamaya başlamıştır. Geçmişten günümüze kadar araçlardaki aydınlatma sistemlerinde birçok gelişim gözlenmiştir ve gelişen teknolojiler ile de bu sistemler sürekli güncellenmeye devam edecektir.

2.3. Araçlarda Kullanılan Dış Aydınlatma Sistemleri

Araçlarda kullanılan dış aydınlatma sistemlerini başlıca iki gruba ayırmak mümkündür. Bunlardan birincisi gidilecek yolun aydınlatılması üzerine görev yapan ön far sistemleri diğeri ise dikkat çekmek, uyarmak ve aracın fark edilmesi üzerine konumlandırılmış yan aydınlatma ve arka far sistemleridir. Şekil 2.2'de her iki sisteme ait aydınlatma ve uyarı lambaları bölgesel olarak tanımlanmaktadır. İlerleyen bölümlerde ise bu lambalar hakkında kısa bilgiler verilecektir.



Şekil 2.2 – Araç Dış Aydınlatma ve Uyarı Lambaları [19]

2.3.1. Uzun/ Kısa ve Ön Sis Aydınlatma Sistemleri

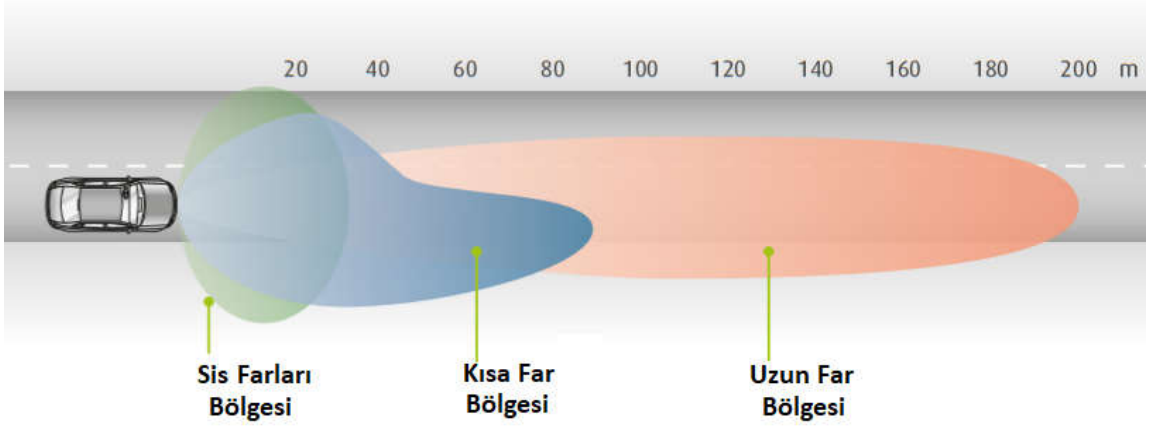
Tarihsel süreç kısmanda araçların ilk elektrikli farlara nasıl ulaştığı anlatılmıştı. Bunlara ek olarak ön far sistemleri detaylı incelendiğinde; 1920'li yılların ortalarında kısa ve uzun far ışık huzmeleri tek bir ampul içinde birleştirilmişti. Bu yapı ilk çift filamanlı ampullerin üretiminin de yolunu açmış oldu.

Araç üreticilerin tercihine göre hem tümleşik uzun/kısa far yapısı hem de ayrı ampuller ve yuvaların kullanımı beraber devam etmiştir. Ancak hem ampul hem de ampulün içinde bulunduğu hazne sisteminde kararmalar meydana gelmiştir. Haznede oluşan sıkıntıları gidermek adına atom farların tasarlanmıştır. Bu sistemde cam, reflektör ve ampul vakum sisteminin içinde yer bulunmaktadır.

Her ne kadar atom farlar da kullanılsa ampul içindeki kararma devam etmiştir, bu problem üzerine çalışan bilim insanları 1960'lı yıllarda Halojen lambaları icat ettiler. Bu sayede kararma azalmış ve verimlilikte artmıştır.

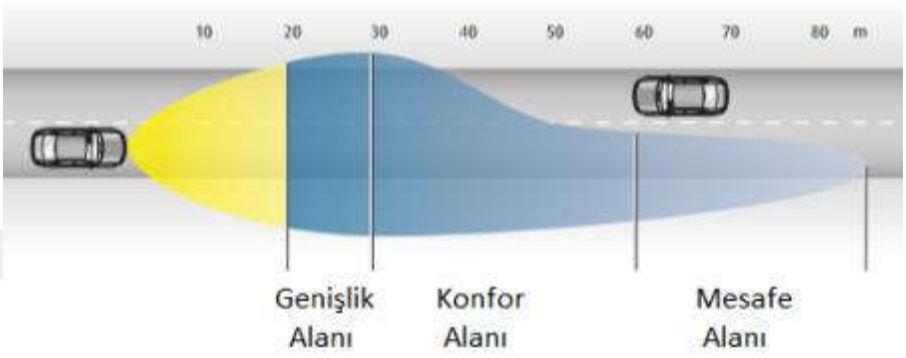
Ön Far ve aydınlatma sistemleri, birçok standardın yönlendirmesiyle gelişimine devam etmektedir. En temel olarak bu sistemi ele aldığımızda, aracın ön tarafında ve gidilecek yolun aydınlatılmasından sorumlu sistemler olduğu görülmektedir.

Yolun aydınlatılması, genel olarak 3 bölüme ayrıldığı kabul edilmektedir. Şekil 2.3'te görüleceği üzere farklı aydınlatma sistemlerinin, amaçlarına göre aydınlatma bölgeleri de farklılaşmıştır.



Şekil 2.3 – Aydınlatma Bölgeleri [19]

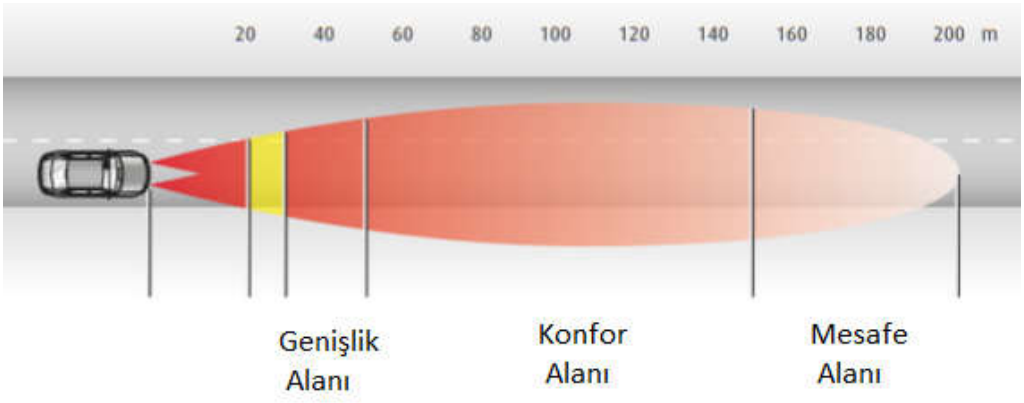
Aydınlatılan alanlar ise; mesafe, genişlik ve konfor alanları şeklinde incelenirler. Kısa far bölgesinin bu üç kritere göre değerlendirilmesi Şekil 2.4'te görülmektedir. Genişlik alanı 20-30 m arasında olup sisli ortamlarda bile görme ve görülmesine yardımcı olmaktadır. Konfor alanı ise 30 ile 60 metre arasında kabul edilmektedir, bu bölgede hem aracın önündeki alan güvenli bir şekilde görülmekte hem de karşı şeritteki araç sürücüsü rahatsız edilmemiş olmaktadır. Ulaşabildiği mesafe ise daha az etkili olacağı 60 metreden sonraki bölüm olarak değerlendirilir.



Şekil 2.4 – Kısa Far Bölümleri [19]

Kısa farlar; başlarda simetrik yapılı idiler fakat bu durum karşı şeritteki sürücüyü rahatsız etmekteydi. 1945 yılında asimetrik ışık dağılımı araçlarda kullanılmaya başlamıştı, bu sayede Şekil 2.4'te görüldüğü gibi asimetrik yapıya kavuşmuşlardı [41].

OEM firmalarından aydınlatma üzerine de yoğunlaşan Hella adlı alman firması da 1957 yılına gelindiğinde bu ürünleri seri imalatı rahatlıkla verebilmekteydi [42].

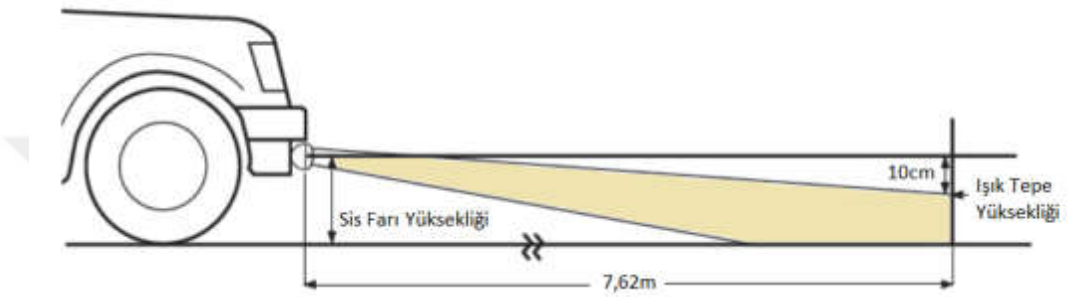


Şekil 2.5 – Uzun Far Bölümleri [19]

Uzun far yapısında simetrik aydınlatma kullanılmıştır. Bu farlar genellikle karşı şeritte araç olmadığı durumlarda kullanılmaktadır. Şekil 2.5'te görüleceği üzere konfor alanı

50 – 150 m arası olarak ön görülmektedir. Mesafe alanı ise günümüzde gelişen uzun far sistemlerinde LED kaynaklardan yararlanan farların 300m civarında olup, lazer far yapısı kullanan araçlarda ise 600m civarındadır [43].

Sis lambaları ilk olarak 1926 yılında kullanılmaya başlamıştır [44]. Sis lambalarını farklı kılan ise kısa ve uzun farların aksine yere çok yakın konumlandırılması ve sisli havanın yere yakın mesafede daha seyrek olması ilkesine dayanmaktadır. Şekil 2.6'da sis farı aydınlatmasının standartlara göre konumlandırılması bulunmaktadır.



Şekil 2.6 – Sis Farı Aydınlatma Bölgesi (SAE J583) [45]

Sis farlarının kullanımı sayesinde, sisli koşullarda kısa ve uzun farların kullanımı ile ortaya çıkan parlamanın önüne geçilmekte ve güvenli sürüş sağlanabilmiştir.

Ön far sistemlerinde 1936 yılında sarı far kullanımı uygulaması başlamıştı, amacı karşı aracın sürücüsünün göz kamaşmasının önüne geçmekti. Hem ön farlarda hem de sis farlarında bir dönem kullanıldıktan sonra 1950-1970 yılları arasında yapılan araştırmalarda fayda veya zararının ispatlanamaması üzerine kullanımı azalmıştır.

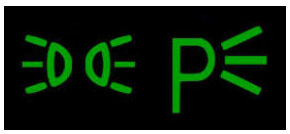
Günümüzde ise sarı sis farı kullanımı araçlarında sonradan kişiselleştirme yapmak isteyenlerin tercihi durumuna gelmiştir. Daha çok estetik amaçlı bu kullanım için farklı üreticiler güncel araçlar için tasarımlarını sürdürmektedirler, lamba tipi halojen veya LED olabilmekledir.

Standart araçlarda bulunan ve aydınlatma amaçlı kullanılan son sistem ise geri vites aydınlatmasıdır. Geri vites aydınlatma sistemleri uyarı niteliği de taşımaktadırlar. Ticari araçlarda geri vites lambaları ile birlikte uyarı amaçlı ikaz sesi de bulunmaktadır.

Geri vites aydınlatmaları genel tanımlamalarda Reversing veya Backup Lights olarak geçmektedir. Renk olarak ön farlarda olduğu gibi genellikle beyaz ışık kullanılmaktadır.

2.3.2. Gündüz Sürüş ve Park Uyarı Sistemleri

Şekil 2.7'de simgesi bulunan park lambaları, tasarım amacı olarak düşük güç tüketimi sayesinde kontak kapalı ve park durumda dahi uzun süre aracın fark edilmesidir. Ön taraftaki park lambaları beyaz renkli olup arkadaki park lambaları ise kırmızı renklidir.



Şekil 2.7 – Gösterge Üzerindeki Park Aydınlatma Simgesi [46]

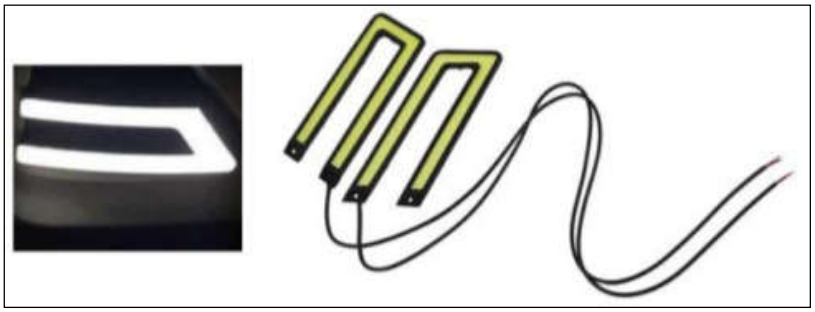
Gündüz sürüş lambaları ise araçların yol ve hava koşulundan bağımsız olarak kolay fark edilmek amaçlı kullanılmaktadır. Şekil 2.8'de simgesi bulunan bu lambalar 2011 yılından sonra yasal zorunluluk olmuştur [47]. DRL (Day Time Running Lamp) olarak da kısaltılan bu farklar da düşük güç tüketimine sahiptir. Parlaklığının 400 ila 1200cd arasında olması gerekmektedir [48].



Şekil 2.8 – Gündüz Sürüş Aydınlatma Simgesi [49]

Gündüz sürüş aydınlatma sistemlerinde genellikle LED aydınlatma ürünleri hem estetik, hem düşük güç tüketimleri ve bu sayede hem de az ısınmaları sebebiyle uzun süre kullanıma uygun olduklarından araçlarda yer almaktadır.

Son zamanlarda da SMD LED yerine, COB LED ürünleri bu uygulama için tercih edilmektedirler. COB LED uygulamasına ait Şekil 2.9'da görsel bulunmaktadır. LED aydınlatma elemanları konusunda COB LED ürünlerinin detayına değinilecektir.



Şekil 2.9 – Gündüz Sürüş Farı COB LED Uygulaması [50]

2.3.3. Sinyal Uyarı Sistemleri

Aracın sağ ve sol köşelerine yakın, hem ön hem de arka bölümde yer alan uyarı sistemlerdir. Genellikle Sarı/Amber renkleri bu uygulamada tercih edilmiştir. Aracın yön değiştireceğini belirten uyarı lambalarıdır. Kaynaklarda "Directional signals", "indicators" veya "flasher" gibi isimlerle yer almaktadırlar. Kullanımı 1907 yılı başlarında dayanmaktadır [51]. Sonraki dönemlerde araçların yan kısımlarına da sinyal lambaları eklenmiştir. Günümüzde ise yan sinyal lambaları hem sürücü hem de diğer trafikteki kişilerce daha rahat görülebilmesi için yan aynaların üzerine yerleştirilmektedir. Sinyal lambası çalışma durumu Şekil 2.10'da gösterilmektedir.



Şekil 2.10 – Ön ve Yan Sinyal Lambaları Aktif/Pasif Durumu [52]

Sürücü sağ ve solda genellikte 3'er adet bulunan bu sinyal lambalarının çalıştığını Şekil 2.11'de bulunan gösterge panelindeki sağ/sol ok işaretlerinin aktif olması ve gelen tik-tak sesi ile anlamaktadır. Sinyal lambalardan bir veya bir kaçı çalışmadığında sürücüyü uyarması amaçlı tekrarlama frekansı değiştirilmektedir. İdeali dakikada 90 kez olan bu çalışma frekansı arttırılıp sürücüyü uyarması amaçlanmaktadır [53] [54].



Şekil 2.11 – Gösterge Paneli Sinyal Uyarı İkazları [55]

Ayrıca sinyal lambalarının bir diğer işlevi ise acil bir durum olduğunu belirten 4'lü Flaşör diye kullanılan ve yabancı kaynaklarda "Hazard Warning" olarak bilenen uygulamadır. Bu uygulama ile tüm sinyal lambaları eş zamanlı olarak yanıp sönmektedir. Bazı araçlar bu ikazı çok ani fren yapma sırasında da kullanmaktadır.

2.3.4. Fren/Stop Uyarı Sistemleri

Başlarda aracın arkasında sağ ve sol da olmak üzere 2 adet bulunan bu uyarı lambaları aynı park lambaları gibi kırmızı renklidir. Park lambalarından farkı, aktif olduklarında çok daha parlak ışık vermeleridir. Parlaklığı Avrupa ülkelerinde 60-185cd olarak kabul edilebilirken Kuzey Amerikada ise 80-300cd arası olması beklenmektedir [53].

Yıllar içinde yapılan çalışmalarda, aracın ortasına konumlandırılmış üçüncü stop lambasının arkadan çarpmaların önlenmesi için ciddi bir katkı yarattığı tespit edilmiş olup 1986 yılında Amerika pazarı için zorunlu hale getirilmiştir.

BMW F30 serisine ait ön far grubunda hangi aydınlatma elemanının nerede konumlandırıldığı detaylı olarak Şekil 2.12'de görülmektedir.



Şekil 2.12 – Ön Far Grubu [56]

2.4. Yasal Zorunluluklar ve İlgili Standartlar

Araçların aydınlatma sistemlerini düzenleyen Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu oluşturduğu ve ülkemizde de tabi olunan bazı kısıtlamalar mevcuttur. UNECE Regülasyonları olarak bilinen bu standartların bazıları şu şekildedir.

ECE–R37: Filamanlı Lambalar, ***ECE–R99:*** HID Lambalar, ***ECE – R98***: Kısa ve Uzun Farlar, ***ECE–R19***: Sis Lambaları, **ECE–R48**: Konumlandırmalar, ***ECE–R123***: AFS Aydınlatmaları, Halojen, Xenon ve LED Kaynaklar. Bu yönetmeliklere uyulmadığı takdirde araçların trafiğe çıkışlara izin verilmemektedir.

2.5. Lamba Türleri

Teknik ve teknolojik gelişmeler ışığında araçlarda kullanılan lamba tipleri de gelişim göstermektedir. Bu bölümde ilgili lamba tipleri hakkında bilgiler bulunmaktadır.

2.5.1. Enkandesan Lambalar

Tarihsel süreçte daha önce de belirtildiği üzere, otomotiv sektöründe ilk olarak geleneksel enkandesan tipi elektrikli lambalar kullanılmaya başlamıştır. Bilindiği üzere enkandesan lambalar, akkor filamanlı lamba olarak ta isimlendirilirler. Cam hazne içinde bulunan Tungsten telinin üzerinden geçirilen akım sayesinde rezistansın ısınması ve ısıl radyasyon şeklinde ışıldama yapan ışık kaynağıdır [57].

Günümüzde de halen araçlar içinde farklı bölgelerde yapısal basitliği ve ucuz olması nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak verimlikleri, kararma problemleri ve servis ömürlerinin ortalama 1000saat seviyesinde olması sebebiyle güvenlik kritik noktalarda kullanımı kalmamıştır [57]. Bu lambaların verimleri düşük olduğu için gelen enerjinin büyük bir kısmı ısıya dönüşmektedir. Bu ısı ise lambaların duy sistemlerinde de sorunlara yol açabilmektedir.

2.5.2. Halojen Lambalar

Enkandesan lambaların servis sürelerinin uzatılması adına yapılan çalışmalarda, lamba içindeki gaz karışımına halojen gazları eklenmiş ve tungsten telinde yapılan iyileştirmeler ile tel sıcaklığı arttırılmıştır. Sonuç olarak da, aynı güce sahip akkor lambaya kıyasla, hem renk sıcaklığı, hem de ışık verimi yükseltilmiştir [58].

Tungsten teli ve halojen gazlar arasında oluşan tepkimeler, filamanın yüksek sıcaklıklarda (3000 K) çalışmasına olanak sağlarken aynı zamanda lamba ömrünü de uzatılmıştır. Otomotiv sektöründe uzun soluklu olarak yer almış olan bu lambalar halen yoğun olarak tercih edilmektedir.Genellikle “H” tipi olan soket yapısını kullanırlar.

Akkor flamanlı lambaların ortak problemleri, tungsten telinin yüksek ısı nedeniyle buharlaşması sonucu parçacıkların cam iç yüzeyine yapışmasıdır, bu olay telin zayıflamasına neden olmakta ve zamanla incelerek kendi sonlarını hazırlamaktadır [59].

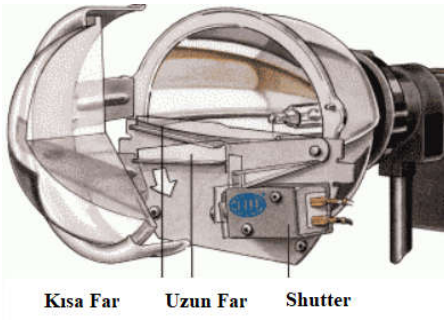
2.5.3. Xenon Lambalar

Lamba tipleri incelenmeye devam edildiğinde bir sonraki adım olarak xenon lambaları görülür. Bunlar aynı zamanda HID lambalar olarak da bilinirler, HID kısaltması "High Intensity Discharge" kelimelerinden gelmektedir. Yüksek yoğunluklu deşarj tipi lambalar da denilmektedir. Bu tip deşarj lambaların cıva buharlı, sodyum buharlı veya metal halide tiplerine otomotiv haricinde de gündelik kullanımına örneğin sokak lambaları olarak oldukça sık rastlanmaktadır.

Çalışma mantığı olarak, içinde metal halojenür gazlarının bulunduğu şeffaf quartz bir cam kapsül yapısındadır. Bu yapı içinde uçlarına gerilim uygulandığında gazların deşarj olmalarını sağlayacak elektrotlar da bulunmaktadır. Işımanın başlayabilmesi için gaz ortamında elektrik akımı akması gerekmektedir bunun için ise yüksek delinme gerilim oluşturmaya yarayan balast sistemleri de gereklidir. Gazların ısınması, delinme gerilimine ulaşılması vs. gibi etkenler oldukça zaman almaktadır bu sebeple otomotiv kullanımı için pek uygun değillerdir.

Ancak bu tip lambaların yüksek enerji verimlilikleri sebebiyle araştırmalara devam edilmiş ilk olarak 1991 xenon farlar kullanılmaya başlanmıştır [59]. Zaman içinde bu süreler oldukça kısaltılmıştır, ancak yine de hızlıca açılıp kapatılan uzun farlar için yeterli olunamamıştır. Bu sıkıntıyı aşmak için de iki farklı yöntem geliştirilmiştir. İlk yöntem, uzun far huzmesi için halojen lambaların kullanımına devam edilmesidir. Aynı yapı üzerinde hem xenon (kısa far), hem de halojen lambalar (uzun far) bulunmaktadır.

Bu sayede uzun farlar aktif edilmek istendiğinde hiçbir gecikme yaşanmadan halojen lamba aktif olmakta ve görevini yerine getirmektedir.



Şekil 2.13 – Bi-Xenon Shutter Mekanizmalı Far İç Yapısı [60]

İkinci yaygın yöntem ise, **Şekil 2.13**'teki mercek sistemi ile yapının kullanılmasıdır.

2.5.4. LED Lambalar

Far yapılarına, xenon sistemlerden sonra LED aydınlatma sistemlerin hâkim olacağı öngörülmektedir. LED (Light Emitting Diode) ışık yayan diyot kavramını biraz açıklamak gerekirse yarı iletken içinde bulunan negatif yüklü elektronların, daha düşük enerji seviyeli pozitif yüklü deliklere otururken oluşan enerji farkının, foton olarak dışarı verilmesi temeline dayanır. Bu olaya elektroluminesans denilmektedir [59].

