



**T.C.  
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**LAZER IŞIĞINI TAKİP EDEN ARAÇ PROTOTİPİ TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Merve TASALI**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. İsmail BAYRAKLI**

**AKSARAY, 2023**

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 182363401 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Merve TASALI tarafından hazırlanan “**LAZER IŞIĞINI TAKİP EDEN ARAÇ PROTOTİPİ TASARIMI**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman: Prof. Dr. İsmail BAYRAKLI**

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

**Üye: Dr. Öğr. Üyesi Hatice AKMAN**

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

**Üye: Dr. Öğr. Üyesi Filiz SARI**

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Tez Savunma Tarihi: 19/01/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinallliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

**İmza**  
**Merve TASALI**

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda bana inanarak destek ve yardımlarını esirgemeyen, değerli bilgilerini benimle paylaőan hocalarım Sayın Prof. Dr. İsmail BAYRAKLI'ya ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Filiz SARI'ya teőekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her döneminde maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, bana ve yaptıklarına inanarak her koşulda beni sonuna kadar destekleyen, hak gasp etmeden yolumda ilerlemeyi öğreten başta değerli babam Hikmet TASALI'ya ve değerli annem Gülseren TASALI'ya ve sevgili geniş aileme sonsuz teőekkürlerimi sunuyorum.

Merve TASALI  
AKSARAY, 2023

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	vii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı .....	1
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>	<b>3</b>
2.1 Önceki Çalışmalar .....	3
2.2 Güdüm Sistemi .....	5
2.2.1 Güdüm türleri .....	6
2.2.2 Güdüm sistemi bileşenleri .....	8
2.3 Lazer tanımı ve çalışma prensibi .....	8
2.4 Görüntü İşleme .....	11
2.4.1 Görüntü işlemenin temel kavramları .....	11
<b>3. MALZEME VE YÖNTEM .....</b>	<b>13</b>
3.1 Sistemin Genel Tanıtımı .....	13
3.1.1 İşaretleyici birim .....	14
3.1.2 Arayıcı birim .....	19
3.1.3 Algılayıcı birimi .....	20
3.2 Sistemin Çalışması ve Yapılan Çalışmalar .....	21
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>35</b>
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>44</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>46</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>49</b>

# YÜKSEK LİSANS TEZİ

## LAZER IŞIĞINI TAKİP EDEN ARAÇ PROTOTİPİ TASARIMI

Merve TASALI

Aksaray Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İsmail BAYRAKLI

### ÖZET

Bu tezde, lazer ışını ile işaretlenmiş bir nesneyi, o nesneye kitlenerek izleyen lazer güdümlü araç prototipi tasarlanmıştır; elektro-mekanik donanım ve elektronik kart seçimleri yapılmıştır; donanım ve görüntü işleme için gerekli yazılımlar yapılmıştır ve sistem imal edilmiştir.

Görüntü işleme; fotoğraf endüstrisi, robotik uygulamalar, gıda endüstrisi, savunma sanayi, hava gözlem ve tahmin uygulamaları ve tıp alanı gibi pek çok sektörde kendine uygulama ve gelişme alanı bulmuştur. Son dönemlerde belirtilen sektörlerdeki gelişmeler, işlenecek verilerin sayısındaki artış gibi faktörler sayesinde, görüntü işleme tekniklerinin de gelişmesini beraberinde getirmiştir. Görüntü işleme tekniklerindeki gelişmeler; makine öğrenmesi, derin öğrenme ve yapay sinir ağları gibi yan alanların da görüntü işleme işlemlerine dahil edilmesini gerekli kılmıştır. Yüz tanıma algoritmaları, sürücüsüz araçlar gibi uygulamalar, makine öğrenmesi destekli görüntü işleme tekniklerine verilebilecek bazı örneklerdendir. Askeri alanda çok önemli bir konu olan nesne takibi uygulamaları ise yapay zeka uygulamaları ile güçlendirilmektedir.