Denklem (2.1) yarıiletken malzemenin foton yaynması ve ve yayılan ışığın dalga boyu ile ilgili temel bilgileri vermektedir [25].

$$\lambda \approx \frac{h.c}{E_g} \tag{2.1}$$

Planck sabiti :h, ışık hızı ise c ile simgelenmiştir. Literatürde "injection luminescence" olarak adlandırılmaktadır. Denklem (2.2) ve (2.3) ise tek jonksiyonlu LED'ler için akım hesabı için kullanılmaktadır [25].

$$I_n = I_{n,0} \cdot \left[exp\left(\frac{V}{V_T}\right) - 1 \right] \tag{2.2}$$

$$I_p = I_{p,0} \cdot \left[exp\left(\frac{V}{V_T}\right) - 1 \right] \tag{2.3}$$

I_n ve I_p iletim yönündeki akımları, T_c; belirli voltaj altında boşluklar ve taşıyıcılar için Kelvin cinsinden sıcaklığı tarif ettiği durumda

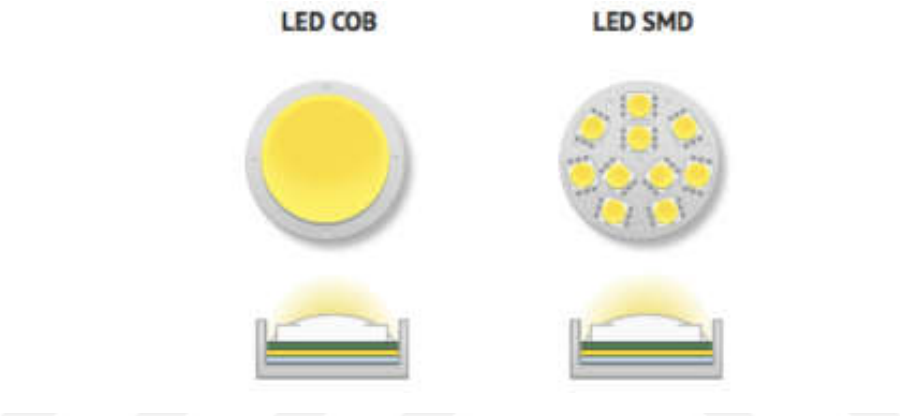
$$V_T = \frac{k_B.T_c}{e} \tag{2.4}$$

k_B; Bolztmann sabiti (1.38 x 10^{-23} JK^{-1}), e; elementer yük (1,602 x 10^{-19}C) olmaktadır.

$$I = I_n + I_p + I_{nr}$$
$$I = (I_{n,0} + I_{p,0}).\left[exp\left(\frac{V - IR_s}{V_T}\right) - 1 \right] + I_{nr,0}.\left[exp\left(\frac{V - IR_s}{n_{ideal}V_T}\right) \right] - 1 \tag{2.5}$$

LED'lerin küçük yapılarının ve enerji verimliliklerinin yüksek olması nedeniyle getirdiği avantajları sayesinde otomotiv sektöründe kullanımı giderek artmaktadır. Farklı LED tiplerinin esnek yapılarının bir arada kullanılması ile de birçok farklı far tasarımının oluşmasına müsaade etmektedir.

Bölüm 2.3.2'de bahsi geçen SMD ve COB terimlerini de açıklamakta fayda olacaktır. SMD "Surface Mount Device" yüzey montaj yapılan parça, konumuz özelinde ise her bir ayrık LED chip'lerini tarif etmektedir. COB ise "Chip on Board" birçok led aktif kökünün kendi içinde birleştirilmesi ile meydana getirilmiş ürünleri temsil etmektedir. Şekil 2.14'te bu durum açıkça görülmektedir.



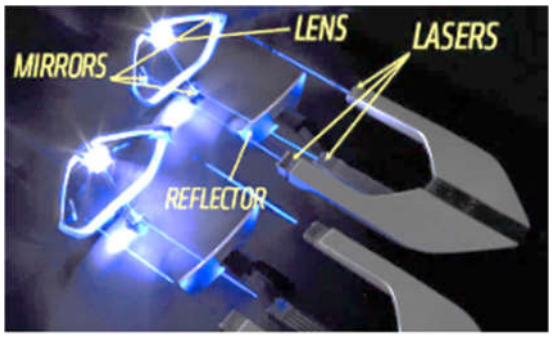
Şekil 2.14 – SMD ve COB LED Ürünleri [61]

SMD LED'lerin küçük yapıları sayesinde estetik olarak birçok farklı tasarıma izin vermektedir. SMD veya COB LED'lerin kullanım şekli tamamen araç tasarımcılarının hayal güçlerine bağlıdır. Geçmiş dönemde LED'lerin ayrık kullanımı tercih edilirken yeni araçlarda ise COB LED tasarımları görülmektedir. COB LED'ler daha kesintisiz bir aydınlatma sunarlarken estetik olarak daha narin durmaktadır. Ancak kaslı bir tasarım yapılacaksa ayrık kullanım da devam etmektedir.

LED'lerin en büyük avantajlarının başında düşük güç tüketimi gelmektedir. Enerji verimliliklerinin de yüksek olması sebebiyle aracın alternatörüne daha az yük bindirirler, bu sayede de yakıt tüketiminde de doğrudan katkı sağlamaktadırlar [62].

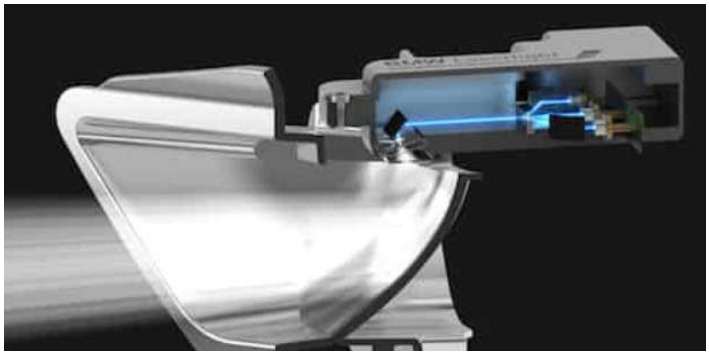
2.5.5. Lazer Lambalar

Daha yüksek verimlilik ve daha uzak mesafe aydınlatması için yapılan çalışmaların son noktası ise aydınlatma gücünün 1000 kat daha iyi olduğu belirtilen lazer far sistemleridir [63]. LED'lerden enerji verimliliği noktasında daha iyi olmalarına karşın maalesef far sistemleri oldukça karmaşık hale gelmektedir.



Şekil 2.15 – Lazer Far Yapısı [59]

BMW'nin geliştirdiği sisteme göre Şekil 2.15'te ve Şekil 2.16'da görüleceği üzere oldukça küçük yapılı mavi renk yayan lazer kaynakları, far yapısının arka tarafına konumlandırılmıştır. Çok küçük aynalardan faydalanılarak lazerler ön bölümdeki, içinde fosfor gazı içeren parçaya yönlendirilirler, burada ortaya çıkan yüksek miktarlı ışıma, orta bölümdeki reflektör (yansıtıcıya) vasıtasıyla dış dünyaya gönderilmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere lazerler doğrudan dışarı çıkamamaktadırlar [64].



Şekil 2.16 – Lazer Far Kesit Görünümü [65]

Ortaya çıkan ışığın sıcaklığı ise mavi lazer ve fosforun birleşimi ile (5,500 - 6,000 K) arasındadır. Maliyetleri sebebiyle en üst sınıf araçlarında ve sadece uzun far kullanımı için tasarlanmıştır. Bu sayede 600m seviyesine ulaşan aydınlatma sağlayabilmektedir.

Çok çeşitli aydınlatma türleri otomotiv sektöründe kendine yer bulmuştur, bu türler arasında tamamen bir türün, diğerinin yerini alması mümkün olmamıştır. Bunun sebebi her bir aydınlatma türünün kendine has avantaj ve dezavantajlara sahip olmasıdır.

Farklı far sistemlerinin çeşitli avantaj ve dezavantajları Tablo 2.1'de yer almaktadır.

Tablo 2.1 – Lamba Tipleri Avantaj / Dezavantajları

	 Enkandesan	 Halojen	 Xenon	 LED	 Laser
Avantaj	Basit Yapı Çok Ucuz Farkı Boyutlar	Gelişmiş Yapı Ucuz Farklı Boyutlar	Uzun Ömür Düşük Enerji Tüketimi	Küçük Yapılı (Esnek Tasarım) Çok Uzun Ömür Çok Düşük Enerji Tüketimi Halojenlerden Daha Parlak Daha Uygun Renk Sıcaklığı	Küçük Yapıları Olması En İyi Enerji Verimi Led lerden daha parlak
Dezavantaj	Kısa Ömür Çok Düşük Verim	Orta Ömür Düşük Verim	Yardımcı Devre gereksinmi Yüksek Maliyet Hareketli Sistem içermesi Isınma süresi	Yüksek Fiyat Sıcaklık Yoğunluğunu Fazla	Çok Yüksek Fiyat Esnek Tasarıma İzin Vermemesi Sadece Uzun Far Kullanımı Led lerden Daha Fazla Isı Üretimi Kompleks Yapı

Bu tablo değerlendirildiğinde ve günümüz araçlarına bakıldığında LED kullanımının giderek arttığı görülmektedir. Halen önceki nesil aydınlatma türlerine göre dezavantaj olarak gözüken maliyet etkisinin kullanım miktarları arttıkça düşeceği de ön görülmektedir. Bir diğer dezavantaj olarak gözüken ısıl yoğunluk ise COB LED'lerin yaygınlaşması ve alüminyum PCB kullanımı gibi diğer etkenler ile azaltılmaktadır.

Özellikle verimliliğin artması daha küçük alternatör ve dolayısıyla daha az yakıt tüketimi anlamına gelmektedir. Bu sayede yakıt ekonomisine katkıda da bulunulmuş olmaktadır. Bu sayede daha uzun menzil gidebilen araçlar da yapılmasının yolu açılmış olmaktadır. Daha az yakıt tüketimi aynı zamanda doğamız içinde oldukça önemlidir başta karbon ayak izi olarak şu sıralarda dikkat çekilen bu hususta da daha çevreci olmaktadırlar.

3. BÖLÜM – FAR AYDINLATMA KONTROL YÖNTEMLERİ

3.1. Giriş

Bu bölümde günümüz ve yakın gelecekteki far aydınlatma sistemlerinin kontrol metotlarına değinilecektir. Geleneksel yöntemlerle farların basit birer anahtar vasıtasıyla açılıp kapatılması ile gerçekleşen bu kontrol sistemleri yerini daha gelişmiş teknolojilere bırakmakladırlar.

Günümüzde araçlar çevresel birçok faktörü değerlendirebilecek sensörler ile donatılmaktadır, bu sensörler objeleri algılayıp, otomatik olarak ihtiyaçları karışılacak şekilde ve miktarda aydınlatma sağlamaktadırlar.

3.2. Akıllı Far Sistemleri (AFS)

İngilizce olarak Adaptive Frontlighting Systems olarak geçen sistemler, özellikle farların yola uyum sağlaması ihtiyacını gidermek adına ortaya atılmıştır. Birçok farklı yol durumuna göre araçtaki aydınlatmanın bu durumlara adapte olması ve uyum sağlaması beklenmektedir. Elektronik ve kontrol sistemlerindeki gelişmeler ve ayrıca önceki bölümlerde de anlatıldığı üzere farklı aydınlatma alternatiflerinin ortaya çıkmasıyla bu çalışmalarda şekillenmeye başlamışlardır.



Şekil 3.1– Akıllı Far Sistemleri Bölgesel Karartma [66]

Bu standartlar içinde aydınlatma tipleri çeşitli şartlara bağlanmışlardır. Şekil 3.1'de akıllı far sistemlerinin en belirgin hedeflerinden biri olan karşı şeritteki sürücünün göz kamaşması problemine getirilen çözüm görülmektedir. Bölgesel karartma olarak tabir edilen bu metot için farklı firmaların farklı teknolojik çözümleri bulunmaktadır.

3.2.1. Akıllı Far Sistemlerine Ait Aydınlatma Sınıfları

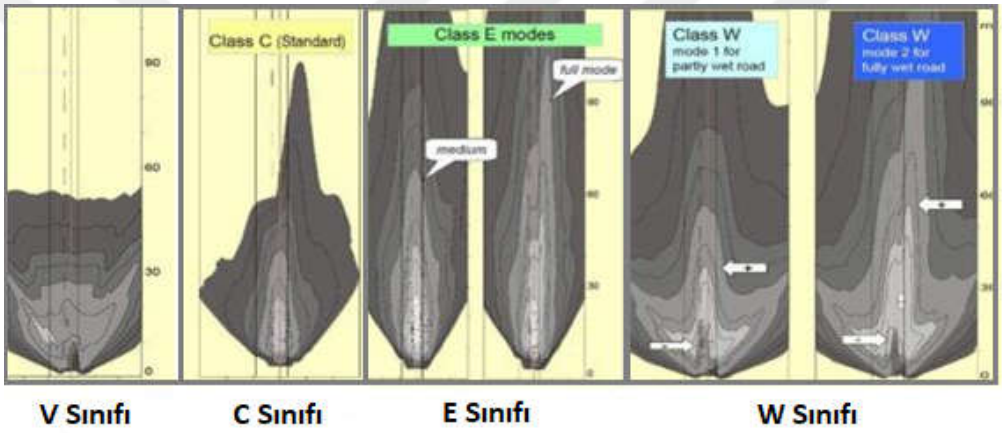
Akıllı far sistemleri standartları ECE324-R123 başlığı altında toplanmışlardır.

Şehir içi Yollar (V Sınıfı) : 50km/sa hızın altında geniş ışık huzmesi sağlayan ve sürücünün yaya ve dönüşleri kolayca fark etmesini kolaylaştırması hedeflenen sınıftır.

Şehirler Arası Yollar (C Sınıfı) : 50-100km/sa hızları arasında şehir içi kullanıma nazaran daha parlak ve dar, uzun bir aydınlatma sağlanması hedeflenmektedir.

Otoban Yolları (E Sınıfı) : 100km/sa üzeri hızlar için uzak görüşü hedeflemektedir.

Kötü Hava Şartları Durumu (W Sınıfı) : Bu durumda, varsa yağmur sensörü ile sileceklerin aktif olması sağlanmalıdır. Yollar kuvvetli bir şekilde aydınlatılmalıdır.



Şekil 3.2 – Standartlara Göre Aydınlatma Sınıfları [67]

Bu sınıflamalardan da görüleceği üzere araçlar farklı durumlarda farklı aydınlatma formalarına dönüşmek durumundadırlar. Bunun başlıca sebebi ise en temel olarak sürücünün görüş mesafesini en uygun değerde tutmaktır. İkinci en büyük etken ise karşı şeritten gelen sürücünün rahatsız edilmemesidir. Bir diğeri ise çevresel etkenlerin oluşturduğu olumsuzlukların bertaraf edilmesine yöneliktir. Sis ve yağmurlu hava koşulları görüş mesafesini düşürmekte ancak buna karşın sis farlarının kullanımı ve aydınlatma açılarının değişimi sayesinde sürücünün bu durumdan etkilenmemesi hedeflenmektedir. Son olarak aracın hızının arttığı şehirlerarası yollarda ise daha uzak noktaların da görünürlüğünün arttırılmasıdır. Yüksek hızlarda çok kısa zamanda uzun mesafeler kat edildiği için sürücülerin bu uzak noktalardaki tehlikelerden haberdar olması gerekmektedir.

3.2.1.1. Şehir içi Yollar (V Sınıfı):

Şehir içi gece araç kullanımı sırasında sürücünün çevresindeki ortam ve risklerden haberdar olması gerekmektedir. Yaşam alanı olan bu bölgelerde, yolun hemen kenarında yayaların bulunma olasılığı yüksektir. Ayrıca şehirlerde yaşayan daha birçok canlı türünün de kontrolsüz olarak yola çıkması da risk unsurudur. Bu sebeple V sınıfı aydınlatma türünde yol kenarlarının da görülebileceği geniş bir aydınlatma yapısı bulunmaktadır. Şekil 3.3'te gece şehir içi kullanım ve çevresel etkenler gösterilmiştir.



Şekil 3.3 – V Sınıfı Işık Dağılımı – 60 Lüx [19]

3.2.1.2. Şehirler Arası Yollar (C Sınıfı) :

50-100km/sa hızları arasında kullanım için uyarlanmıştır. Şehir içi kullanımda ışık kaynağı açıları daha geniş iken burada daraltılmış ve hem yol üzerindeki parlaklık arttırılmış hem de daha uzun bir mesafe görünür kılınmıştır. Şekil 3.4'te yol üzerindeki aydınlatma formu görülmektedir.



Şekil 3.4 – C Sınıfı Işık Dağılımı – 60 Lüx [19]

3.2.1.3. Şehirlerarası Yollar (E Sınıfı) :

Yüksek hızlara çıkıldığında daha uzun mesafelerin sürücü tarafından görülebilir olması gerekmektedir. Tehlikelerin ve yol işaret ve ikazlarının olabildiğince önceden tespiti için bu en önemli etkenlerden birisidir. Bu koşulda ışık şiddeti 120lüx'e çıkarılmasına müsaade edilmektedir. Şekil 3.5'te E sınıfı için aydınlatmanın formu görülmektedir.



Şekil 3.5 – E Sınıfı Işık Dağılımı – 120 Lüx [19]

3.2.1.4. Kötü Hava Şartları Durumu (W Sınıfı) :

Yolların yağışlı olduğu bu senaryoda mümkünse otomatik olarak yağış tespit edilmektedir. Yağış var ve yollar ıslak ise yerden ışık yansımaması için gerekmedikçe sis farları kapalı tutulmaktadır. Şekil 3.6'da aydınlatma formu bulunmaktadır.



Şekil 3.6 – W Sınıfı Işık Dağılımı - 120//60 Lüx [19]

Akıllı far sistemlerinin temel amaçlarından biri de araçların, aydınlatma tipleri arasında hava, yol, hıza bağlı olarak kendi başına otomatik olarak geçişler yapabilmesidir.

3.2.2. Otomatik Farlar

Far açma kapama anahtarı “Auto” konuma alınarak bu çalışma yapısı aktif edilmektedir. Şekil 3.7’de temsili bir far kontrol kolu ve ilgili “Auto” bölümü de gözükmektedir. Bu sistem, uzun zamandır araçlarda mevcut bulunmaktadır. Dış ortam ışık şiddeti belli bir değerin altına düştüğünde sensörler vasıtasıyla bu durum algılanıp, farların otomatik olarak yanması sağlanmaktadır.



Şekil 3.7 – Far Kontrol Kolu [68]

Bu sayede özellikle gece kullanımda veya tünellerde sistem kendiliğinden aktif olmakta ve farların unutularak pasif kalmasının önüne geçmektedir. Oldukça önemli olan bu fonksiyon ile arkadan gelen araç, öndeki aracın park lambalarının yandığını karanlıkta fark etmekte ve olası kazalar bu sayede önlenmiş olmaktadır.

Bu sistemin bir diğer faydası da farların açık unutulmasının önüne geçilmesidir. Örneğin tünel’e girildiğinde otomatik olarak yanan farlar aynı şekilde tünel çıkışında aydınlık seviyesinin tespiti sonrası kapatılmaktadır.



Şekil 3.8 – Otomatik Far Çalışma Senaryoları [69]

Benzer bir fayda ise gece kullanım sonrası araç kapatılarak terk edildiğinde belli bir süre yanık kalarak yürüme yolunuzu aydınlatırlar ve belirlenen süre sonunda da otomatik kapanırlar. Şekil 3.8’de benzer senaryolar yer almaktadır.

3.2.3. Dinamik Viraj Aydınlatma

Dinamik denilmesinin ana sebebi aracın hızı, direksiyon açısı ve aracın yataydaki açısı "Yaw Rate" bilgilerinin birbirlerine bağlantılı olarak, merkezi sistem tarafından değerlendirilmesi ve farların açılarının değiştirilmesi temeline dayanır. Bu sayede virajın içi tarafı aydınlatılarak daha güvenli sürüş sağlanmaktadır [70].



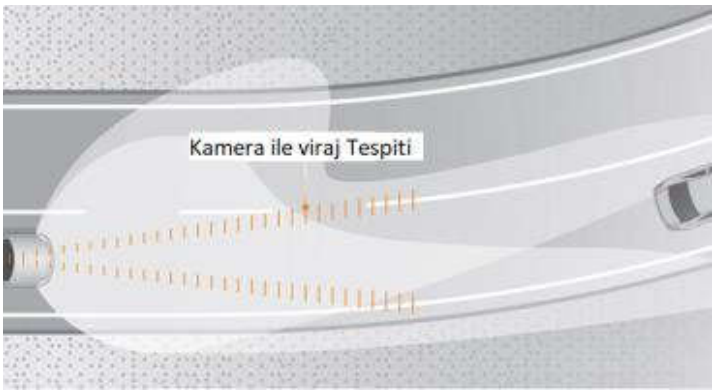
Şekil 3.9 – Standart Far Sistemi [70]



Şekil 3.10 – Dinamik Aydınlatma [70]

Dinamik viraj aydınlatma sisteminin oluşturduğu fark Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da görülmektedir. Bu sayede virajlar çok daha iyi aydınlatılmaktadır. Güvenli ve konforlu bir sürüş için önemli fonksiyonlardan birisidir.

Bu fonksiyonun gelişimi devam etmektedir. Mercedes Benz firmasının çalışmalarından çıkan son yenilik ise yolun durumu kameralar tarafından izlenip, sürücünün direksiyonu çevirmeden önce virajın tespit edilmesi ve farları bu duruma göre yönlendirilmesi şeklindedir. Bu sayede zaman kazanılmakta ve güvenlik arttırılmaktadır.



Şekil 3.11 – Kamera ile Viraj Tespiti [71]

Viraj tespitinin nasıl yapıldığı Şekil 3.11'de gösterilmektedir. Kameralardan toplanan bilgiler ile ilerde anlatılacak birçok fonksiyon çalıştırılabilir olmaktadır.

3.2.4. Köşe / Dönüş Aydınlatma

Bu sistem sayesinde dönüşlerde, yol ayrımları ve objeler aydınlatılmaktadır. Birden farklı metot ile bu sistem aktif edilebilmektedir. Genellikle düşük hızlarda iken direksiyon açısı değeri veya yan sinyallerin aktif edilmesiyle devreye girmektedir. Aydınlatma sistemi olarak bazı araçlarda kısa farlarda bulunan motorlar 30°-60° derece dönerek köşeler aydınlatılmakta, bazı araçlarda ise bu işlem için zaten çamurluğun alt kısımlarında bulunan sis lambaları aktif edilmektedir. Sis lambalarının kullanımı bu işlem için daha ucuz bir çözüm oluşturmaktadır. Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'te bu sistem sayesinde oluşan fark görülmektedir.



Şekil 3.12 – Köşe Aydınlatma Yok [70]



Şekil 3.13 – Köşe Aydınlatma Var [70]

Bu sistemler genellikle şehir içi kullanımlarda ve yayaların tespiti noktasında büyük önem arz etmektedir. Ford Motor Company ise benzer bir köşe dönüşü ve ada dönüşü durumu tespiti için kameralardan da faydalanmak üzere çalışmalar yapmaktadır.



Şekil 3.14 – Ada Dönüş Uyarısı [72]

Bu sistemde, Şekil 3.14'te görüleceği üzere ada veya kavşak öncesi yol kenarındaki tabelalardan, uyarılar tespit edilerek far konumları ve aktif aydınlatma sistemleri kontrol edilmektedir.

Ford Motor Company firmasının halen geliştirmeye devam ettiği şehir içi güvenlik sistemlerine bir adet kızılötesi kamera da eşlik etmektedir. Bu kameranın görevi ise yol kenarında veya köşelerde karanlık bölgede kalabilecek yayaların tespit edilmesidir.



Şekil 3.15 – Kızılötesi Kamera Yaya Tespiti [73]

Sürücü gece şartlarında yok kenarındaki yaya ve canlıları tespit etmekte zorlanacağı için sistem bu durumda devrede olup kızılötesi kameralar ile taramaya devam etmektedir. Bilindiği üzere kızıl ötesi kameralar vücut sıcaklığının tespiti temeline dayanarak çalışmaktadırlar. Bir ısı kaynağı tespit edildiğinde bunun büyüklüğü, sıcaklığı hareket yönü gibi koşulları değerlendirip bir risk seviyesi belirlenmektedir. Şekil 3.15'te görülen ve ekranda sarı renkli olarak belirtilen çerçeve, riskin artması durumunda kırmızı renge dönerek sürücüyü uyarmaktadır.



Şekil 3.16 – Tespit Edilen Yayanın Aydınlatılması [73]

Tespit edilen yayanın aydınlatılması ve sürücünün de yol kenarındaki riski daha iyi görebilmesi için hareketli ön sis far sistemi devreye girerek ilgili kişiyi görünür kılmaktadır. Şekil 3.15 ve Şekil 3.16'da tespit ve aydınlatmanın gerçekleşmesi üzerine fotoğraflar bulunmaktadır.

3.2.5. Kötü Hava Şartları Aydınlatması

Bu sistemler genelde yağmur sensörleri ile tetiklenirler. Bu moda geçildiğinde araç hızı 70km'nin altındayken sis lambaları aktif edilmekte, kısa far yükseklik ayarı 8 derece yukarı ve 1 derece de dışarı alınmaktadır.



Şekil 3.17 – Sistem Kapalı [70]



Şekil 3.18 – Sistem Açık [70]

Bu sayede yağmur, sis gibi kötü hava şartlarında sistem otomatik olarak çalışmaktadır. Aracın far açılarının birkaç derece yukarı alınması aynı zamanda ıslak zemine doğru yönlenmiş ışığın, yansıyarak karşı şeridi rahatsız etmesinin de önüne geçmektedir.

3.2.6. Yüksek Hızlı Yollar Aydınlatma (Otoban Senaryosu)

Araç hızı 90km seviyelerinde ise sistem aktif olarak kısa fardaki far yükseklik motorunu çalıştırır ve far yukarıya kaldırılarak daha ileriyi görmesi sağlanır. Eğer hız daha fazla ise ve xenon far sistemi de mevcut ise sistem gücü 35W'tan 37W'a çıkarılır. Bu sayede 130m seviyelerinde olan aydınlatma 160m seviyelerine taşınmış olur.



Şekil 3.19 – Sistem Kapalı [70]

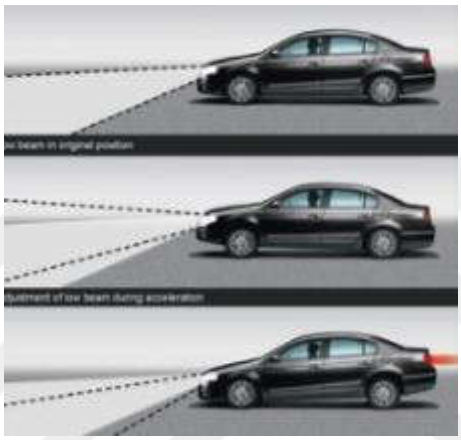


Şekil 3.20 – Sistem Aktif [70]

Şekil 3.19 ve Şekil 3.20 incelendiğinde bu fonksiyonun yüksek hız yapılan yerlerde sağladığı fayda görülmektedir. Sürücü bu sayede daha uzağı görebilmektedir.

3.2.7. Dinamik Far Yüksekliği Fonksiyonu

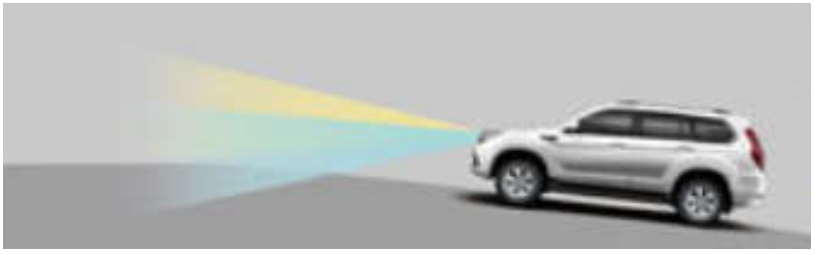
Farların yükseklik ayarlarını aracın durumuna göre dinamik olarak kontrol eden sistemdir. Bu sistem sayesinde, hızlanma sırasında araçların ön tarafları yukarı kalksa bile sistem kendini kontrol etmekte ve gerekli düzeltmeyi yapmaktadır. Hızlanma sırasında farları aşağı yönlendirerek yükseklik ayarını her zaman en iyi görüş ve karsı araçların en az rahatsızlık vereceği duruma getirmektedir. Aynı şekilde fren yapma sırasında da aracın önü yere yaklaştığından, farların yükseklik ayarı değiştirilerek görüş mesafesini korumak amaçlanmaktadır.



Şekil 3.21 – Dinamik Far Yükseklik Kontrolü [74]

Şekil 3.21'de hızlanma ve yavaşlama sırasında far açılarının kontrolü gösterilmektedir. Kesikli çizgiler, dinamik far yükseklik ayarı olmadığı durumu yansıtmaktadır.

Benzer bir durum da yokuş tırmanma ve inişlerde yaşanmaktadır. Şekil 3.22'de görüleceği üzere hızlanma ve yavaşlamadan bağımsız olarak aracın açısı, yani yokuşta olup olmadığı tespit edilip, far açısı düzeltilerek görüş ve konfor arttırılmaktadır.



Şekil 3.22 – Yokuş Otomatik Far Ayarı [75]

Ayrıca bu eğim bilgisi yokuş kalkış destek sistemleri başta olmak üzere daha birçok fonksiyon için de kullanılmaktadır.

3.2.8. Otomatik Uzun Farlar

Otoban senaryosunda olduğu gibi yüksek hızlarda seyir halinde ve özellikle şehir dışı yollarda, daha uzak noktaların aydınlatması hem konfor hem de güvenlik açısından önemlidir. Bunun en kısa yolu ise uzun farların aktif edilmesidir. Ancak bu beraberinde bazı sorunlar da getirmekte, karşı şeritte bulunan sürücüleri rahatsız etmektedir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için karşı şeritte veya kendi önünde araç olup olmadığı kameralar ile kontrol edilerek durama göre uzun farlar açılıp kapatılmaktadır [76].



Şekil 3.23 – Uzun Far ve Otomatik Uzun Far Sembolleri [77]

Şekil 3.23'te de belirtildiği üzere, gösterge panelinde uzun farkların aktif olup olmadığı mavi renkli sembol ile uzun yıllardır kullanılmaktadır. Hemen altındaki yeşil renkli simge ise otomatik uzun far fonksiyonunun aktif olduğunu belirtmektedir. Şekil 3.23'teki örnekte sürücü otomatik uzun far fonksiyonunu aktif etmiş ve kameralar önde veya karşı şeritte araç tespit edemediği için uzun farları açılmış sonucu çıkmaktadır.

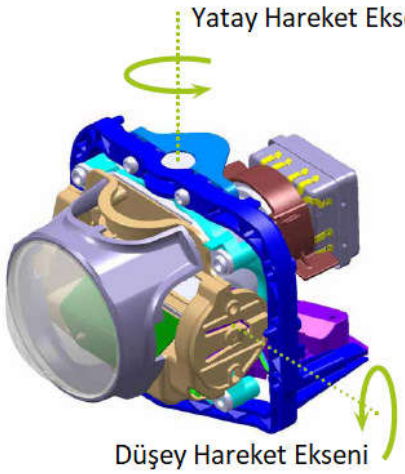


Şekil 3.24 – Otomatik Uzun Far Kullanımı [78]

Araçlardaki far bölgeleri Şekil 3.24'te gösterilmiştir. Dikkat edildiğinde uzun far bölgesinde hem kendi şeridinde hem de karşı şeritte araçlar bulunmaktadır. Bu araçlara rahatsızlık vermemek için uzun farların otomatik hale getirilmesi veya bölgesel karartma gerekmektedir.

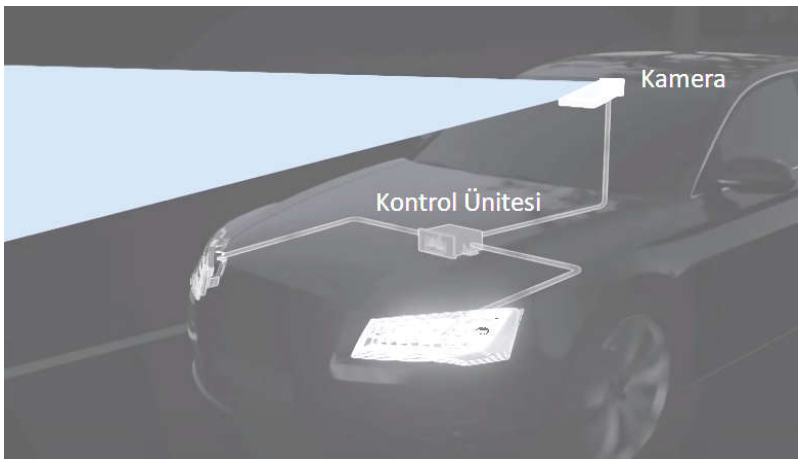
3.3. Bölgesel Karartma Kontrol Sistemleri

Bir önceki bölümde anlatılan klasik far sistemlerinde bölgesel karartma fonksiyonu kısıtlı da olsa gerçekleştirilebilmektedir. Bu fonksiyonun çalışabilmesi için far açılarının hem yatay hem de düşey eksende kontrol edilmesi gerekmektedir. Çift eksenli bu hareketler geleneksel yöntemlerle adım motoru veya servo motorlar yardımı ile olmaktadır. Çift eksen kontrollü far yapısı Şekil 3.25'de görülmektedir.



Şekil 3.25 – Yatay ve Düşey Eksen Kontrollü Far Yapısı [19]

Araçlar, kamera ile alınan bilgileri genellikle, kamera modülünde görüntü işleme algoritmalarıyla işlenmektedirler. Modül tespit ettiği objelere ilişkin işlenmiş bilgileri, aracın gövde kontrol modülünden gelen diğer bilgiler ile daha büyük aydınlatma stratejileri içinde değerlendirilmektedir. Direksiyon açısı, hızlanma, yavaşlama durumu, yağmur durumu, sinyal verilip verilmediği gibi birçok parametre ile harmanlanmaktadır.

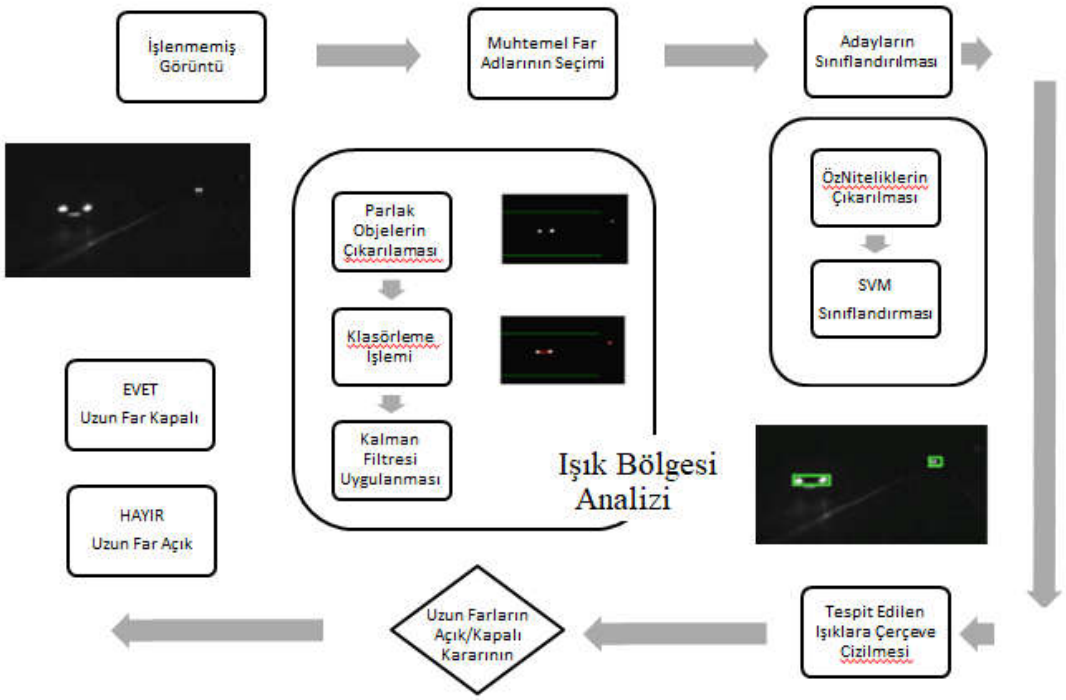


Şekil 3.26 – Akıllı Far Sistemi Kontrol Yapısı [79]

Günümüzde araç tespiti ile ilgili birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olanı ise karşıdaki araçların farlarındaki parlamanın kullanılmasıdır. Şekil 3.27'de gece farları açık halde karşı şeritten gelen bir aracın fotoğrafı bulunmaktadır.



Şekil 3.27 – Far Işıkları Sayesinde Tespit Edilecek Araç [80]



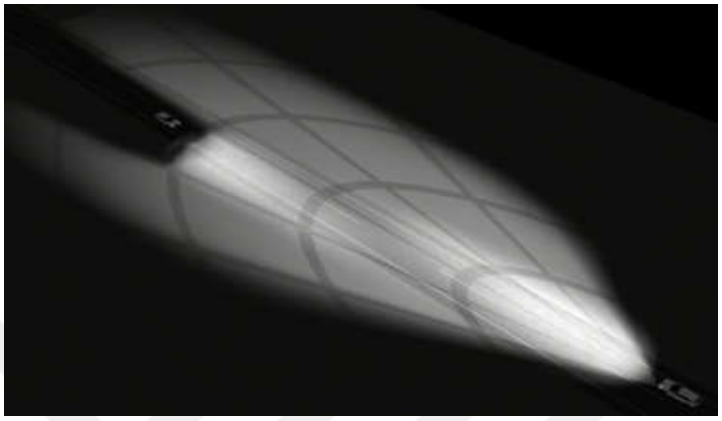
Şekil 3.28 – Far Tespit Akış Diagramı [80]

Kontrol ünitesine, Ethernet, Flexray, CanBus LINBus gibi sayısal haberleşme ile ulaşan bilgiler burada işlenip, motor sürücülerinin de aktif edilmesiyle, ilgili motorların açılarını değiştirmek için elektrik darbelerine dönüştürmektedir.

Bu durum ise far sistemlerinin, kontrol devrelerinin karmaşıklaşmasına ve fiyatının artmasına sebep olmaktadır. Yeni sistem ise; farklı LED gruplarını uygun sıra ile aktif edildiği LED far sistemleridir. Televizyon veya monitör yapılarında olduğu gibi LED far sistemlerinde de çözünürlüğün yüksek olması, farklı senaryolarda ortaya çıkacak detaylı karartma bölgelerinin oluşmasına izin vermektedir [81].

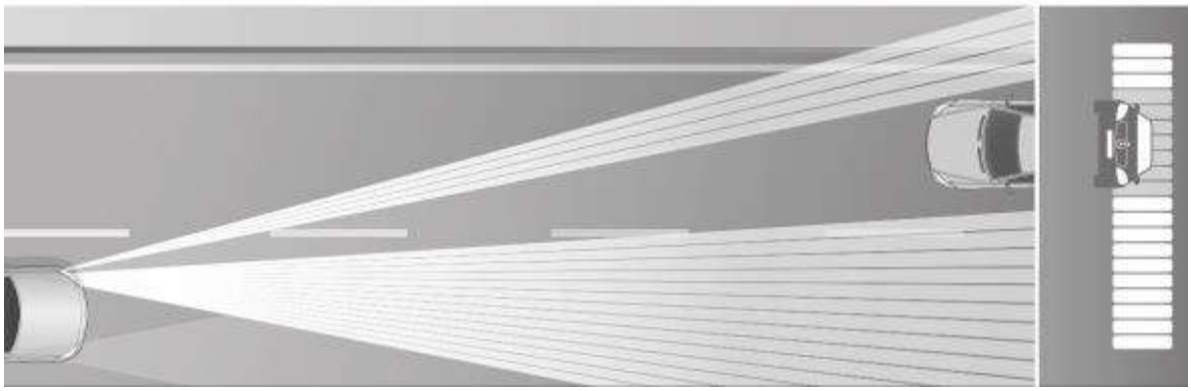
3.3.1. Grid Yapılı LED Aydınlatma

Önceki bölümlerde belirtildiği üzere far ayar motorları hem dişli mekanizmaları hem hareketli mafsallar ve motor gibi birçok parçadan oluşmaktadır. Bunların her bir de hem maliyet, hem hacim, hem de olası arıza riski taşımaktadır.



Şekil 3.29 – SAE Far Asistanı MatrixBeam [82]

Mercedes-Benz firması 2014 yılında "Multibeam LED Headlamps" sistemlerini üst CLS-sınıfı araçları için lanse etmiştir. Bu farlar 24 adet bağımsız ve yüksek performanslı LED kaynağı içermekteydi. Her bir LED birbirinden bağımsız olduğu için ayrı ayrı kontrol edilebilmektedir. Buna paralel olarak sağ ve sol farlar da birbirinden bağımsız olarak trafik ve yol durumuna göre ayrı ayrı kontrol edilebilmektedir. Bu sayede far açısı kontrol motorları devre dışı bırakılmış oldu.



Şekil 3.30 – Grid Yapılı Far Sistemi [81]

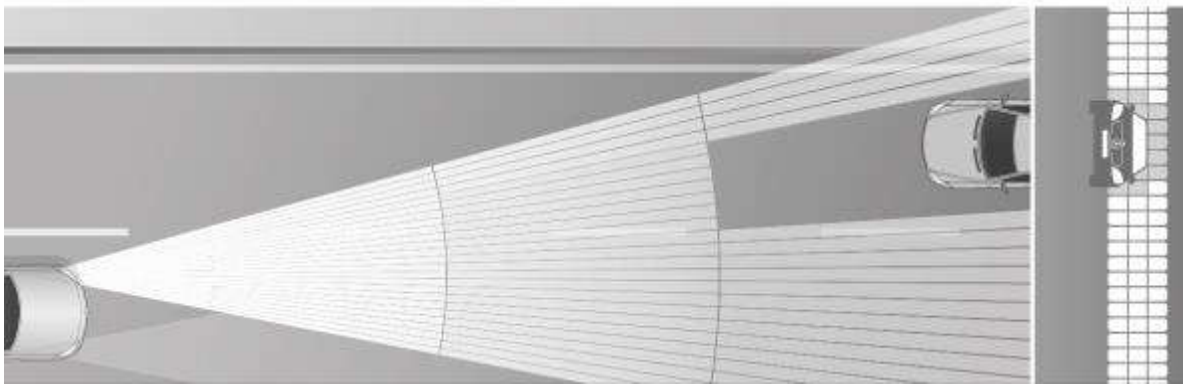
Şekil 3.30'da görüleceği üzere karşıdaki araç çeşitli sistemler sayesinde algılamış (çoğunlukla kamera ve görüntü isleme yöntemleri ve buna destek olan radar sistemleri) olup bölgesel karartma uygulanmıştır.

Bu sistemin hedefi sürekli uzun far durumunda yolculuğun sağlanmasıdır. Mercedes kullandığı LED'ler sayesinde far mesafesini de 485m mertebesine ulaştırmıştır [81]. Mercedes menzil arttırılmasına yönelik çalışmalara devam etmekte olup yakın gelecekte 600m mertebesini aşabilen yeni far sistemlerini kullanıma sunmayı planlamaktadır.

3.3.2. Grid Yapısının Son Örnekleri ve Geleceği

Geçmişte kullanıma sunulan ilk grid yapılı far sistemi, sadece sürekli uzun far fonksiyonu ile ilgili olmuştur. Sürekli uzun far çalışma senaryosu maalesef şehir içi kullanımlarda LED farların öndeki araçları rahatsız etmesi nedeniyle kapatılmasını gerektirmektedir. Bu ilk yapıda maalesef tek sıra LED olduğu için sistem kapatıldığında araç tümden ön far aydınlatmayı kaybedeceği için beraberinde de geleneksel kısa far kullanımını da doğurmaktadır.

Sistemin bu eksikliğini gidermek için kısa far alanının da LED'lerle kontrol edilmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Sonuçta çözüm olarak Şekil 3.31'de görünen çok bölgeli (kısa-orta-uzun) far yapısı bulunmuştur.



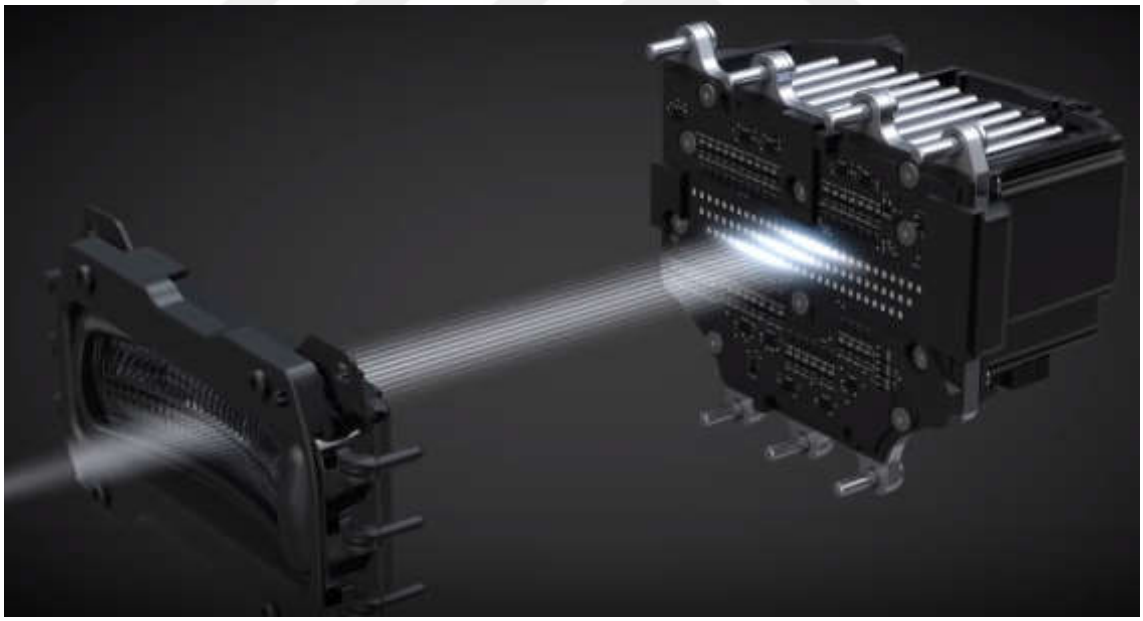
Şekil 3.31 – Çok Bölgeli Far Yapısı (Kısa-Orta ve Uzak Bölgeler) [81]

Bu far yapısı çalışmaları tamamlanmış olup Mercedes E sınıfı Araçlarında kullanıma sunulmuşlardır. Bu sayede, kendi şeridinde araç algılansa bile o aracın hangi bölgede olduğuna bağlı olarak sadece uzun veya orta bölümü aydınlatan LED gurupları kapatılarak kısa far kullanımı taklit edilmektedir. Sonuç olarak öndeki şerit, aynı kısa far durumundaki gibi aydınlatılmakta, önde bulunan araç arkadan yüksek ışığa maruz kalmamaktadır. Bu senaryoda karşı şeritte araç bulunmuyorsa far sistemi bu bölgeyi de aydınlatmaya devam etmektedir.

Şekil 3.32'de görüldüğü üzere, mercek sisteminin arkasında ışığın dağılmasını engelleyen bir tür geçit sistemi ve onun da arkasında LED grubu bulunmaktadır. Ayrıca LED'lerin yüksek güçlü olmasından kaynaklı ortaya çıkan ısının bertaraf edilmesi için alüminyum soğutucu blokları kullanılmıştır. Bu yapı ise Şekil 3.33'te görülmektedir.