Hazırlanan bu tez çalışması; ön tasarım, nihai tasarım ve üretim olarak üç ana aşamada gerçekleştirilmiştir. Ön tasarım aşamasında; öncelikli olarak literatür taraması yapılmıştır ve benzer çalışmalar incelenmiştir. Nihai tasarıma temel oluşturacak deneysel testler yapılarak sisteme en uygun elektronik ve mekanik ekipmanlar belirlenmiştir. Nihai tasarımda; ön tasarım aşamasında test edilen ve birbirine alternatif oluşturan ekipmanlar avantaj ve dezavantajlarına göre değerlendirilerek belirlenmiştir. Üretim aşamasında; demonte olarak alınan araç gövdesinin montajı yapılmıştır. Bu montaj ile eş zamanlı olarak elektronik ve mekanik ekipmanların da araç gövdesine montajı gerçekleştirilmiştir. Montaj aşamasının tamamlanmasının ardından ön tasarım aşamasında temelleri oluşturulan ve nihai tasarım aşamasında en uygun çözüm olarak belirlenen elektronik kart yazılımları ve görüntü işleme yazılımları prototip ile entegre edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** lazer, görüntü işleme, güdüm, nesne takibi

**Şubat, 2023; 49 sayfa**

## **M.Sc. THESIS**

### **DESIGN OF A VEHICLE PROTOTYPE TRACKING LASER LIGHT**

**Merve TASALI**

**Aksaray University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Electrical And Electronics Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. İsmail BAYRAKLI**

#### **ABSTRACT**

In this thesis, a prototype of a laser guided vehicle that tracks and locks into for laser pointed objects has been developed, electro-mechanical hardware and electronic board selections have been made, the necessary softwares for hardware and image processing have been developed and the system has been developed.

Image processing has found application and development areas in many sectors such as photography industry, robotic applications, food industry, defense industry, weather observation and forecasting applications and medicine. In recent years, the developments in the sectors mentioned has brought the development of image processing techniques over thanks to factors such as the increase in the number of data to be processed. Developments in image processing techniques; machine learning, deep learning and artificial neural networks, such as side areas have also required to be included in image processing. Applications such as face recognition algorithms and autonomous cars are some examples of machine learning assisted image processing techniques. Object tracking applications, which is a very important issue in the military field, are strengthened by artificial intelligence applications.

This study was carried out in three main stages as preliminary design, final design and production. At the preliminary design stage; literature review was made and similar studies were examined. The tests that will form the basis of the final design were made and the most suitable electronic and mechanical equipment for the system was determined. In the final design the equipment, which was tested during the preliminary design phase and created alternatives to each other, was determined by evaluating them according to their advantages and disadvantages. Installation of the vehicle body, which was purchased disassembled, was assembled on production phase and electronic and mechanical equipments were also mounted on the vehicle body. After the assembly phase was completed, the electronic board software and the image processing software, the foundations of which were created during the preliminary design phase and determined as the most appropriate solution during the final design phase, were integrated with the prototype.