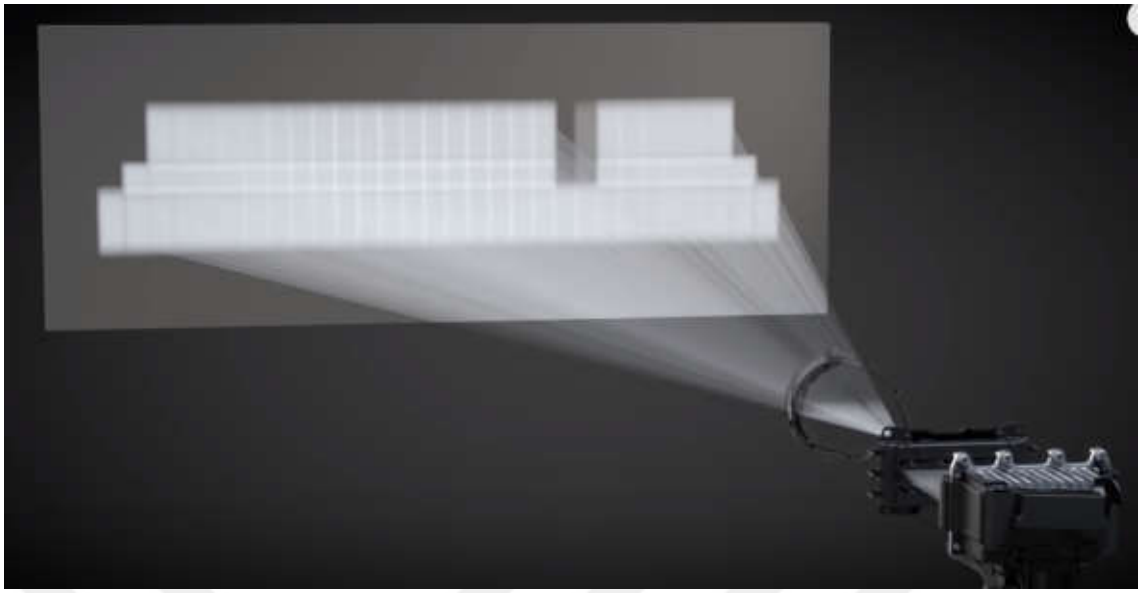


Şekil 3.32 – 84 LED'li Far Grubu İç Yapısı [79]



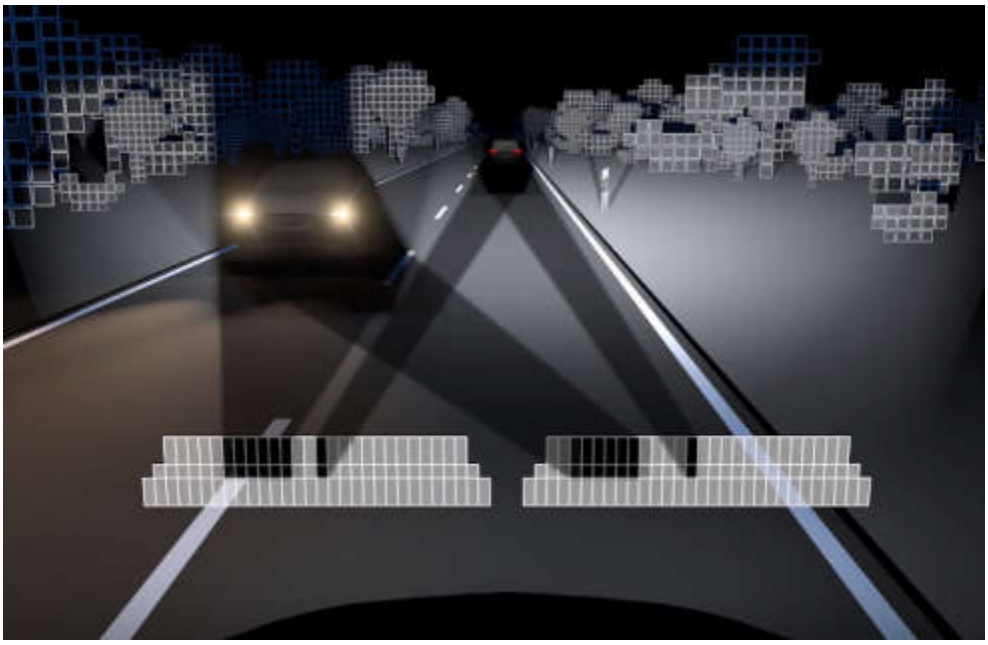
Şekil 3.33 – LED Grubu ve Soğutucu Blokları [79]

Mercedes-Benz "84 Led'li Multibeam Headlamps**"** sistemlerini tanıtmış bulunmaktadır. Burada 3 sıra halinde LED'ler bulunmakta ve Şekil 3.34'ten de görüleceği üzere her bir LED'in de ayrıca parlaklığı kontrol edilebilmektedir.



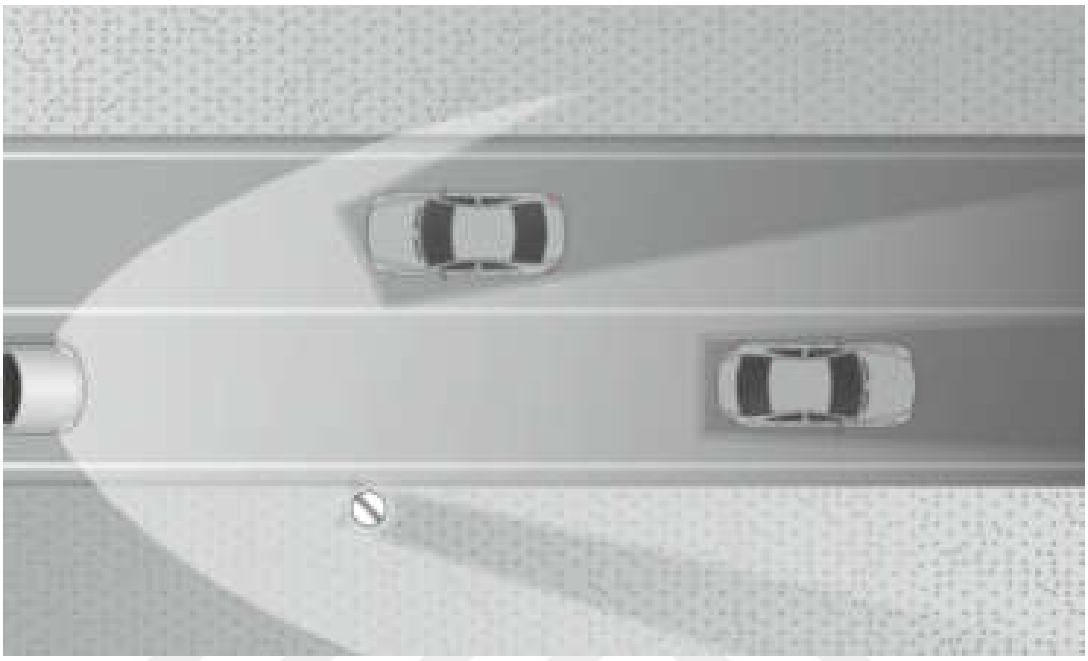
Şekil 3.34 – Bağımsız LED'lerin Kontrolü ve Işık Dağılım [79]

Bu gelişmeler, far yapısındaki karmaşık motorlu sistemlerin kullanımı sonlandırmakta ve yerlerini, üretimi ve kontrolü daha kolay hale gelen devrelere bırakmaktadırlar. Çoklu bölgeli LED yapıları sayesinde, karmaşık yapılı motorlu farlara gerek kalmadan Şekil 3.35'te görüleceği üzere, hem kendi hem de karşı şeritteki araçlar hassas bir şekilde karanlık bölgede bırakılabilmektedir.



Şekil 3.35 – Farklı Şeritlerde Bölgesel Karartma [79]

3 bölgeli LED yapısı sayesinde Bölüm 3.3.2'de belirtilen kısa far için geleneksel far kullanımına da gerek kalmamıştır. LED'leri kontrol ederek kısa far bölesini sadece aktif edebilmekte bu sayede de önünde araç olsa dahi ışığın mesafesini ayarlayabilmektedir.



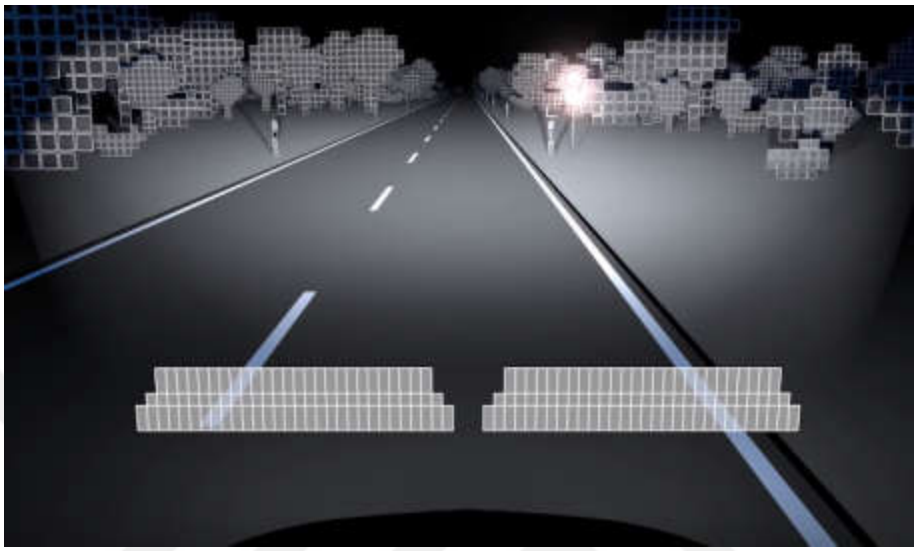
Şekil 3.36 – Farklı Şeritlerde Bölgesel Karartma Üstten Görünüş [83]

Şekil 3.35 ve Şekil 3.36'da çok bölgeli far yapısı ile gerçekleştirilebilecek aydınlık ve karanlık bölgeler görülmektedir. Aynı anda hem kendi şeridinde hem de karşı şeritteki araçlar bölgesel olarak karanlıkta bırakılabilmektedir. Bu sayede de her iki şeritteki sürücüler için konforlu ve güvenli yoluculuk sağlanmış olmaktadır.

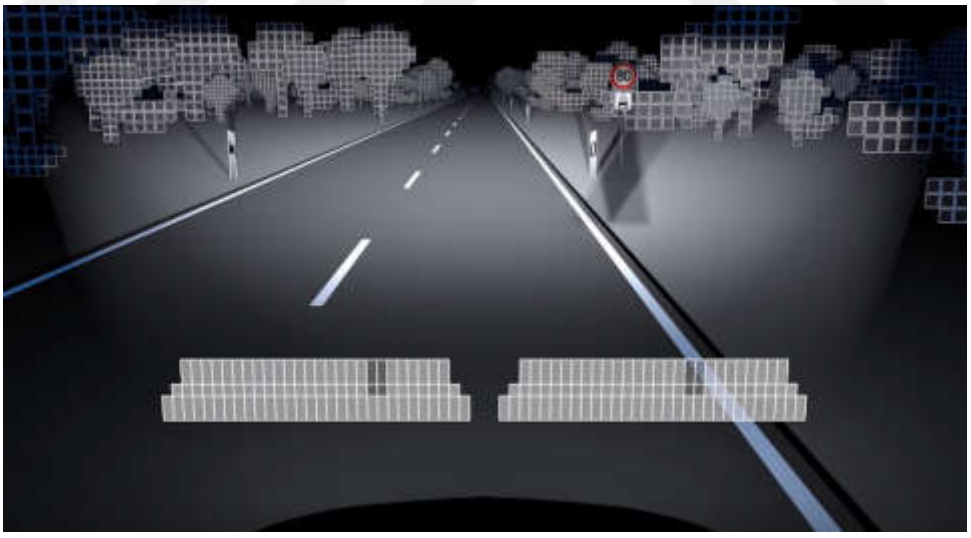
Görüntü işleme teknikleri geliştikçe ve daha hassas bir şekilde cisimler algılanabilir hale geldikçe Şekil 3.36'da görüleceği üzere aracın yol kenarındaki işaret ve uyarı levhalarını da tanıması sağlanmıştır. İşaret levhaları sayesinde yolculuk esnasında hız limitlerinin de otomatik olarak ayarlanması hedeflenmekte bu sayede araçların hız limitlerine uyması da hedeflenmektedir.

Levhaların tanınmasında far sistemlerine olan etkisi incelendiğinde ise uygun olmayan aydınlatmanın bu levhalar üzerinde parlamaya sebep olduğu anlaşılmıştır. Bu sebeple levhaların ve uyarı tabelalarının tespiti sonrasında bu bölge üzerine düşen ışık miktarı LED'lerin bağımsız olarak kontrol edilmesi özelliği sayesinde kontrol edilmektedir.

Trafik işaretleri üzerine düşen ışığı iyi bir şekilde yansıtmaktadırlar bu sebeple de parlama olmakta ve net olarak görülememe sorunu oluşmaktadır. Bu riskin önüne geçmek için kamera modülü trafik işaretlerini de tanımlayacak şekilde programlanmış ve buna uygun donatılmıştır.



Şekil 3.37 – Trafik işaretinin Tanımlanması [79]



Şekil 3.38 – Trafik işaretine Yönelen Işığı Şiddetinin Azaltılması [79]

Trafik işaretlerinin tespit edilmesinden sonra far modülü uygun karartma için gerekli hesaplamaları yapmış ve ilgili bölgenin parlaklığı azaltılmıştır. Şekil 3.37 ve Şekil 3.38 bu senaryoya ilişkin görüntülerdir.

Trafik işaretleri ve araç tanıma fonksiyonları beraber yorumlanması sayesinde yol kenarında duran arızalı araçların da tespiti ve aydınlatılması da sağlanabilmektedir.



Şekil 3.39 – Arızalı Araç Tespiti [79]



Şekil 3.40 – Arızalı Araç Tespiti [79]

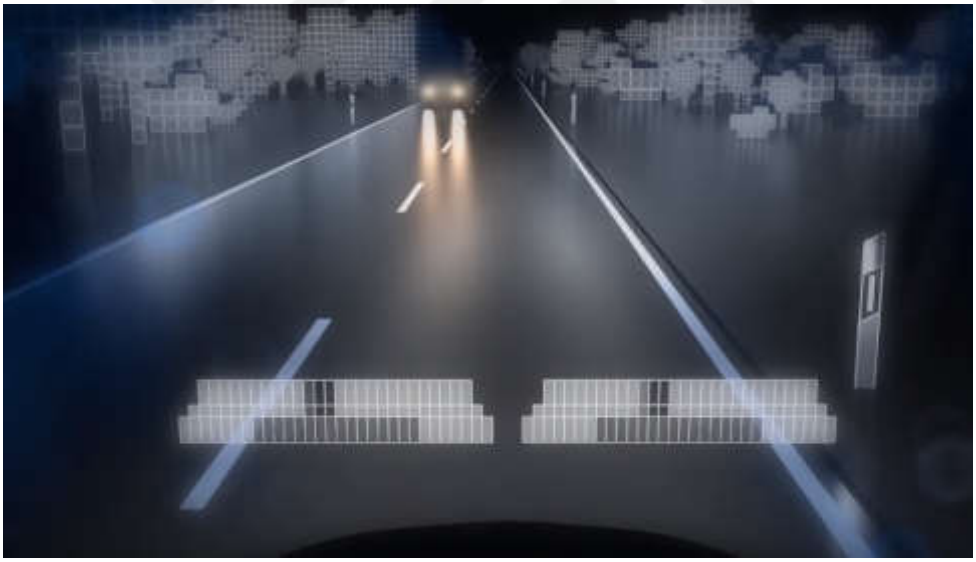
Arızalı araç senaryosunda, virajın içinde arıza yapmış olan araç akıllı far sistemi olmasaydı çok geç fark edilecekti. Bu sistem sayesinde, önce viraj tespit edilmiş farlar viraj açısına göre yönlendirilmiş, sonrasında da viraj içindeki arızalı araç tespit edilip sürücü uyarılmıştır.

Bu tür zor durumlar için ayrıca araçlar arası haberleşme sistemleri üzerinde de çalışılmaktadır. 802.11p olarak belirlenmiş standartlar çerçevesinde arızalı araç çok daha öncesinde kablosuz sinyal yollayarak yoldaki tüm araçları uyaracaktır.

Akıllı far sistemleri sayesinde kötü hava şartları durumda özellikle, ıslak zeminden yansıyan ışığın azaltılmasına ilişkin de fonksiyonlar bulunmaktadır [79].



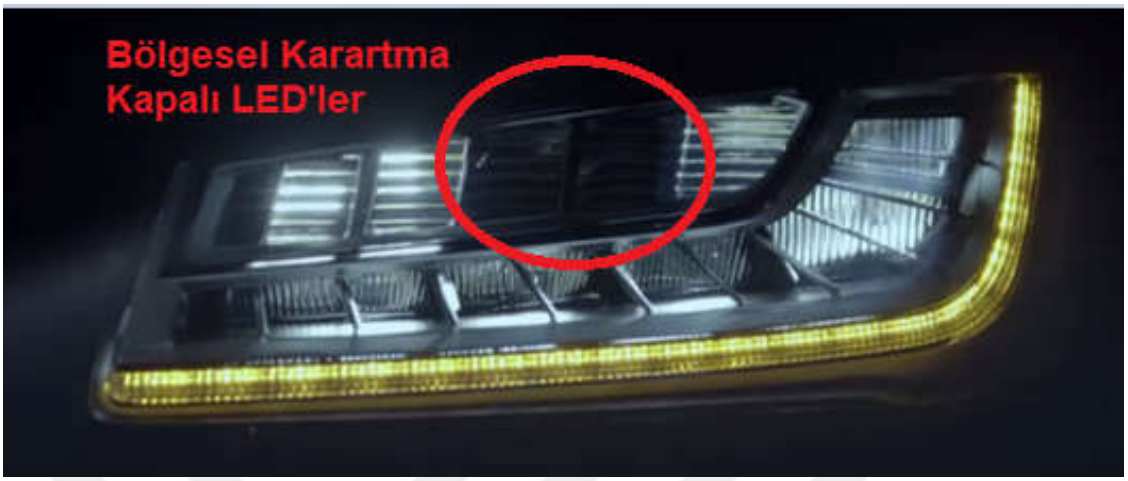
Şekil 3.41 – Yansıma Engelleme Özelliği Devre Dışı Olduğu Durum [79]



Şekil 3.42 – Yansıma Engelleme Özelliği Devre Olduğu Durum [79]

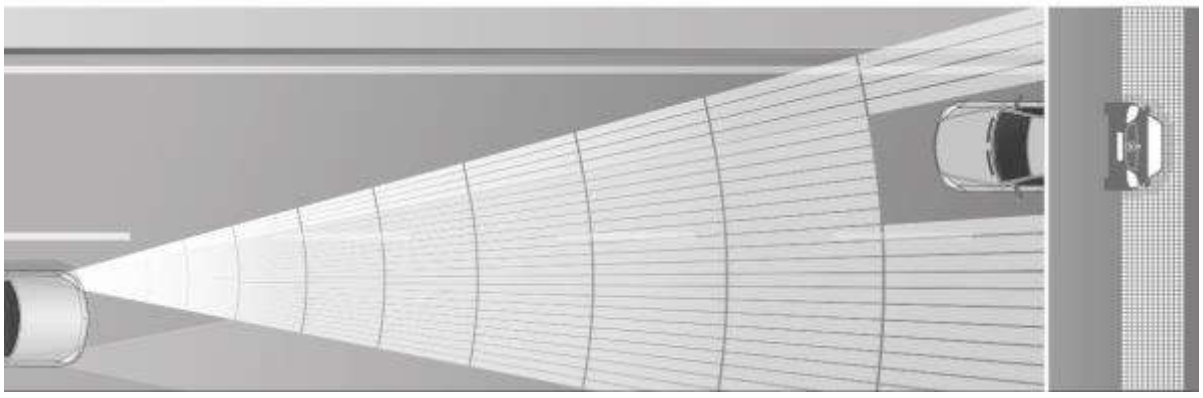
Şekil 3.41'de görüleceği üzere yansıtma özelliği bulunmayan farlarda, tüm LED'ler aktif olacağı için en alt sıradaki LED gurubu yere yakın bölgeyi aydınlatacak bunun sonucunda da karşı şeritteki araç yerden yansıyan ışıktan rahatsız olacaktı. Fakat Şekil 3.412'de de görüleceği üzere en alt sıradaki LED gurubunun parlaklığı azaltılarak yerden yansımaların önüne geçilmiştir.

Benzer bir LED sistemi Audi araçlarında da kullanıma sunulmuştur. Şekil 3.43'te Audi üst sınıf A8 araçlarında kullanıma sunulan akıllı far sistemi görseli yer almaktadır.



Şekil 3.43 – Audi A8 Sınıfı Araçlardaki LED Kontrollü Far Yapısı [79]

Gelecekte ise LED sayısının arttırılarak hassasiyetin de arttırılması planlanmaktadır. Orta vade için 1024 LED'li sistemler için otomotiv yan sanayi firmaları ve LED üreticileri firmaları şimdiden çalışmalara başlamışlardır. Bunlardan bazıları ise Infineon, Osram, Fraunhofer Gesellschaft IZM, Hella ve Daimler'dir.



Şekil 3.44 – Çok Bölgeli Far Yapısı (1024 LED) [81]

Bu sayede araçların farlarında Şekil 3.44'de görüleceği üzere yüksek çözünürlüklü LED gruplarının varlığı sayesinde sürüşler daha da konforlu ve güvenli olacaktır.

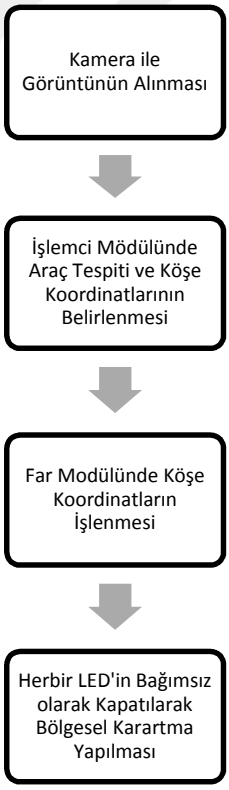
4. Bölüm – UYGULAMA

4.1.Giriş

Bu bölümde, otonom araçlarda kullanılan işlemci modülünü kullanarak görüntü işleme ve hesaplarının merkezi tek noktadan gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu sayede araçlar üzerinde her görev için ayrı bir modül kullanımının önüne geçilmiştir.

4.2. Uygulama Şeması Blok Diyagramı

Çalışma dört aşamalı uygulama bölümünden oluşmaktadır. İlk olarak kamera ile 640x480 çözünürlükte, 60 kare/sn ile anlık görüntüler USB portu üzerinden işlemci ünitesine aktarılmaktadır. Sonra araç yeri tespit edilip ilgili koordinatlar far modülüne aktarılmakta, daha sonra bu modülde koordinatlar işlenmektedir. Son olarak ise aracın olduğu bölgedeki LED'ler kapatılarak bölgesel karartma uygulanmaktadır. Böylece diğer araçlardaki sürücülerin gözleri kamaşmamaktadır. Şekil 4.1'de uygulamanın blok diyagramı görülmektedir.



Şekil 4.1 – Uygulama Blok Diyagramı

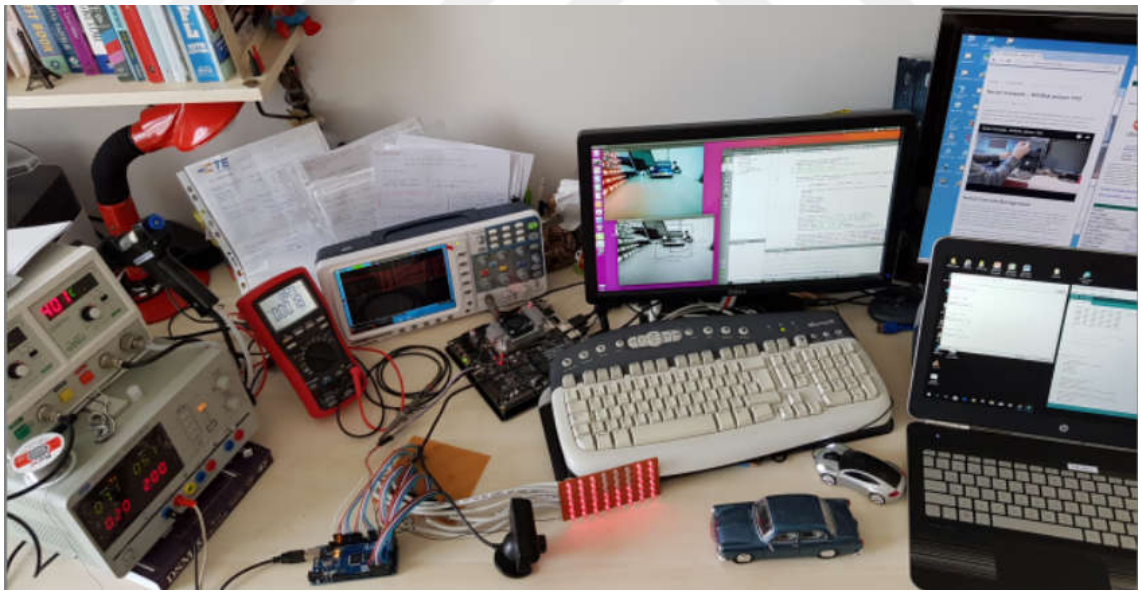
Geliştirme kiti üzerinde Nvidia işlemcileri için özel olarak derlenmiş Linux Ubuntu

16.04 LTS işletim sistemi bulunmaktadır. Bu işletim sistemi üzerine de QT yazılım geliştirme ortamı kurulmuştur. C++ ve OpenCV kütüphaneleri ile geliştirilen bu yazılım sayesinde kameradan alınan görüntüler işlenmektedir. İşlem sonucu oluşturulan karanlık bölge çerçevesi 115kBoud hızıyla seri port'tan far kontrol devresine ulaşmaktadır. Bu modül üzerinde geliştirilen diğer yazılım parçasıyla seri port üzerinden gelen 8bit lik data paketleri açılarak içinde yer alan karanlık bölge çerçeve koordinatları ayıklanmaktadır.

Buradaki diğer bir yazılım fonksiyonu ise dijital portları yöneterek uygun olan LED'leri sadece değişim olan bölgelerde açıp, kapatmaktadır. Bu sayede de anlık olarak araç yeri koordinatlarına göre karanlık bölge anlık olarak güncellenmektedir.

4.3. Geliştirme Süreci

Yapay zekâ uygulamalarını ve gelişmiş grafik ara yüzleri ile araç içi eğlence sistemlerini yönetebilecek esnekliğe sahip olan Nvidia TX serisi işlemcileri ile bu uygulama geliştirilmiştir.

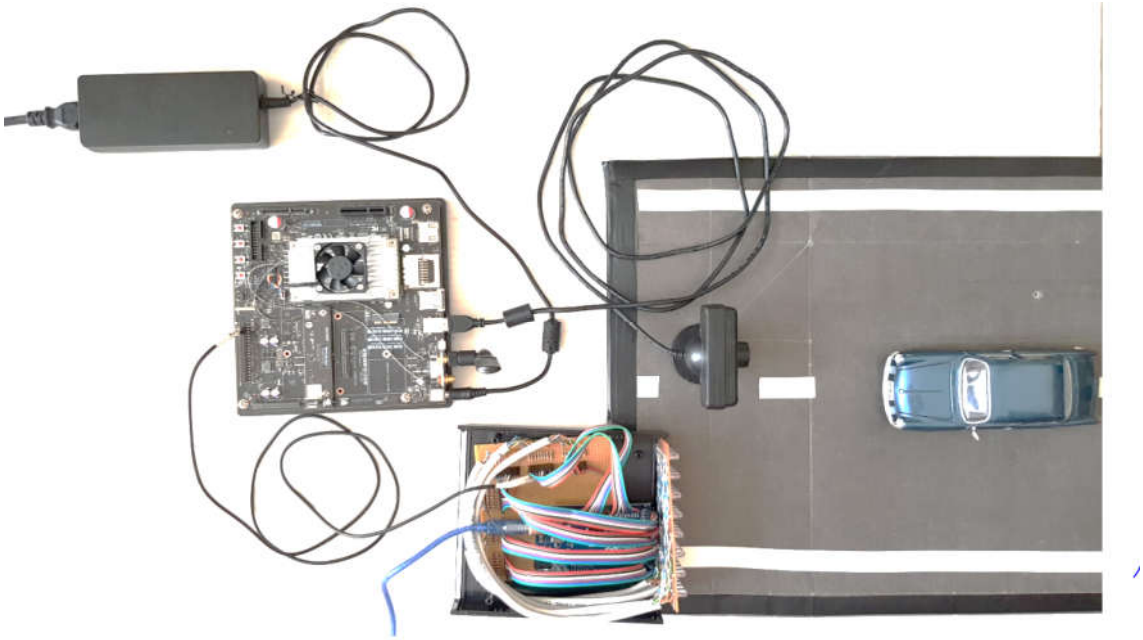


Şekil 4.2 – Proje Geliştirme Süreci

Şekil 4.2'de yer alan geliştirme sürecinde Linux ve QT ile ilgili yapılan çalışmalardan da ayrıca sistemin esnekliği ve farklı uygulamalar için de kullanılabileceği anlaşılmıştır. Yüksek seviye diller ile gerçekleşen yazılım geliştirme sürecinde de hem QT hem OpenCV hem de Nvidia geliştirici gruplarının çalışmaları incelenmiştir.

4.4. Deney Seti Bileşenleri

Projenin amacının, aracın tespiti ve buna göre de Grid yapılı LED far üzerinde uygun bölgelerin karartılması olduğu düşünüldüğünde öncelikle, LED dizlerinden oluşmuş far, tespit edilecek araç, kamera ve hesaplama işlemlerinin yapılacağı işlemci üniteleri gerekmektedir.



Şekil 4.3 – Demo seti – Nvidia Jetson – Far Grubu – PS3 Kamera

Şekil 4.3'te görüleceği üzere sistemin ekran olmadan çalışabilmektedir. Kameradan alınan görüntü Nvidia deney seti üzerinde işlenerek seri kablo ile far grubunun içindeki Arduino devresine gerekli verileri yollamaktadır. Arduino devresi üzerinde geliştirilen diğer bir yazılım ile ilgili LED'ler aktif edilirlerken, aracı karanlıkta bırakacak diğer LED'ler söndürülmektedir.

4.4.1. Ana İşlemci Ünitesi

Nvidia Jetson geliştirme bordu öncelikle barındırdığı yüksek işlem kapasitesi ve Linux üzerindeki esnek yazılım geliştirme ortamlarının varlığı sayesinde tercih edilmiştir. Ek olarak otomotiv ana sanayi devlerinin ve birincil yan sanayilerinin de otonom araçlardan, araç içi eğlence sistemlerine kadar birçok farklı amaç için tercih etmekte olduğu bir platform olması da bu projede diğer belirleyici diğer etken olmuştur [84].

Jetson Modülü hem yüksek hızlı CPU çekirdekleri hem de yine Nvidia tasarımı olan CUDA çekirdeklerine sahip yüksek hızlı GPU yapılarını barındırmaktadır. Tablo 4.1'de bu ve diğer kritik donanım özellikleri belirtilmiştir.

Tablo 4.1 – Nvida Jetson Bord Özellik Tablosu [85]

GPU	NVIDIA Pascal™, 256 CUDA çekirdeği
CPU	HMP Dual Denver 2/2 MB L2 +
	Quad ARM® A57/2 MB L2
VİDEO	4K x 2K 60 Hz Kodlama (HEVC)
	4K x 2K 60 Hz Kod Çözme (12 Bit Destek)
BELLEK	8 GB 128 bit LPDDR4
	59.7 GB/s
EKRAN	2x DSI, 2x DP 1.2 / HDMI 2.0 / eDP 1.4
CSI	6'ya kadar Kamera (2 Hat)
	CSI2 D-PHY 1.2 (Hat başına 2,5 GB/s)
PCIE	Gen 2 | 1x4 + 1x1 OR 2x1 + 1x2
VERİ DEPOLAMA	32 GB eMMC, SDIO, SATA
DİĞER	CAN, UART, SPI, I2C, I2S, GPIOs
USB	USB 3.0 + USB 2.0
BAĞLANABİLİRLİK	1 Gigabit Ethernet, 802.11ac WLAN, Bluetooth
MEKANİK	50 mm x 87 mm (400 Pin Uyumlu Karttan Karta Konnektör)

Nvida geliştirme kiti üzerine işletim sistemi olarak Ubuntu (Nvidia Jetson borda özel olup Nvidia Jetpack firmware yapısıyla kurulması önerilmiştir) kullanılmıştır. Yazılım geliştirme ortamı olarak QT ve derleyici olarak C++ tercih edilmiştir. Görüntü işleme, analiz yöntemleri içinse OpenCV, kolay kullanılabilir filtre yapıları ve fonksiyonları nedeniyle tercih edilmiştir. Yazılan fonksiyonların çıktısı Jetson geliştirme bordu üzerindeki UART RS232 seri port ile far modülündeki kontrol kartına iletilmiştir.

4.4.2. Grid LED Far Yapısı

Yatayda 6 sıra ve düşeyde 8 sütundan oluşan toplam 48 LED barındıran ve her bir LED birbirinden bağımsız olarak sürülebildiği far tasarımı gerçekleştirilmiştir. Far yapısında, karanlık bölgenin, gün ışığı altında daha rahat takip edilebilmesi için kırmızı renkli LED'ler tercih edilmiştir. LED'lerin parlaklığını kontrol eden ön dirençler, Arduino board'un port ve pin başına sürebileceği maksimum akımlar göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Yaklaşık 3.3mA LED başına akıma izin verecek dirençler kırmızı LED

voltaj düşümü de göz önünde bulundurularak 1K ohm olarak belirlenmiştir. Bu sayede arduino port başına akım limiti aşılmazken USB port üzerinden çekilen toplam akım da 200mA altında kalması sağlanmıştır. USB üzerinden devrenin enerji ihtiyacı karşılanarak bilgisayar bağlantısı da gerçekleştirilmiş gelen mesajlar seri port izleyici ile takip edilmiştir.

Far modülü içine Arduino devresini de barındıracak şekilde ön dirençler, USB ve seri port bağlantıları yerleştirilmiştir. Seri portun bir diğer önemli özelliği ise arduino devresi ile Nvidia deney seti arasında ortak toprak bağlantısı oluşturmasıdır. Pin6-GND, Pin8-Transmit, Pin10-Receive bağlantı noktalarıdır. Projede tek taraflı haberleşme yapıldığı için pin10 kullanımına gerek kalmamıştır.

4.4.3. Far Modülü İşlemci Ünitesi

Grid yapılı far modülü üzerinde bulunan 48 LED'in birbirinden bağımsız olarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Arduino Mega devresi, üzerindeki tümleşik giriş ve çıkış bağlantıları ile bu ihtiyacı karşılamaktadır.

Ayrıca Nvidia Jetson bordu üzerindeki UART çıkışından 115.200bps "Bit Per Second – saniyedeki bit sayısı" hız ile RS232 yapısında gelen veri paketinin açılması ve işlenmesi için de gerekli flash bellek RAM/ROM ve işlem hızına sahip olması, far modülünün kontrol kartı görevi için bu kartı uygunluğunu göstermiştir.

Tablo 4.2 – Arduino Mega 2650 R3 Özellik Tablosu [86]

Microcontroller	ATmega2560	**DC Akım per I/O Pin**	20 mA
Çalışma Voltajı	5V	**DC Akım for 3.3V Pin**	50 mA
Giriş Voltajı	7-12V	**Flash Bellek**	256 KB (8 KB boot)
Giriş Voltaj Limiti	6-20V	**SRAM**	8 KB
Digital Giriş/Çıkış	54 Adet (15 PWM)	**EEPROM**	4 KB
Analog Giriş	16	**Clock Speed**	16 MHz

Tablo 4.2'de Arduino Mega geliştirme kitine ait özellikler belirtilmiştir. Proje için gerekli 48 LED çıkışı toplamda devre üzerinde bulunan 54 adetlik Digital I/O pinleri kullanılmıştır. Pin bloklarının toplam akım kapasite sınırlarına dikkat edilmiştir.

4.4.4. Kamera

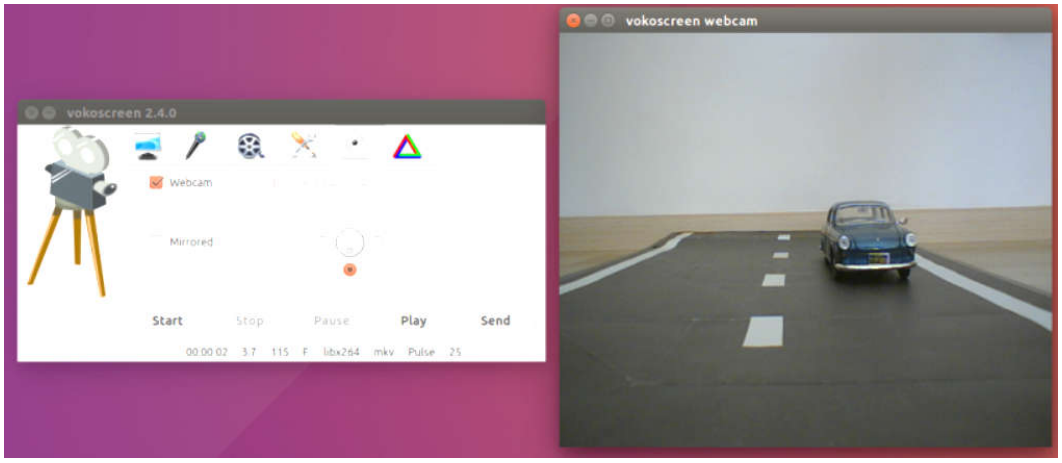
Araç tespiti için Nvidia Jetson geliştirme bilgisayarının dışarıya açılan görme fonksiyonu Playstation3 kamera ile yapılmıştır. Uygun sürücü yazılımlarının bulunuyor olması ve 640x480 pikselden oluşan renkli görüntüsü bu proje için uygun görülmüştür. Ayrıca bulunabiliyor olması ve ucuz olması da tercih sebeplerindendir [87].

Tablo 4.3 – Kamera Özellikleri [88]

Cihaz Tipi	WEB Kamerası
Video Çözünürlük	640 x 480 @ 60 fps
	320 x 240 @ 120 fps
Yatay Açı	56 - 75 derece
Renk	Renkli ve Siyah Beyaz Kayıt
Ses Girişi	Dahili Mikrofon
Bağlantı	USB 2.0

Tablo 4.3'te görüleceği üzere iki farklı çözünürlük desteği mevcut olup bu uygulamada, 640x480 çözünürlük ve saniyede 60 kare oynatma hızı kullanılmıştır.

Kamera kurulumu gerçekleştikten sonra çalışırlık kontrolünün yapılması önem arz etmektedir. Bunun için Şekil 4.4'teki Linux webcam uygulaması olan Vokoscreen adlı program kullanılmıştır. Böylece kameranın sorunsuz çalıştığı gözlenmiştir.



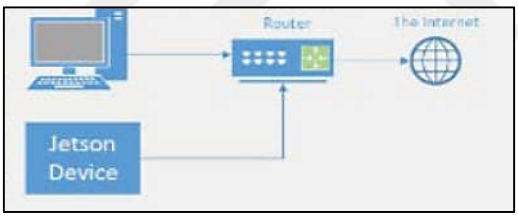
Şekil 4.4 – Vokoscreen Webcam Uygulama Görüntüsü

4.5. Yazılım Geliştirme

Projede 2 farklı platform üzerinde iki ayrı yazılım bloğu bulunmaktadır. Bunlardan ilki Nvida platformu üzerinde QT geliştirme ortamında C++ ile derlenmiş yazılım kodları diğeri ise arduino platformu üzerinde kısmen C yapısı içinde üretilmiş kodlardır.

Nvidia işletim sisteminin yüklenmesi ağ bağlantısı ile kablo üzerinden yapılmaktadır. Bu sebeple bilgisayar üzerinde fiziki olarak RJ45 ethernet bağlantısının olması gerekmektedir. Geliştirme kitinin Nvidia mimarisine sahip olması nedeniyle bilgisayar seçiminde de Nvidia grafik ünitesine sahip bir ürün tercih edilmiştir.

Nvidia işletim sisteminin ve temel yazılımların yüklenebilmesi için öncelikle PC üzerindeki işletim sisteminin Ubuntu olması gerekmektedir. Harici bir disk veya ikincil bir işletim sistemi ya da ana işletim sistemini Linux Ubuntu derlemesi olarak çalıştırmak gerekmektedir. Bir sonraki adım ise Nvidia sitesinden hesap açılarak Jetpack (içinde Jetson geliştirme kitinin işletim sistemi ve gerekli yardımcı yazılımları barındıran hazır paket) indirilmelidir. Sonrasında ise aynı ağ bağlantı noktasına hem Nvidia kiti hem de uygun ubuntu sürüme sahip PC ağ kablolarıyla bağlanmalıdır.



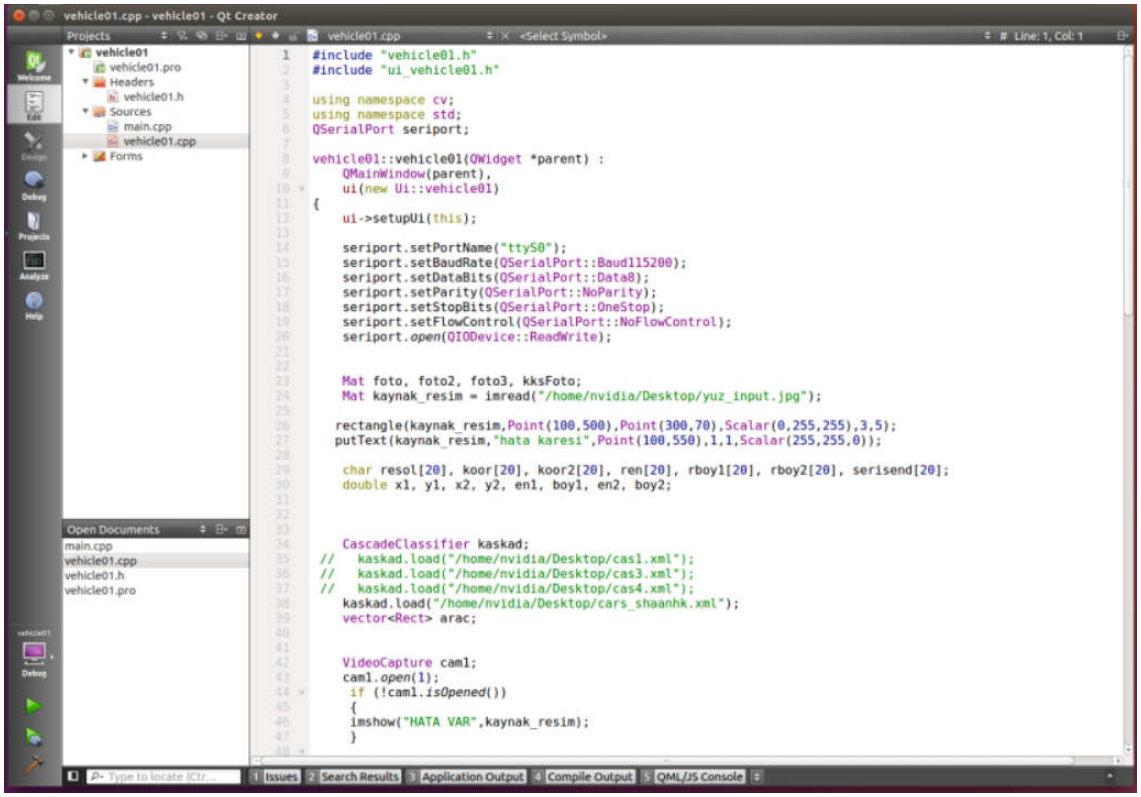
Şekil 4.5 – Jetpack Kurulum Router Bağlantı Şeması [89]

Ana kurulum dosyaları öncelikle bilgisayara indirilmeli ve orada tekrar paketlendikten sonra aynı seviye IP alması gereken Nvidia Jetson geliştirme kitine aktarılmalıdır. Bu işlemden sonra internetten gerekli kalan indirmeler de otomatik gerçekleşecek ve işlemler bittikten sonra Nvidia Jetson geliştirme kiti kendi başına işletim sistemi üzerinden kullanıma hazır hale gelecektir. Şekil 4.5'de kurulum ekranı bulunmaktadır.

Sonraki adım olarak Jetson geliştirme kiti için özel derlemesi yapılmış QT IDE (yazılım geliştirme ara yüzü) yüklenmiştir. QT, işlevi açısından çok kullanılan Visual Studio geliştirme ara yüzü ile birçok noktada benzerlikler göstermektedir. QT ayarlarının da Nvidia Jetson'a göre yapılandırılması gerekmektedir. ARM mimarisindeki 64bit işlemci yapısına sahip olan geliştirme kitinin ayarlarda özellikle belirtilmesi gerekmektedir.

Son olarak yazılım geliştirme sürecinde Jetpack ile hazır olarak yüklü gelen veya sonradan da kurulabilecek OpenCV kütüphanelerinin QT ye adreslerinin eklenmesi gerekmektedir.

Jetpack paketi içinde yazılım geliştirme ara yüzleri bulunmamaktadır. QT veya Eclips gibi bir yazılım geliştirme ara yüzü kullanılması, yazılan kodun takip edilmesi ve hata ayıklama sırasında kolaylıklar sağlamaktadır.

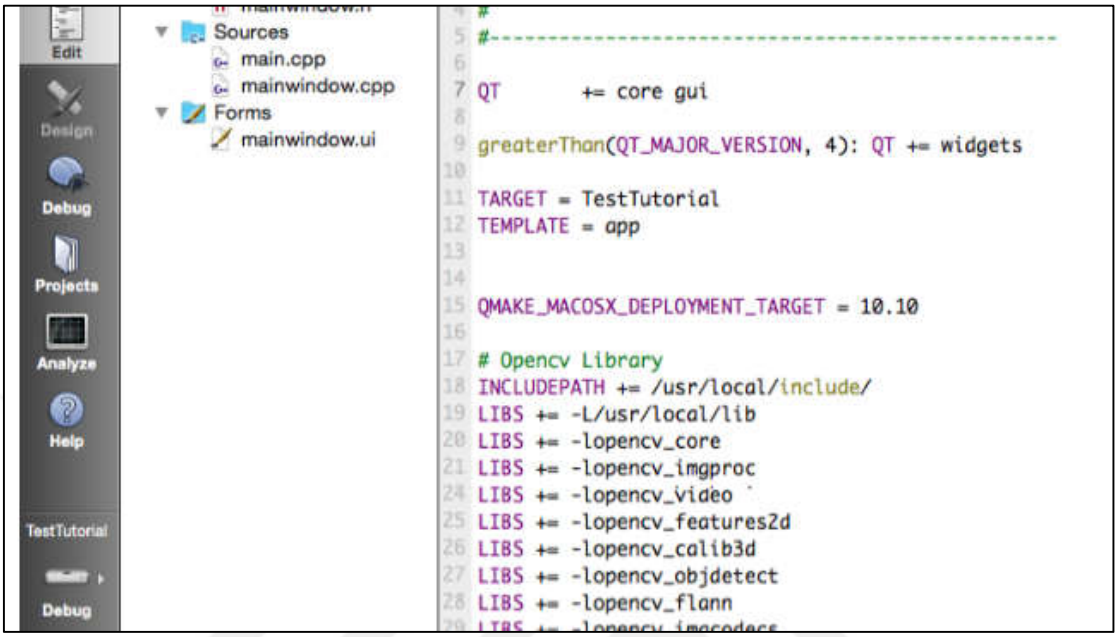


Şekil 4.6 – QT Yazılım Geliştirme Ara yüzü

Bu yüzden QT tercih edilmiş ve jetson modülüne uygun olarak derlenmiş Şekil 4.6'da ara yüzü bulunan QT sürümü kurulmuştur. ARM yapısına göre de yazılım geliştirme ayarları yapılmıştır. QT genel amaçlı bir yazılım geliştirme ortamı olduğu için bu ayarların işlemci mimarisine göre doğru şekilde yapılandırılması gerekmektedir.

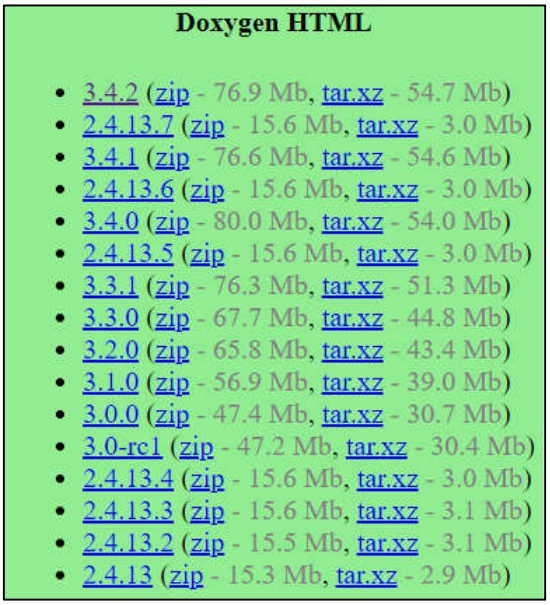
Görüntülerin hatasız olarak alınabilmesi için kameranın sürücülerinin doğru bir şekilde kurulmuş olması gerekmektedir. Jetson projelerinde kamera için PC/x86 yapısına uygun Ubuntu sürücüleri kullanılamamaktadır. Arm mimarisine sahip Nvida Jetson kiti için özel olarak sürücülerin derlenmesi gerekmektedir.

Bir sonraki adım, Jetpack paketi ile gelen OpenCV kütüphanelerinin QT üzerinden Şekil 4.7'de ki gibi eklenmesidir. Bunun için "**INCLUDEPATH ve LIB +=**" komutlarıyla bulunan kütüphanelerin disk üzerindeki konumları belirtilmelidir.



Şekil 4.7 – OpenCV kütüphanelerinin Tanıtılması

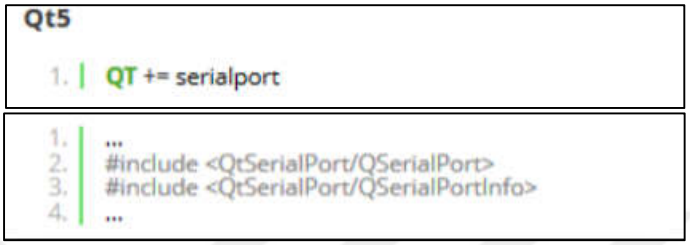
Kullanılacak fonksiyonlara göre hangi kütüphanelerinin eklenmesi gerektiği OpenCV sitesi üzerinden kontrol edilmelidir. Şekil 4.8'de bulunan OpenCV sitesindeki kontrollerde kullanılacak kütüphanelerin hangi sürüme ait olduğu oldukça önemlidir.



Şekil 4.8 – OpenCV farklı Sürümleri [90]

OpenCV fonksiyonları hiyerarşik yapısı zaman içinde farklılıklar göstermiş ve bazı fonksiyonlar ilerleyen sürümlerde farklı kütüphanelerin içinde yer almıştır.

Bir sonraki adım QT ara yüzüne Şekil 4.9'da gösterildiği biçimde seri port haberleşme kütüphanelerinin eklenmesi, kullanılan QT sürümü veya kurulum seçeneklerine bağlı olarak değişkenlik göstermesi nedeniyle eğer seri port fonksiyonları QT ara yüzü tarafından tanınmıyorsa, bu kütüphanelerin de QT ye eklenmesi gerekmektedir.



Şekil 4.9 – Seri Haberleşme Çıkışlarının Tanıtılması

Seri bağlantının hatasız olarak çalıştığının da kontrolü yapılması için üçüncü parti bir yazılım olan "Putty" adlı program tercih edilmiştir. Windows üzerinde "hyper terminal" adlı programa benzer bir yapıda olan bu program ile kod geliştirmeye başlamadan önce basit mesajlar gönderilerek haberleşme hattının çalıştığı kontrol edilmiştir.

Osiloskop'tan da mesaj trafiği takip edilerek doğru çalıştığı teyit edilmelidir. Nvidia deney setinde Linux üzerinde com port ttyS0 olarak görülmektedir.

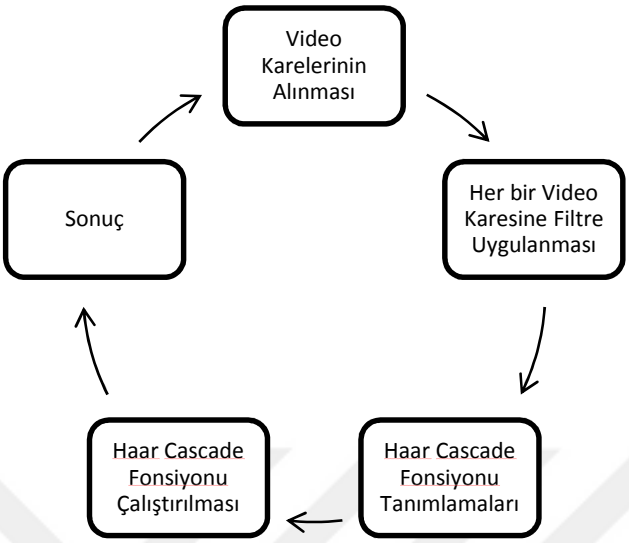
Nvidia üzerindeki yazılım ana omurgası 3 ana grupta incelenebilir. Şekil 4.10'daki tanımlamaları yaparak kullanılacak fonksiyon kütüphanelerinin ve buna bağlı olarak seri port haberleşmesinin hazır hale getirilmesi, kameranın açılması, akış halinde gelen görüntülerin ayrı resim kareleri olarak işleme hazır hale getirilmesi bulunmaktadır.



Şekil 4.10 – Yazılım Geliştirme Faz 1 – Ön Tanımlamalar

Seri port fonksiyonlarını kullanabilmek için gerekli ön tanımlamalardan sonra veri tipinin yapılandırıldığı blokların hazırlanması gerekmektedir. Burada haberleşme hızının 115200 Bps olacağı, verinin 8bit olacağı gibi tanımlamalar yapılmaktadır.

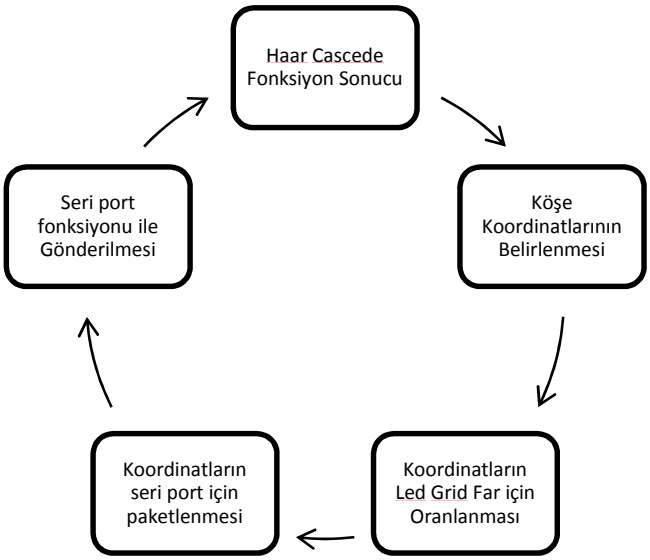
Şekil 4.11'de bulunan ikinci faz ise alınan her bir video karesinin filtreler ile araç tanıma fonksiyonuna hazırlanması, bu fonksiyonunun sürekli döngü içinde çalışmasıdır.



Şekil 4.11 – Yazılım Geliştirme Faz 2 – Görüntü İşleme

Obje tanıma için Haar Cascade fonksiyonu seçilmiştir. Tek tek açılan video kareleri öncelikle renk uzayı dönüşümü ile siyah beyaz forma dönüştürülmekte ve öğretilmiş bir kaynak dosyası ile tanıma fonksiyonu çalıştırılmaktadır.

Son fazda ise Şekil 4.12'de, araç tanıma fonksiyonundan çıkan verilerin, uygun bir yapıya dönüştürülmesi, paketlenmesi ve seri port ile gönderilmesi yer almaktadır.



Şekil 4.12 – Koordinatların Data Paketleri Yapısına Dönüşümü

Arduino bordun işlem hızı ve yetenekleri düşünüldüğünde, 115.200Bps hızla gelen verinin açılması, işlenmesi ve LED'lerin bağımsız olarak sürülmesi ve bu işlemin milisaniyeler içinde tekrarlanması gerekmektedir. Aksi takdirde haberleşme hızı yetersiz kalacak ve anlık olarak karartma işlemi uygulanamayacaktır.

Bu sebeple Şekil 4.12'de de görüleceği üzere, koordinatların LED sayısına göre oranlanma işlemleri Nvidia kartı üzerinde gerçekleşmektedir. Ayrıca veriler string yapıda birleştirilerek her koordinat için haberleşmeyi aktif etmekten kaçınılmıştır. Bu sayede her veri paketinde bulunan start-stop bitleri yüzünden oluşacak zaman kaybının da önüne geçilmiştir. Seri port yoluyla transfer edilen bilginin yapısı bilindiği için gelen her paket açılıp içindeki bilgiler ayrıştırılmaktadır.

4.5.1. Araç Algılama Algoritması

Nesne tanıma üzerine oluşturulmuş farklı yöntemler mevcuttur. OpenCv üzerinde daha önce tanımlaması yapılan ve kod blokları halinde kullanıcının parametrik değişiklikler yapmasına izin veren nesne tanıma fonksiyonlardan bazıları şunlardır: Şablon eşleme, Haar Cascade, Histogram of Oriented Gradients, Local Binary Pattern ve benzeri algoritma ve fonksiyonlardan oluşmaktadır [91].

Şablon eşleştirme yöntemi, benzer piksel dizilerinin ana resim üzerinde tarama yaparak aranması mantığını taşımaktadır. Diğer yöntemler ise sınıflandırıcı olarak adlandırılan makine öğrenmesi ile ilgili algoritmalarıdır. Makine öğrenme yöntemleri ile öğretilmiş nesnenin tanımlanması için en çok kullanılan algoritmalardır. Sınıflandırıcılar için nesneler, derin öğrenme yöntemleri ile öğretilebilir [91].

Bu fonksiyon blokları haricinde takip edilecek nesnenin video içindeki durumuna göre de farklı takip yöntemleri geliştirilmektedir. Örneğin renge bağlı nesneyi takip veya arka plan sabit görüntüsünün yok sayarak aradaki farklı olan hareketi takip yöntemleri kullanılabilir.

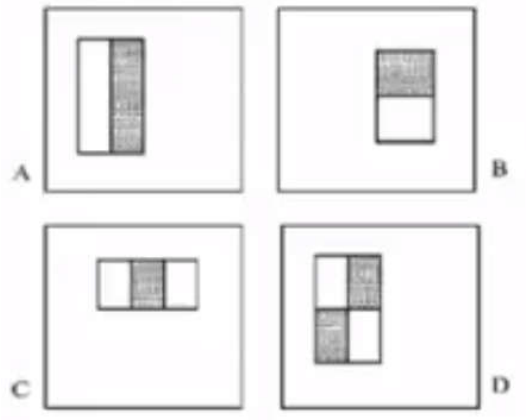
Bu yöntemler ihtiyaca bağlı olarak değişiklikler göstermektedir. Örneğin otoyolların üzerindeki sabit kameralar ile yoldan geçen araç sayısının sayılması isteniyorsa kamera ve yol sabit olduğu için arka plan görüntüsünün çıkarılması bu uygulama için daha doğru ve basit olmaktadır.

Bu uygulamada kamera sürekli hareket halinde olacağından arka plan görüntüsünün çıkarılması çözümü bu uygulama için çözüm olmamaktadır. Örnek olarak sadece bir renk seçip rengin video karesi içindeki yerinin tespiti de uygun değildir. Aynı şekilde sabit bir fotoğraf içinde sabit bir görüntü aranmadığı için şablon işleme fonksiyon blokları da uygun olmamaktadır.

Haar Cascede algoritması, belirtildiği üzere öğretilebilir bir kaynak dosya yapısı ile beraber çalıştığı için bu uygulamadaki araç tanıma yöntemi için tercih edilmiştir. Haar cascade sınıflandırıcısı, kaynak olarak xml dosyasına gereksinim duymaktadır. Konuya ait görsellerin içinde bulunduğu veya bulunmadığı birçok dosya ile hazırlanmış veri seti dosyaları XML dosyalarıdır. İlgili algoritma bu veri seti dosyalarından nesneyi tanımaya çalışır. Örnek sayının arttırılması tanımanın doğruluğu açısından büyük önem taşımaktadır.

Haar Cascade algoritması Paul Viola ve Michael Jones adlı iki akademisyenin öncelikli olarak yüz tanıma üzerinde geliştirdiği bir algoritma olarak 2001 yılında duyurulmuştur. Sonradan fonksiyonun farklı cisimleri de tanıdığı birçok farklı uygulamada kullanılmıştır. Bu projede ise araçlar için hazırlanmış xml dosyası üzerinden, araç tespiti için kullanılmıştır.

Fonksiyon Şekil 4.13'te görülen dikdörtgenleri referans alarak çalışmaktadır. Bu dikdörtgenler hedef resim üzerinde konumlandırılarak beyaz kısımlardaki pixel değerlerinin toplamı ile siyah kısımlardaki pixel değerlerinin toplamı arasındaki farkı eşik değeri karşılaştırırlar. Sonuç eğer eşik değerini aşıyorsa nesne var veya yok şeklinde yoruma varmaya çalışılır [91].



Şekil 4.13 – Haar Cascade Fonksiyonu Dikdörtgen Yapısı [92]

Dikdörtgenler bilgisayar ile hızlı bir biçimde hedef resme uygulanabilir. Bu uygulamaya "integral image" adı verilmektedir. Denklem (4.1) ile bu yapı gösterilmiştir.

$$ii(x,y) = \sum_{x' \le x, y' \le y} i(x',y') \tag{4.1}$$

Örnek bir resim üzerinden anlatacak olursak, örnek resmin (x_1,y_1), …, (x_n,y_n) olduğu pozitif ve negatif resimlerde $y_i := 0,1$ olduğu kabul edersek, ağırlığı tanımlamak için;

$$w_{1,i} = \frac{1}{2m}, \frac{1}{2l} \tag{4.2}$$

$$t = 1, \dots, T:$$

$$w_{t,i} \leftarrow \frac{w_{t,i}}{\sum_{j=1}^{n} w_{t,j}} \tag{4.3}$$

Her bir ayrı tanımlayıcının j:özellik, h_j: öğretilmiş sınıflandırıcı içerdiğini düşündüğümüzde bir hata miktarı hesaplanabilir.

$$w_t, \epsilon_j = \sum_i w_i \left| h_j(x_i) - y_i \right| \tag{4.3}$$

Sınıflandırıcıyı h_t ve en düşük hatayı da ϵ_t olarak belirlendiğinde ağırlık hesabı denklem (4.4) ile açıklanmaktadır.

$$w_t, \epsilon_j = \sum_i w_i \left| h_j(x_i) - y_i \right| \tag{4.4}$$

$$w_{t+1,i} = w_{t,i}\, \beta_t^{1-e_i} \tag{4.5}$$

Eğer örnek x_i doğru sınıflandırılmışsa $e_i = 0$ aksi takdirde $e_i = 1$ ve $\beta_t = \frac{\epsilon_t}{1-\epsilon_t}$ olur. Bu durumda da kuvvetli sınıflandırıcı denklem (4.6) ile açıklanabilir.

$\alpha_t = \log \frac{1}{\beta_t}$ durumu icin

$$h(x) = \begin{cases} 1 \sum_{t=1}^{T} \alpha_t\, h_t\,(x) \ge \frac{1}{2} \sum_{t=1}^{T} \alpha_t \\ 0 \end{cases} \tag{4.6}$$

Farklı büyüklüklerdeki siyah – beyaz dikdörtgenler Şekil 4.14'te de görüleceği üzere aynı resim karesi üzerinde sürekli olarak bir tarama işlemi gerçekleştirmektedir. İlk karede yatay olarak ikili dikdörtgen resmin ortasında iken ikinci karede ise dikine dikdörtgen çifti resmin sol üst kısmına yerleşmiştir.



Şekil 4.14 – Resim Üzerine Uygulanan Haar Cascade Dikdörtgenleri [91]

Tanıma işlemi tek seferde olmamakta fonksiyon parametrelerine göre birçok yaklaşık sonuç üretilebilmektedir. Bunlardan bazıları ise hatalı sonuçlar olmaktadır.

Örneğin göz tanıma için OpenCV ile gelen cascade classifier kullanıldığında doğru tanıma oranı yaklaşık %89 olarak ölçülmüş yani %11 oranında hata oluşmaktadır. Bu ise hassas çalışmalar için çok kaba kalacağından derin öğrenme algoritmaları ile kullanımı hassasiyetin arttırılması açısından önem taşımaktadır [93].

Hatalı tanımanın önüne geçebilmek için ilgilenilen resmin boyutunun da küçük olması kabul edilebilir fayda sağlamaktadır. Burada birden çok sınıflandırıcı kullanılması isabetli tanıma oranına doğrudan etki etmediği tespit edilmiş ancak ikincil bir kontrol olanağı sağlayabilmiştir. Örneğin göz tespiti için bulunan hatalı sonuçlar yüz tanıma ile bulunana karenin dışında ise ikincil bir kontrol sağlanmış olabilir [94].

Özellikle yüz tanıma ve ID / kimlik bilgisi ile eşleştirme üzerine güvenlik de dahil olmak üzere birçok alanda çalışma yapılmaktadır. Bunlardan biriside ATM'lerden para çekmek için sadece pin numarası girmenin yeterli olmadığı sistemler. ATM üzerindeki kamere ile yüz tanıma başlatılıp, kişi ve pin ile eşleşme oluğu taktide işlemler devam etmektedir [95].

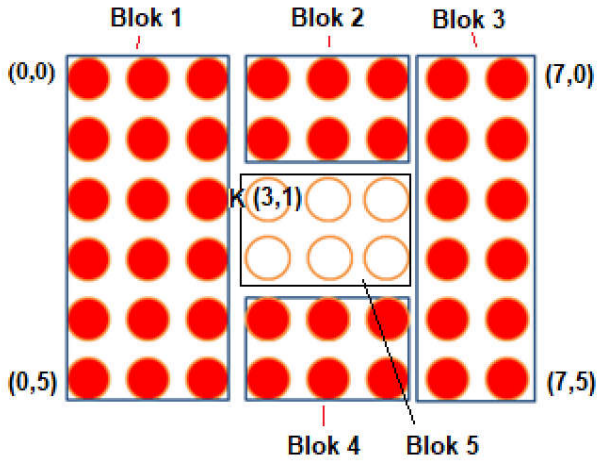
4.5.2. Çıkış Aydınlatma Bloğu

Nvidia devresi üzerinde araç tanıma işlemlerinin gerçekleştirilmesi referans olabilecek koordinatların Arduino devresi üzerine aktarılması ve veri paketlerinin ayrıştırılarak LED'lerin kontrolü için hazır hale getirilmesi ile ilgili bilgiler önceki bölümlerde verilmiştir.

Bu kısımda ise 6 satır ve 8 sütundan oluşsan 48 LED'lik farın aydınlatma bloğunun aktif edilmesi yöntemleri açıklanacaktır.

LED'lerin matris üzerinde tanımlamaları iki boyutlu diziler ile gerçekleştirilmiştir. İç içe geçmiş döngüler oluşturularak LED'ler sürekli taranmakta ve eğer bir önceki algılama karesinde, ilgili LED aktif ise yeni durumda da aktif olarak devam etmektedir. Bu sayede de LED'ler, ripıl (kırpışma) olmadan sürekli olarak açık veya kapalı konumda bulunurlar. Bu yapı sayesinde LED'ler her döngüde kontrol altında tutularak tanımsız bir aralıkta kararsız kalmasının da önüne geçilmiştir.

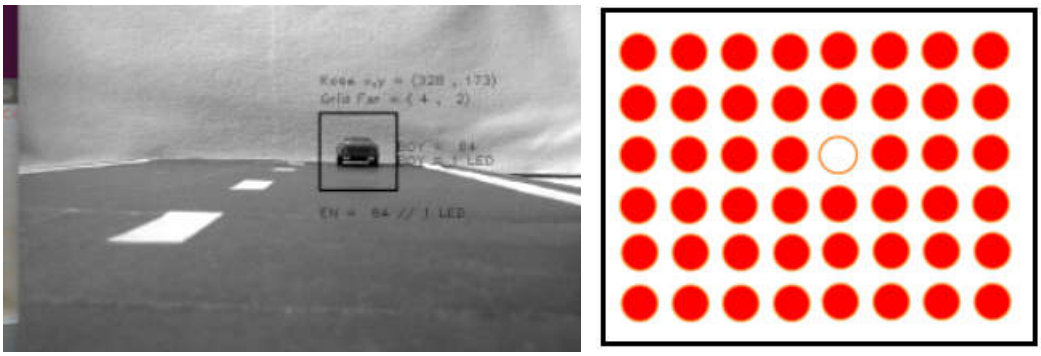
LED bloğu 5 bağımsız blok olarak taranmaktadır. Öncelikli olarak aktif olacak blok döngüleri çalıştırılmakta son olarak ta pasif olan yani öndeki aracı karartma altına alan pasif LED bloğu döngüsü çalıştırılmaktadır.



Şekil 4.15 – Grid LED Far Aktivasyon Blok Yapısı

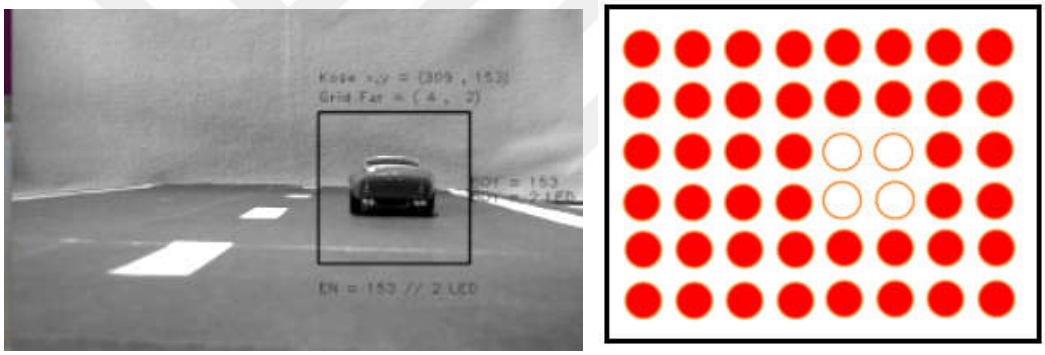
Örnek olarak Şekil 4.15'te görüleceği üzere 1. blok için çift katlı döngü şu şekilde çalışmaktadır. Gelen karanlık bölge köşe koordinatı K (3,1) iken X<3 koşulu oluşur ve 1. blok, X=0, X=1 ve X=2 için tüm Y sütunlarını aktif eder, aynı şekilde tüm blokların benzer yapı ile LED'leri kontrol edilir. Kırmızı renk LED'lerin yanık olduğunu gösterir.

Şekil 4.16'da kendi şeridinde uzakta araç senaryosunda, yapılan oranlama sonucunda köşe koordinatı (4,2) çıkmış ve karartma bölgesi ancak 1 LED ile uygulanmıştır.



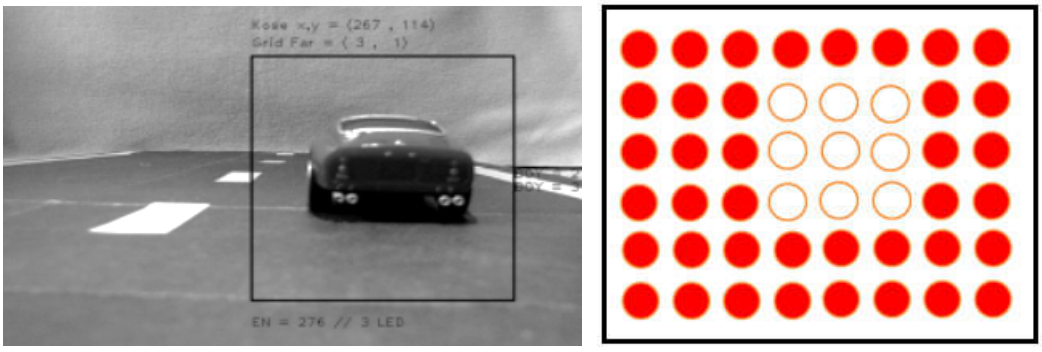
Şekil 4.16 – Kendi Şeridinde Uzaktaki Araç

Şekil 4.17'de öndeki araç kendi şeridinde, köşe koordinatı (4,2) olacak şekilde tespit edilmiştir. Araç yakın olduğundan karartma bölgesi 2x2 LED ile gösterilmektedir.



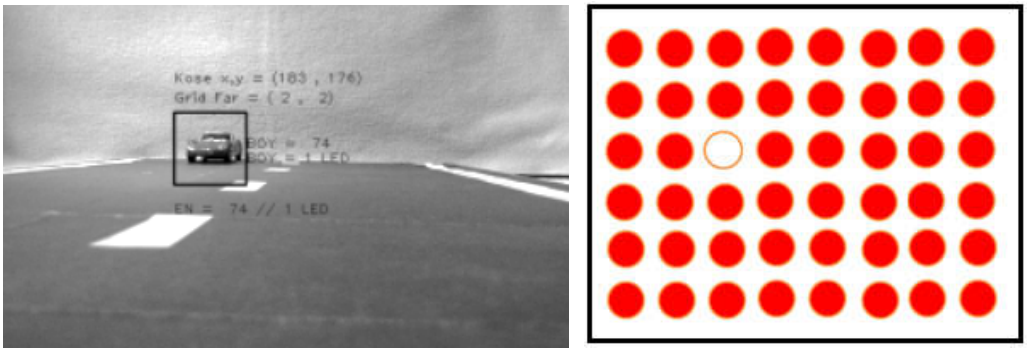
Şekil 4.17 – Kendi Şeridinde Orta Mesafedeki Araç

Şekil 4.18'de ise araç kendi şeridinde ve oldukça yakın durumdadır. Araç tespit algoritmasından çıkan oranlanmış sonuca göre köşe koordinatı (3,1) olmuş ve 3x3 LED'lik bir bölge karanlıkta bırakılmıştır.



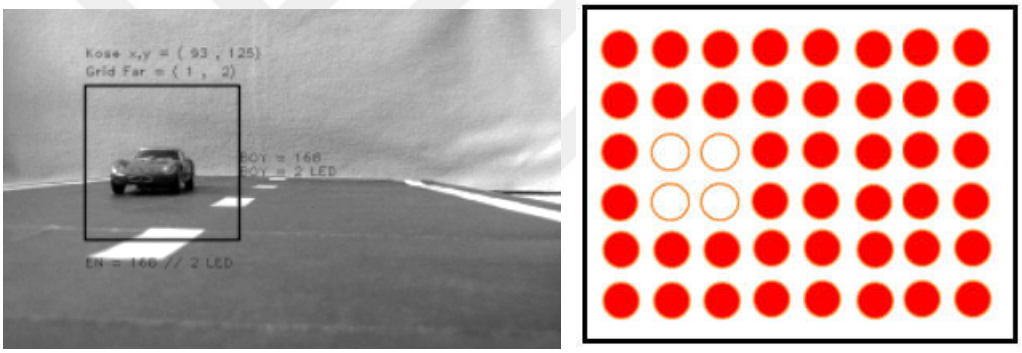
Şekil 4.18 – Kendi Şeridinde Yakın Mesafedeki Araç

Şekil 4.19'da karşı şeritte uzakta araç tespit edilmiş, köşe koordinatı (2,2) olarak oranlanmıştır. Uzak bölgede hesap sonucu ancak tek LED'lik karartma yapılmıştır.



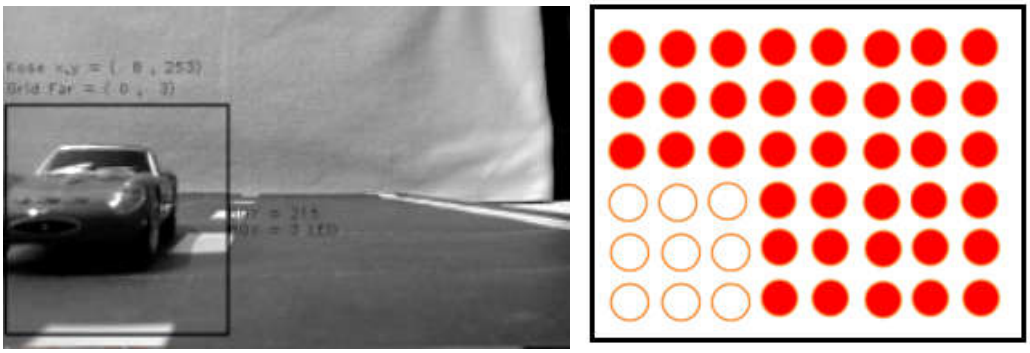
Şekil 4.19 – Karşı Şeritte Uzak Mesafedeki Araç

Şekil 4.20'de karşı şeritte orta yakınlıkta köşe koordinatı (1,2) olacak şekilde araç tespit edilmiş ve 2x2 LED'lik karartma hesaplanmış ve uygulanmıştır.



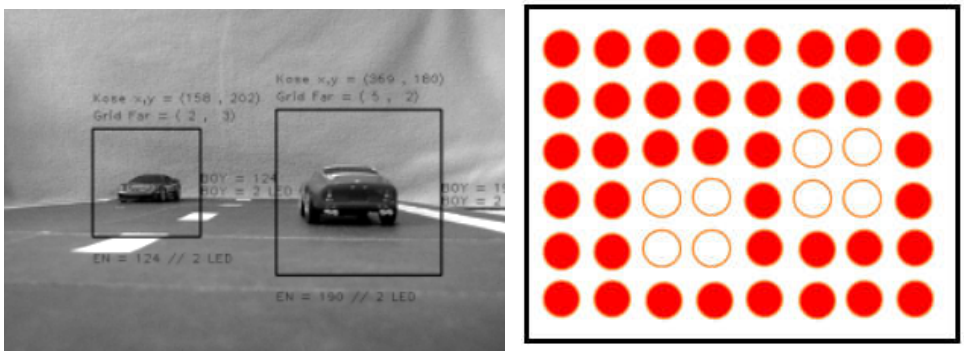
Şekil 4.20 – Karşı Şerit Orta Mesafedeki Araç

Şekil 4.21'de karşı şeritte yakın mesafede köşe koordinatı (0,3) olarak araç tespit edilmiştir. Karartma bölgesi 3x3 LED olarak hesaplan ve araç karanlık bölgede bırakılmıştır.



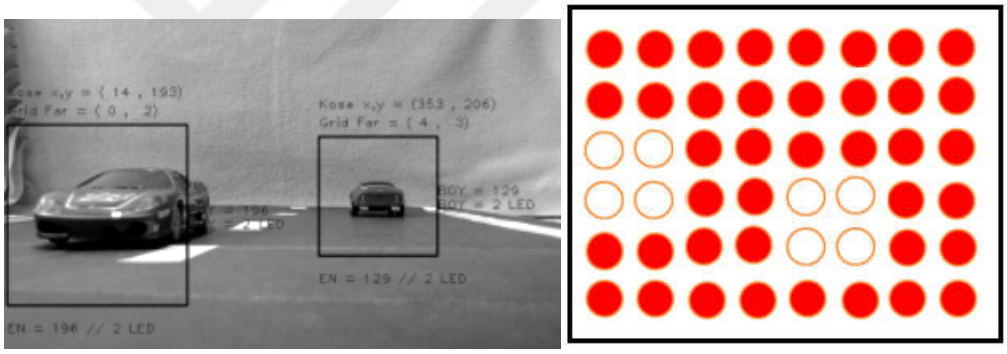
Şekil 4.21 – Karşı Şerit Yakın Mesafedeki Araç

Şekil 4.22'de her iki şeritte de araç tespit edilmiştir. Fonksiyon aynı anda birden çok araç tespit etmeye uygundur. İki farklı köşe koordinatı hesaplanmıştır. Karşı şerit (2,3), kendi şeridi (5,2) olarak iki araçta karanlıkta bırakacak şekilde LED'ler kapatılmıştır.



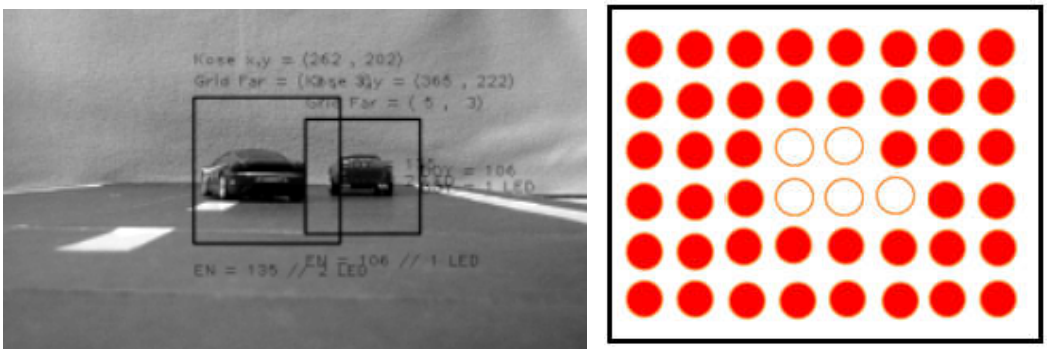
Şekil 4.22 – Her iki Şeritte Araç Tespit Edilmesi İlk Durum

Şekil 4.23'te biraz daha yol aldıktan sonraki durumu görülmektedir. Bu durumda köşe koordinatları da güncellenmiş (0,2) ve (4,3) olacak şekilde ilgili LED'ler kapatılmıştır.



Şekil 4.23 – Her iki Şeritte Araç Tespit Edilmesi İlk Durum

Şekil 4.24'te ise bir aracın diğer aracı solladığı durum gösterilmiştir. Yazılım her iki aracı da tanıyarak ortak kesişim bölgesi olacak şekilde köşe koordinatları belirlemiştir.



Şekil 4.24 – Kendi Şeridindeki Bir Aracın Diğer Aracı Sollaması Durumu

5. BÖLÜM – SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

5.1. Giriş

Projenin amacı önceki bölümlerde de belirtildiği üzere merkezi bir işlem ünitesi ile bir takım fonksiyonların ayrı donanımlara gerek kalmadan yerine getirilebileceğini göstermektir.

5.2. Merkezi Kontrol Ünitesi Kullanım Avantajları

Günümüz araçlarında uygulanan yöntem dağıtık modüler yapılardan oluşmakta olup, her modül için ayrı bir geliştirme sürecine, ayrı bir haberleşme yapısına ve sonuç olarak ta araç üzerindeki entegrasyonu için ayrı ayrı sistem mühendisliklerine ihtiyaç duymaktadır. Her bir modülün farklı üreticilerin tasarımları sonucu oluştuğu düşünüldüğünde ortak bir paydada buluşulması için uzun entegrasyon süreçleri gerekmektedir.

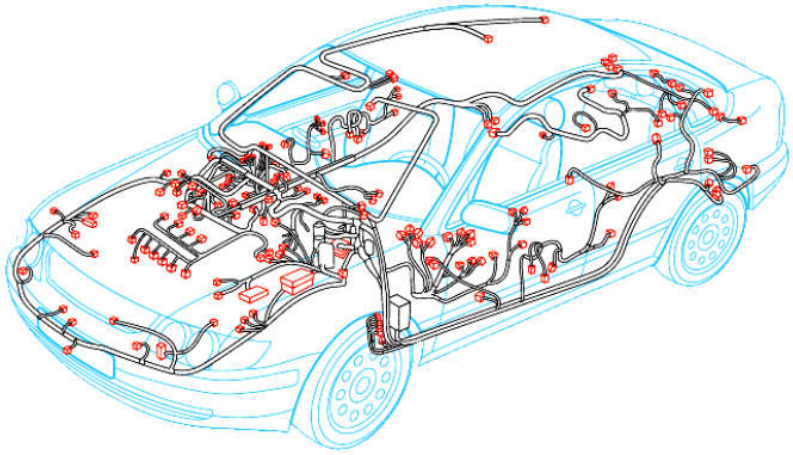
Bu proje sayesinde, hızlı bir işlemci kullanılması durumunda araç üzerindeki özelleşmiş modüller yerine genel yapılı ve otomotiv standartlarına uygun bilgisayarların bu fonksiyonları yerine getirilebileceği ortaya konulmuştur.

Günümüzde özellikle hızlı değişen ihtiyaçların karşılanabilmesi için uzun süreçlerden geçmesi gereken yeni donanımlar tasarlanması yerine, merkezi bir işlemci ünitenin üzerinde yazılım değişiklikleri yapmak ve daha az karmaşık çıkış üniteleri tasarlamak üretim süreçlerini de ciddi miktarda kısaltacaktır.

Her fonksiyon için özelleşmiş bir modül kullanmak beraberinde araç üzerinde bu modüllerin paketlenmesi için ciddi çabalar gerektirecektir. Bu da yine beraberinde arge tasarım süreçlerini olumsuz etkilemektedir.

Ayrıca her yeni modül için elektrik ve data hattının da modüle bağlanması gerekmektedir. Bu işlemler sadece basit bir kablo çekme işinden çok daha karmaşıktır. Her bir kablonun izlemesi gereken rota keskin dönüşlerden uzak durarak ve uygun kablo tiplerine göre ağırlık hesapları sonucu sarkma ve titreşim etkileri düşünülerek yapılmaktadır. Ayrıca araç üzerindeki diğer hava ve benzer hatlarla olan ilişkisi de ekipler arası ortak çalışma sebebiyle süreçlerde uzamalara yol açmaktadır.

Kablolar dış ortam şartlarına maruz kalabileceğinden dolayı korozyona ve kopmalara karşı da mukavemetli olması gerekmektedir. Bunun için birçok kablo taşıyıcı ve koruyucu parçaları da beraberinde araca eklemesini gerektirmektedir. Ayrıca yine dış ortam şartlarından korunabilecek konektör yapısına da uygun olması gerekecektir. Her bir konektörün de içindeki her bir terminalin metal cinsi ve kaplaması yine ayrıca her bir iletken için gereken conta tipine kadar araştırma ve test süreçlerini doğurmaktadır.



Şekil 5.1 – Araç İçi Elektrik Tesisatları Şematik Görünüm [96]

Şekil 5.1'de basit bir araç içi elektrik tesisat yapısı gözükmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere günümüz araçlarında kilometrelerce kablo kullanılmaktadır ki bu hem bakır ağırlığı hem de maliyeti düşünüldüğünde toplamda aracın hem maliyetine hem de ağırlığına etki etmektedir.

Bunların yanına kablo sabitleyici metal braketler, yön verme aparatları vs. elemanlar eklenince aracın ağırlığı ve maliyeti daha da artmaktadır. Ayrıca bunların tasarlanması için gereken zaman ve mühendislik maliyetleri de düşünülünce işler daha da zorlaşmakta ve sonuç olarak zaman ve maliyet kaybı giderek artmaktadır.

Her yeni donanımın tüm araç üzerindeki diğer donanımlar ile birlikte çalışabilmesi için gerekli birçok testten geçmesi gereklidir. Bunların başında EMC testleri bulunmaktadır. Her bir test için ödenmesi gereken test maliyetleri ve süreçleri de düşünüldüğünde kazanılacak zaman ve yatırım miktarlarının düşmesi gerçekleşecektir.

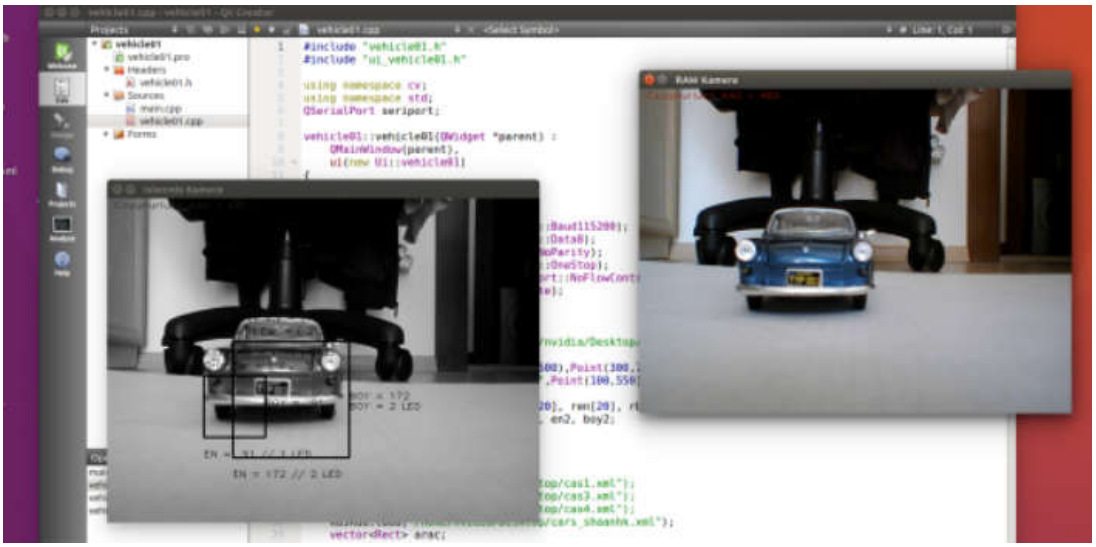
EMC testlerinin haricinde tüm modüllerin birbirleri ile doğru bir şekilde çalışabileceklerinden emin olmak için HIL (Hardware In the Loop) test düzenekleri de

kurulması gerekmektedir. Bu testler ile her modülün giriş çıkışlarının uygun bir şekilde diğer modüller ile çalışabildiği test edilmektedir. Ancak her yeni modül için tekrarlanması gereken bu pahalı ve uzun süren testler yerine sadece yazılım testlerinin yapılması yeterli olacaktır. HIL test ünitelerinde de dijital, analog bağlantıları açıp kapayan ve uygun fonksiyonları yerine getiren farklı bilgisayarlar bulunmaktadır. Olası test senaryolarının değerlendirilmesi için de bu bilgisayarların programlanması gerekmektedir ki yine maliyet ve zaman kaybına yol açmaktadır.

5.3. Alınan Veriler ve Değerlendirme Sonuçları

Geliştirme test düzeneğinde yazılım ve donanım minimum seviyede tutulmaya gayret gösterilmiştir. Bunun sebebi ise görüntü işlemeye yeteri kadar kaynak ayırmak ve daha hassas bir araç tanıma sonucu elde etmektir.

Araç tanımak için kullandığımız Haar Cascade fonksiyonunun parametrelerindeki değişiklikler işlem sayısını ve sonuç hassasiyetini etkilemektedir. Özellikle scaleFactor ve minNeighbors parametreleri işlem sayısı ve doğruluk hassasiyeti ile doğrudan bağlantılıdır. Skala düşürüldükçe daha küçük dikdörtgenler ile işlemler yapılmakta ancak bu ise işlem süresini uzatmaktadır ve daha hızlı işlemcilere ihtiyaç doğmaktadır.

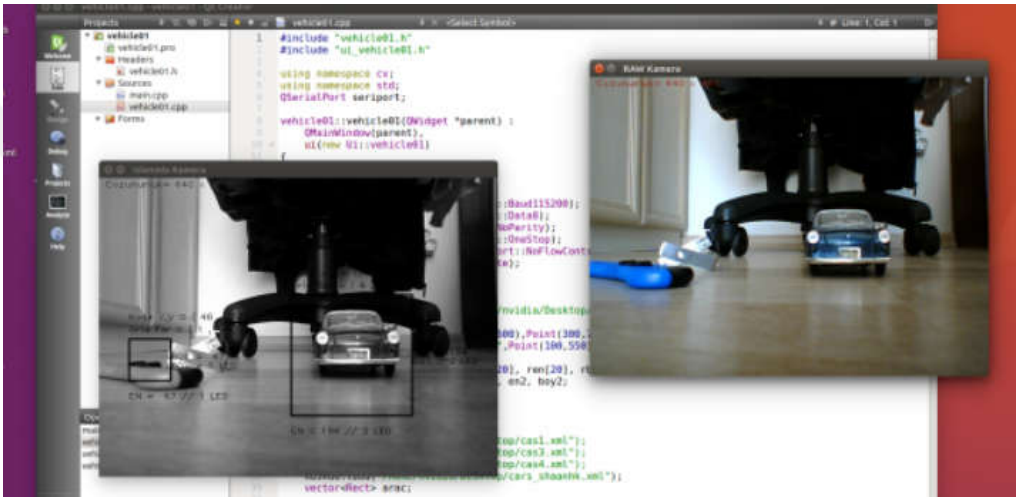


Şekil 5.2 – Uygun Olmayan Parametreler ve Hatalı Tanıma

Kullanılan işlemcinin gücü yetmediğinde bazı parametreler değiştirilerek gerçek zamanlı tanıma yine de gerçekleştirilebilir ancak hassasiyet düşeceği için Şekil 5.2'de görünen hatalı algılama durumları meydana gelecektir.

Kullanılan Nvida Jetson deney kitindeki işlemci mimarisi görüntü işleme üzerine özel çekirdekler barındırmaktadır. CUDA çekirdekleri adı verilen bu yapılar kullanılarak yazılım geliştirme fazında bu çekirdekler ile fonksiyonlar ilişkilendirilebilmektedir. Bu sayede de fazla sayıda adımda gerçekleşecek işlemler daha az adımda sonuçlanabilmektedir. Ancak sistemin yapısındaki basitlik göz önünde bulundurulduğunda bu yapıyı kullanmadan dahi saniyede 60kare işlenebilmektedir.

Çizilen hatalı çerçeve, hatalı bir tanımlama sonucu oluşmaktadır. Şekil 5.3'te ise farklı bir cisim araç olarak tanımlanmış ve dikdörtgen içine alınmıştır.



Şekil 5.3 – Farklı Cisimlerin Hatalı Tanınması

Tanımanın daha az hatalı olması için referans XML dosyasının örnek sayısının arttırılması gerekmektedir. Ayrıca uygun parametre ayarları ile de hatanın düşürülmesi mümkün olmaktadır. Şekil 5.4'te bu durum görülmektedir.



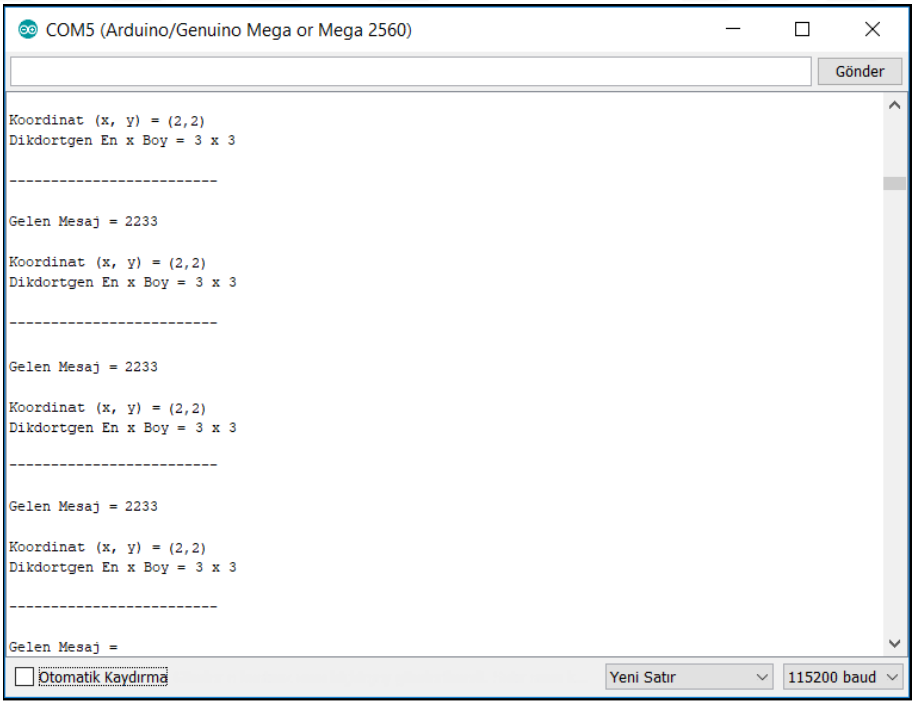
Şekil 5.4 – Ölçüm Hassasiyeti Arttırılmış İşlenmiş Görüntü

Şekil 5.4'te işlenmemiş ham görüntü ve çeşitli işlemlerden geçtikten sonra Haar Cascade fonksiyon sonucu elde edilen görüntü yer almaktadır. Daha iyi tanımanın gerçekleşebilmesi için örnek XML dosyasındaki pozitif, negatif örnekler çoğaltılabilir.

Araç doğru bir şekilde tanımlandıktan sonra program çizilen karenin sol üst köşe cismin koordinatını belirler. Örnekte K(169,194) olarak tespit edilmiş olup 640x480 piksel olan fotoğraf karesinden 8x6 LED'lik far için oranlanarak çözünürlük düşürülmektedir. Bu durumda far üzerindeki köşe koordinatı K(2,2) olmaktadır.

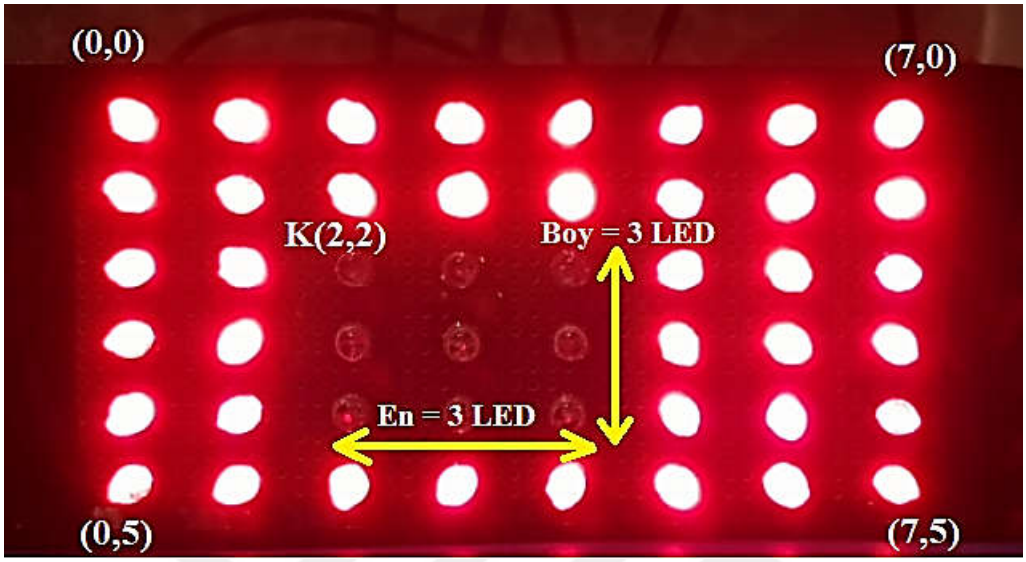
İkinci adım ise x(en) ve y(boy) vektör uzunluklarının belirlenmesidir. Çizilen dikdörtgenin sağ alt köşe koordinatından numerik işlemler ile en vektörü orijinal karede 214piksel iken far için oranlandığında 3 LED uzunluğuna denk gelmektedir. Aynı şekilde boy vektörü de bu tespit sırasında 214piksel hesaplanmış ve far üzerinde de benzer şekilde 3 LED boyuna denk olmuştur.

Nvidia bordu köşe ve vektör bilgilerini paketleyip far modülüne ulaştırdığında ise Şekil 5.5'te görülen arduino seri port çizim ekranı oluşturulmaktadır. Mesajlar sürekli gelmekte, anlık olarak çözümlenmekte ve seri port ekranına Şekil 5.5'te görüleceği üzere yazdırılmaktadır.



Şekil 5.5 – Arduino Seri Port İzleme Ekranı

Bu çözümleme sonucunda 6x8 LED grubundan oluşan farda K(2,2) noktasından itibaren 3x3 LED grubunun karartılacağı anlaşılmaktadır. Şekil 5.6'da görüleceği üzere LED'ler doğru bir şekilde kapatılmış ve hedef araç karanlık bölgede bırakılmıştır.



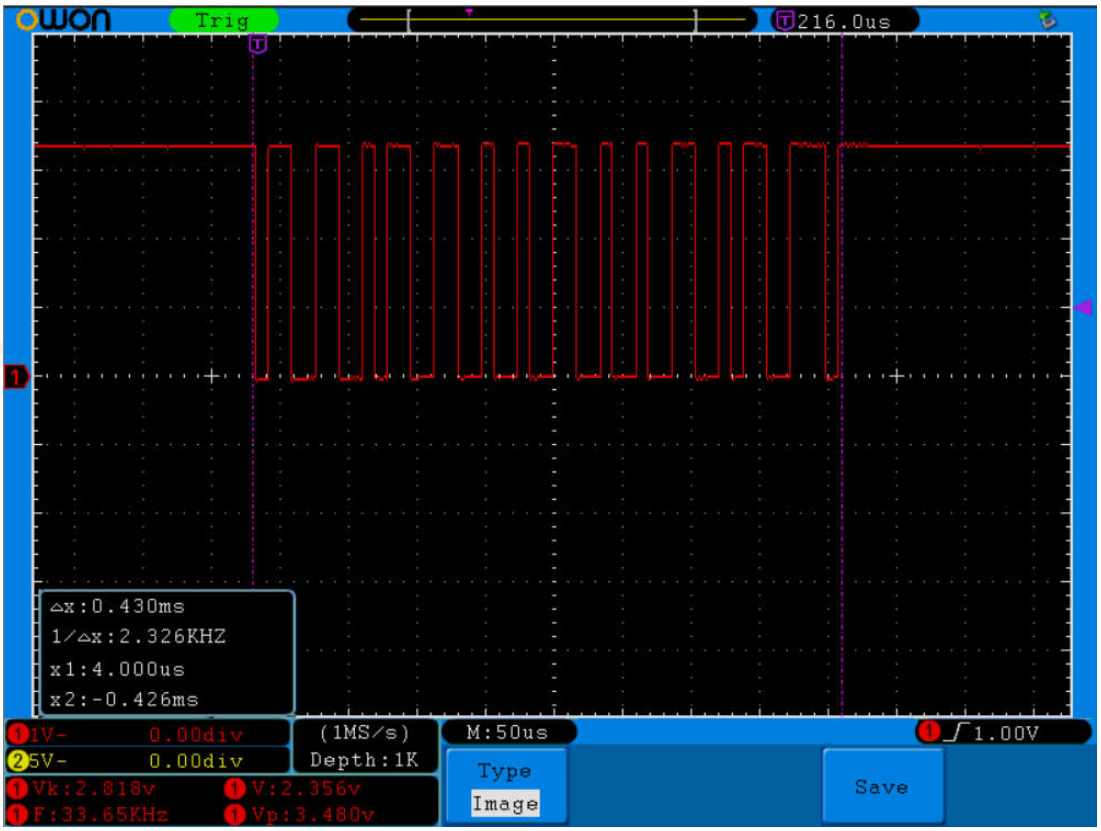
Şekil 5.6 – Karartılmış Bölge LED Grid Far

Tespit edilen aracın yakınlığına ve x,y eksenindeki konumuna göre LED far anlık olarak tepki vermekte ve karartma bölgesinin yeri değişmektedir. Örneğin araç uzaklaştığında Nvida üzerinde tespit edilen görüntü ve buna ilişkin çizilen dikdörtgen boyutu küçülmektedir. Ekranda belirgin bir dikdörtgen görülebiliyorken LED fara dönüşüm yapıldığında çözünürlük sebebiyle karartma bölgesi 1 LED'e kadar düşebilmektedir. Bu sebeple daha fazla LED kullanılması çözünürlüğü ve dolayısı ile de karartma yapılan bölgenin hassasiyetini arttıracaktır. Bu durumda da LED'lerin küçülmesi tercih edilecektir.

Aynı şekilde aracın sağ veya solda tespit edilmesi durumuna göre karartma yapılan LED'lerin yeri de değişmektedir. Araç tamamen görüntüden çıktığında ise tüm LED'ler aktif olmaktadır. Bu da, bu tezin amaçlarından olan sürekli uzun far konumunda seyahat anlamına gelmektedir.

Deney setindeki en yavaş halka olan seri haberleşme yapısı dahi 115200Bps hızında olduğu düşünüldüğünde yaklaşık 8bitlik bir verinin diğer modüle ulaşması start-stop bitleri ile birlikte 90mikro saniye sürmektedir.

Merkezi işlemci üzerindeki yazılımda gerçekleştirdiğimiz algoritma sayesinde 48 LED'in ayrı ayrı durumları yerine sadece köşe koordinatlarının Arduino borduna iletilmesi 430us (430 mikro saniye milisaniyenin neredeyse yarısından az) bir zamanda tamamlanmaktadır.



Şekil 5.7 – Haberleşme Hızı Osiloskop Görüntüsü

60 kare saniye işlem yapmak tüm işlemlerin 16 milisaniye sürmeden tamamlanması anlamına gelmektedir. Nvidia bord bu işlemleri bu limitler içinde yapabilmekte, haberleşme kanalı uygun verileri bu limitlerin çok altında iletebilmekte ve Arduino çıkış LED bord da aynı şekilde işleyebilmektedir. Şekil 5.7'de haberleşme hızı görülmektedir. Bu sayede bir saniyede işlenen tüm veriler hiç bir kayıp olmaksızın LED bordunda çıkışa yansıtılmaktadır.

Seri port 'un doğası gereği oluşan bazı olumsuzluklar mevcuttur. Bunların başında parazitlere karşı zafiyeti yer almaktadır. Bu sebeple araç üzerinde genelde kullanılan CanBUS haberleşmesi bu yapı için tercih edilmelidir.

5.4. Öneriler

Bu uygulamanın araç üzerinde gerçekleştirilmesi durumunda daha iyi bir mesafe algılama yapısı olan radar sistemlerinden faydalanılabilir. Bu sayede far üzerindeki LED'lerin düzeltme katsayısı gibi bir değere tabi tutularak tam olarak hedef araç üzerinde karartma sağlanabilecektir.

Ayrıca çift far kullanılması gerekeceği için fonksiyonların bu yapıya göre tekrar düzenlenmesi gerekmektedir.

LED'lere dimming özelliği eklemesi de fonksiyonun başarısını arttıracaktır, özellikle trafik işaretleri gibi ve ıslak zeminden yansıyan ışığın azaltılması açısından önem taşımaktadır. Bu özelliğin eklenebilmesi için PWM çıkışının yeterli sayıda olduğu farklı bir tümleşik devre gereksinimi doğmaktadır.

Haberleşmenin güvenirliğinin arttırılması için ve hız yetersizliği gibi durumlarla karşılaşılmaması adına CanBUS haberleşme veya Ethernet haberleşmeye geçilebilir ve bu değişiklikler Nvidia Jetson kiti üzerinde basit değişiklikler ile yapılabilecektir.

Bu ve benzeri projelerin ülkemizde de geliştirilebileceğini vurgulamak ve yeterli kaynak ayrıldığı takdirde, diğer ülkeleri takip eder durumundan çıkıp yenilik üreten bir konuma geçilebileceği bu tür çalışmaların devamında gerçekleşebilecektir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

[1] P. George E. Totten, "Timeline of Highlights from the history of ASTM Committee D02 on Petroleum Industry" 2004: http://sss.lcyyy.eccuvo.lcqti.se2.gsr.awhoer.net/COMMIT/D02/to1899_index/, erişim tarihi 5.11.2017.

[2] M. V. Longmuir, "Oil in Burma: The Extraction of Earth Oil to 1914" 2001.

[3] B. H. Wall, "Oil Industry" A+E Networks, 2010: http://www.history.com/topics/oil-industry/, erişim tarihi 5.11.2017.

[4] A. Coplugil, "Aydınlatmanın Tarihçesi, Ampulden LED'e" Elektrikport, 14.3 2015: http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/aydinlatmanin-tarihcesi-ampulden-lede/4382#ad-image-0/, erişim tarihi 5.11.2017.

[5] E. T. C. Team, "Incandescent Lamps" Edison Tech .Center, 2010: http://www.edisontechcenter.org/incandescent.html/, erişim tarihi 5.11.2017.

[6] A. Sennaroğlu, "50. Yılında Lazer" no. 510, 2010.

[7] Z. Kuleli, "Kitâb El-Menâzir"in Temel Prensipleri" Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, YL tezi, 41-48, İstanbul, 2015.

[8] D. H. G. Topdemir, "İbn El-Heysem'in Işık Üzerine Adlı Çalışması" Türk Tarih Kurumu Yayınları, 23-30, Ankara, 1997.

[9] N. Işık, "Yapıda Kullanılan Malzemeye Göre Aydınlatma Gereksinimlerinin Belirlenmesi" Diyarbakır, 2005.

[10] N. Işık, "İç ve Dış Aydınlatmada Malzemenin Rolü" no. s.83, 2004.

[11] Ş. Sirel, "Aydınlatmada Enerji Kaybı", İstanbul Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü Yayınları, 22-29, 1991.

[12] Ş. Sirel, "Biçim ve Doku", Müzelerde ve Bürolarda Aydınlatma, İstanbul, Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü Yayınları, 33-40, 1997.

[13] Ş. Sirel, "Kavram Olarak Aydınlatma", Aydınlatma ve Mimarlık, Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü Yayınları, 41-48, İstanbul, 2001.

[14] IESNA, "The IESNA Lighting Handbook References&Applications", Vol.5, IESNA, pp. 8-30, 2000.

[15] Gurur, "Işık Teorileri Nelerdir": http://www.nkfu.com/isik-teorileri-nelerdir/, erişim tarihi 1.5.2018.

[16] f. f. ansiklopedisi, Fizikolog Net "Kuantum Teorisi": http://fizikolog.net/fizik_ansiklopedisi/kuantum_teorisi.html/, erişim tarihi 14. 5.2018.

[17] H. Bağış, "Astrofizik Notları (4) : Elektromanyetik Spektrum" Samanyolu Ekspresi, 22-30, 2016.

[18] M. B. a. E. Wolf, "Principles of optics: Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light", Pergamon Press, New York, pp. 15-25, 1998.

[19] R. Pleyel, "Lighting Systems - From Light to Advanced Vision Technologies" Valescope Tehnical Handbook, France, Valeo, 10-17, 2015.

[20] T. B. Baskan, "Elektriğin ışığa dönüşümündeki kayıplar" Philips Aydınlatma Akademisi Yayınları, 46-55, İstanbul, 2015.

[21] T. T. M. Özkaya, "Işık Akısı", Aydınlatma Tekniği, İstanbul, Birsen Yayınevi, 62-71, 2011.

[22] J. Petroski, "Thermal Challenges In LED Cooling", Electronics Cooling, 1.11 2006: https://www.electronics-cooling.com/2006/11/thermal-challenges-in-led-cooling/#. erişim tarihi 15.11.2018.

[23] P. Sharma, "Electrical Safety Testing Lab ITC India, 12.2016: https://www.youtube.com/watch?v=ikc9omyxoR0, 5.11.2017.

[24] P. S. Onaygil, "Aydınlatma Aygıt Tasarımı Temel İlkeleri Dersi", İstanbul: ITU Mimarlık Fakültesi Ders Notları, 32-39,2014.

[25] P. Q. V. H. W. T.Q. Khanh, "Radiance and Luminance", LED Lighting Technology and Perception, Verlag GmbH & Co, Wiley-VCHVerlag GmbH & Co., p. 20-27, 2015.

[26] R. Boyd, Radiometry and the Detection of Optical Radiation, John Wiley & Sons, Inc. Press, 47-55, 1983.

[27] R. S. a. R. Blake, "Color", Perception 5th Edition, New York, McGraw-Hill Press, 77-82, 1994.

[28] T. B. Başkan, "Aydınlatmanın Temel Kavramları", Philips Seminer Notları, Philips Aydınlatma Akademisi Yayınları, 41-49, 2016.

[29] K. A. Grubu, "Renk Sıcaklığı": http://www.kameraarkasi.org/light/terminoloji/renk/renksicakligi.html, erişim tarihi 15.1.2018.

[30] Ş. Sirel, "Işık Rengi Bakımından Lamba Seçimi", Işık Rengi, İstanbul, Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü Yayınları, 21-29, 2007.

[31] Ö. G. Mükail Bulut, "LED'li Işık Kaynaklarının Karakteristiklerini Belirlemeye Yönelik Ölçmeler", V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 7-10 Mayıs, İzmir, 2009.

[32] B. S. Alsaç, "LED'Lİ Aydınlatma Armatürleri ve Lambalarının Fotometrik Testleri: Bütünleştirme Küresi Ve Gonyofotometre", VESTEL Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş. Yayınları, 13-20, 2016.

[33] K. LED Lighting, "Endirek Aydınlatma", 10.2017: https://www.kelvinaydinlatma.com.tr/endirek-aydinlatma-direk-axis/, erişim tarihi 6.10.2017.

[34] A.Ünal "Aydınlatma Tasarımı ve Proje Uygulamaları" Birsen Yayınevi, 55-63, İstanbul, 2009.

[35] T. E. o. E. Britannica, "Nicolas Joseph-Cugnot": https://www.britannica.com/biography/Nicolas-Joseph-Cugnot, 25.10.2017.

[36] E. H. Wakefield, "History of the Electric Automobile", Society of Automotive Engineers, no. ISBN 1-56091-299-5, pp. 2-3, 1994.

[37] R. Stein, "The Automobile Book", Paul Hamly Press, England, 32-39, 1967.

[38] R. B. Ford, "The Birth of Ford Motor Company", Henry Ford Heritage Association Press, 46-51, 2012.

[39] A. A. Editors, "http://www.american-automobiles.com", Farber and Associates, 2009: http://www.american-automobiles.com/Ford/1911-Ford.html, 6.11.2017.

[40] R. Walker, "The Eventful Century", ISBN 0-276-42259-7, 1999.

[41] H. Bauer, "Lighting Technology", Automotive Electric/Electronic Systems, Stuttgart, Bosch GmbH Press, 52-59, 1999.

[42] Hella Technical Notes, "Headlight System Aiming", Headlıght Systems, Lippstadt, HELLA KGaA Hueck & Co. Press, p. 3-9, 2013.

[43] D. H. E. a. D.-I. S. W. Dr. Abdel Hanafi, "New Efficient, Compact Vehicular Lighting System Using High-Power Semiconductor Laser Diodes", DOE Solid-State Lighting R&D Workshop, BMW Group Press, 5-12, 2014.

[44] S. Boduroğlu, "Araç Aydınlatma Sistemlerinin Yıllar İçinde Gelişimi", Yeni Nesil Bir Taşıt Aydınlatma Sisteminin Isıl Kriterler Ve Yoğuşma Önleme Odaklı Tasarımı Ve Prototip İmalatı, Bursa, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü YL tezi, 27-33, 2016.

[45] A. &. S. Standarts, "Round Yellow Led Fog Beam", 1970-2016: https://www.americantrucks.com/piaa-lp530-35in-round-yellow-led-fog-beams-0717-chevy-manu-install.html/, 2.12.2017.

[46] J. Tanz, "Illuminated Symbols", 6.7.2016: https://www.carlightblog.com/2016/06/07/illuminated-symbols/, erişim tarihi 14.5.2018.

[47] E. Commission, "www.europa.eu", 2.2011: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-11-133_en.htm?locale=en, erişim tarihi 5.12.2017.

[48] Unece, "Uniform Provisions Concerning The Approval Of Daytime Running,» ECE324 -R87, no. Rev.1/Add.86/Rev.2, p. 11-14, 2008.

[49] V. S. Department, "What do all the vw dashboard warning lights mean" VolksWagen Press, 3-8, Germany, 2017.

[50] W. Essentials, "Day Time Running Light Headlight Fog Lamp", CATUO, 2017: https://wilkersonessentials.com/collections/household-essentials/products/2pcs-white-cob-led-daytime-running-light-drl-headlight-fog-lamp-dc12v-car-light-source-u-shape,2.12.2017.

[51] P. S. Douglas-Hamilton, "Device for indicating the intended movements of vehicles", US Pattent Office Press. - US912831 A, 22-27, United States, 2014.

[52] Hydrargyrum, "Animation of vehicle with its left directional signal activated", Scheinwerfermann Press, 5-9, 2017.

[53] V. S. Compliance, "Activation", *U.S. Department Of Transportation - TP-108-13* , Washington, DC, Office of Vehicle Safety Compliance , p. 144-148, 2007.

[54] M. Steinbach, "Automative Electronics Flasher Rate Modification", 2017: http://www.instructables.com/id/Automotive-electronic-flasher-rate-modification/, erişim tarihi 5.12.2017.

[55] M. S. -O. Manual, "Scorpio Hawk", 2017: https://www.withyouhamesha.com/owner-manual/SCORPIO-mHawk/owners-manual-SCORPIO-mHawk.html/, erişim tarihi 6.12.2017.

[56] B. F. O. Manual, "BMW - F30POST - THE BMW 3-Series and 4-Series Forum F30/F32" , BMW Press, 2-14, 2015.

[57] Veksan Aydınlatma Notları, "Işık Kaynakları", http://www.veksan.com/tr/files/destek/isik-kaynaklari_442.pdf/, erişim tarihi 25.10.2017.

[58] Lamp83 Technical Application Notes, "Lamba Tipleri" : http://www.lamp83.com.tr/teknik-bilgiler/ 30/lamba-tipleri/, erişim tarihi 25.10.2017.

[59] B. Popa, " Battle of The Headlights Halogen vs Xenon vs Led", Auto Evolution : http://www.autoevolution.com/news/battle-of-the-headlights-halogen-vs-xenon-vs-led-26530.html/, erişim tarihi 25.11.2017.

[60] C. G. Moderator, " Board", 12.5.2009:

http://www.bora-forum.de/board/index.php?topic/, erişim tarihi 18.9 2018.

[61] K. T. C. Sang, "Led", PoTech, 18.7.2017: https://www.potech.com.vn/so-sanh-cong-nghe-den-led-cob-va-smd/, erişim tarihi 12.01.2018.

[62] O. Camacho, "Automotive High Brightness LED Control", Technical Document Number: AN4105 Rev. 0, pp. 3-9, 2010.

[63] A. Parker, " Laser Powered Headlight", HowStuffWorks a division of InfoSpace Holdings LLC, 2018: https://auto.howstuffworks.com/laser-powered-headlight.htm/, erişim tarihi 1.5.2018.

[64] D. H. E. a. D.-I. S. W. Dr. Abdel Hanafi, "New Efficient, Compact Vehicular Lighting System Using High-Power Semiconductor Laser Diodes" DOE Solid-State Lighting R&D Workshop, 3-9, 2014.

[65] B. Team, "How BMW Laserlights Work Benefits", Bimmertips, 4 8 2018: https://bimmertips.com/how-bmw-laserlight-headlights-work-benefits/, erişim tarihi 25.10.2018.

[66] J. Siu, "Audi A8 Matrix Led Headlights", 4.6.2013: http://www.autoguide.com/auto-news/2013/07/audi-a8-matrix-led-headlights-not-heading-to-us.html/, erişim tarihi 18.10.2017.

[67] R. Ma, "Automotive Adaptive Front-lighting System Reference Design" System Application Engineering/MCU - SPRUHP3, Texas Inst.s, 2013, p. 3-7, 2014.

[68] E. Ruelas, " Symptomps of a Bad or Failing Headlamp Dimmer", 8.1.2016: https://www.yourmechanic.com/article/symptoms-of-a-bad-or-failing-headlamp-dimmer-switch/, erişim tarihi 18.11.2017.

[69] A. L. S. Module, "Automatic Light Switch Module", Pekatronic, 2017: https://www.pekatronic.de/en/Out--and-Indoor-Lighting-Electronics/Automatic-light-switch-module/Automatic-light-switch-module-

227.html, erişim tarihi 12.1.2018.

[70] A. L. A. M. M. Company, “Adaptive Frontlighting Systems (AFS)”, 2016: http://www.al-lighting.com/lighting/headlamps/afs/, erişim tarihi 18.12.2017.

[71] Mercedes-Benz, "Multibeam Led Brings Light into the Darkness": https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/innovation/multibeam-led-brings-light-into-the-darkness/, erişim tarihi 15.01.2018.

[72] M. Ford Motor Company Notes, "Ford Unveils Next Generation Technology", Ford Motor Company Press, 12-19, USA, 2016.

[73] G. Ford Motor Company - AACHEN, "Ford Developing Advanced Headlights", Ford Motor Company Press, 10-16, Germany, 2015.

[74] L. HiRain Technologies Co.: http://www.hirain.com/sts/105/154/, erişim tarihi 10.1.2018.

[75] G. W. M. C. Limited: http://www.haval-global.com/havalh9.html/, erişim tarihi 18.1.2018

[76] R. Tamburo, "Anti-Glare High Beams", Programmable Automotive Headlights Press, 11-14, Pittsburgh, PA USA, Carnegie Mellon University,2016.

[77] D. Fung, "Caradvice", 24.6.2014: http://www.caradvice.com.au/281464/ headlight-assistance-technology-explained-adaptive-headlights-cornering-lights-and-automatic-and-selective-high-beams/, erişim tarihi 15.1.2018.

[78] G. Corporation, "The Autochannel", Gentex Corporation, 5.5.2009: http://www.theautochannel.com/news/2009/05/05/459511.html, erişim tarihi 20.12.2017.

[79] PsyTech: https://www.youtube.com/watch?v=Zur2KcBOUf4, erişim tarihi 10. 1.2018.

[80] Pablo Fernández Alcantarilla, "Automatic LightBeam Controller for driver assistance", Researchgate.net, 2011.

[81] R. Nicolas, "Multibeam Led Light Technology Mercedes Benz", Car Engineer, 20 11 2014: http://www.car-engineer.com/multibeam-led-light-technology-mercedes-benz/, erişim tarihi 10.1.2018.

[82] Stephan Berlitz, "High beam assistant MatrixBeam" SAE International Press. 13-18, USA, 2014.

[83] D. AG, "blog.mercedes-benz-passion", Daimler AG, 2016: http://blog.mercedes-benz-passion.com/2016/02/auf-einen-blick-das-neue-led-multibeam-in-der-neuen-e-klasse/, erişim tarihi 6.1.2018.

[84] N. S.-D. C. Team, "Partner Innovation", Nvidia: https://www.nvidia.co.uk/self-driving-cars/partners/, erişim tarihi 12.5.2018.

[85] N. R. Team, "Otonom Makineler Nvidia Jetson", Nvidia, 2018: https://www.nvidia.com/tr-tr/autonomous-machines/embedded-systems-dev-kits-modules/, erişim tarihi 15.2.2018.

[86] Arduino, "Arduino Mega 2560 R3": https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3., erişim tarihi 18.5.2018.

[87] J. Clark, "Playstation Eye Brings Next-Generation Communication", Sony Computer Entertainment, 26 4 2007: https://www.sony.com/en_us/SCA/company-news/press-releases/sony-interactive-entertainment/2007/playstation-eye-brings-next-generation-communicati.html, erişim tarihi 15.5.2018.

[88] C. Editors, "Sony Playstation Eye Camera - web camera Series Specs", CNet: https://www.cnet.com/products/sony-playstation-eye-camera-web-camera-series/specs/, erişim tarihi 18.5.2018.

[89] Dusty_nv, "How to install JetPack 3.0", 30.8.2017: https://devtalk.nvidia.com/default/topic/1023293/how-to-install-jetpack-3-0-by-wireless-network/, erişim tarihi 18.5.2018.

[90] O. Team, "OpenCV", 2018 : https://docs.opencv.org/, erişim tarihi 2.5.2018.

[91] M. Pişkin, "Open CV Nesne Tespiti", Mesut Piskin Blog, 3 9 2016 : http://mesutpiskin.com/blog/opencv-nesne-tespiti.html, erişim tarihi 15.1 2018.

[92] M. J. Paul Viola, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features", Accepted Conference On Computer Vision And Pattern Recognition , 2001.

[93] K. Sınhal, "Training a better Haar and LBP cascade based Eye Detector using OpenCV" 23.1.2017: https://www.learnopencv.com/training-better-haar-lbp-cascade-eye-detector-opencv/, erişim tarihi 20.10.2018.

[94] G. Milner, "Lowering False Positive Detection Rates Using Multiple Haar Classifiers" Florida State Univeristy, Tallahessee.

[95] B. News, Bloomberg, 28 6 2017: https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-06-28/macau-atms-need-face-time-before-payout-to-help-follow-the money?utm_content= tech&utm_campaign=socialflow-organic&utm_source=twitter&utm_medium= social&cmpid%3D=socialflow-twitter-tech, erişim tarihi 18.9.2018.

[96] Fujikura, "Automotive", Fujikura: http://www.fujikura.com/solutions/automotive/, erişim tarihi 18.6.2018.