**Keywords:** laser, image processing techniques, guidance systems, object tracking

**February, 2023; 49 pages**

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Aktif hedefle güdüm yöntemi temsili gösterim .....	7
Şekil 2.2. Yarı-aktif hedefle güdüm yöntemi temsili gösterim .....	7
Şekil 2.3. Pasif hedefle güdüm yöntemi temsili gösterimi .....	7
Şekil 2.4. Bir güdümlü füzenin temel bileşenleri .....	8
Şekil 2.5. Lazerlerin yapısı: 1) lazer ışını, 2) pompa kaynağı, 3) kazanç ortamı, 4) yansıtıcı ayna, 5) optik kovuk, 6) kısmen yansıtıcı ayna .....	10
Şekil 2.6. a) uyarılmış soğurma, b) kendiliğinden salma, c) uyarılmış salma .....	10
Şekil 3.1. Lazer ışığını takip eden araç prototipi sistemine ait blok diyagramı.....	13
Şekil 3.2. Kullanılan diyot lazer .....	15
Şekil 3.3. Lazer işaretleyici birimde kullanılan kontrolcü kartı .....	15
Şekil 3.4. Arduino IDE .....	17
Şekil 3.5. Lazer İşaretleyici Birimi'nde kullanılan SG90 servo motorlar .....	18
Şekil 3.6. GUI  Laser Guided System Control Panel arayüzüne ait örnek görsel.....	18
Şekil 3.7. GUI  Laser Guided System Control Panel adlı arayüze ait görsel.....	20
Şekil 3.8. Lazer Algılayıcı Birimi'ne ait görsel .....	20
Şekil 3.9. GUI  Image Processing Control Panel adlı arayüze ait görsel.....	21
Şekil 3.10. Sisteme ait blok diyagramı .....	22
Şekil 3.11. Arayüz Üzerinde İşaretçi Birimi'nin bağlandığını gösteren uyarı .....	23
Şekil 3.12. Arayüz Üzerinde Arayıcı Birimi'nin bağlandığını gösteren uyarı.....	24
Şekil 3.13. Arayıcı Birimi'ne ait manuel kontrol sayfası .....	25
Şekil 3.14. Arayıcı Birimi'ne Ait otomatik kontrol sayfası .....	25
Şekil 3.15. Kamera bağlandı.....	26
Şekil 3.16. "Detected" penceresine ait görsel .....	26
Şekil 3.17. Kameradan görüntü alma algoritmasına ait akış diyagramı .....	27
Şekil 3.18. Lazer ışığının tespiti algoritmasına ait akış diyagramı .....	28
Şekil 3.19. Genişletme işlemi .....	31
Şekil 3.20. Aşındırma işlemi.....	31
Şekil 3.21. Lazer ışığı takip algoritmasına ait akış diyagramı .....	33
Şekil 4.1. Lazer İşaretleyici Birimi'nin ilk tasarımına ait görsel .....	35
Şekil 4.2. Lazer İşaretleyici Birimi'ne ait nihai tasarım görseli.....	37
Şekil 4.3. Lazer İşaretleyici Birimi'ne ait nihai tasarım blok diyagramı .....	38
Şekil 4.4. Lazer Arayıcı Birimi'nin ilk tasarımına ait görsel .....	38
Şekil 4.5. Çok yönlü tekerler ile kazanılan hareket kabiliyetleri .....	39
Şekil 4.6. Arayıcı Birimi'nin nihai tasarımına ait görsel.....	40
Şekil 4.7. Lazer Arayıcı Birimi'nin nihai tasarımına ait blok diyagramı .....	41
Şekil 4.8. HSV renk bulma uygulaması.....	42
Şekil 4.9. HSV renk kodu bulma örneği .....	42

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Işığın dalgaboyuna göre bölgelere ayrılması .....	9
Çizelge 3.1. Kullanılan diyot lazerin özellikleri .....	14
Çizelge 3.2. Arduino marka kontrolcü modelleri ve özellikleri .....	16
Çizelge 3.3. Nesne tespit yöntemleri ve temel prensipleri .....	32
Çizelge 3.4. Nesne sınıflandırma yöntemleri ve kullanım biçimleri .....	32
Çizelge 3.5. Nesne takip yöntemleri .....	33
Çizelge 4.1. SG90 servo motor teknik özellikleri .....	36
Çizelge 4.2. Arduino UNO teknik özellikler .....	37
Çizelge 4.3. MG996R servo motor teknik özellikleri .....	40



## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>bps</b>	bits per second ( saniyede bir bit veri iletişim hızı)
<b>GOT</b>	Go Onto Target (Hareketli Hedefler İçin GÜdüm)
<b>GOLIS</b>	Go Onto Location In Space (hareketsiz hedefler için güdüm)
<b>GPS</b>	Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
<b>GUI</b>	Graphical User Interface, Grafik Kullanıcı Arayüzü
<b>HG</b>	Homing Guidance (Hedefle GÜdüm)
<b>IDE</b>	Integrated Development Environment – Bütünleşmiş Geliştirme Ortamı
<b>IFF</b>	Identification Friend or Foe (Dost Düşman Tanıma Sistemi)
<b>USB</b>	Universal Serial Bus, Evrensel Seri Veriyolu



## 1. GİRİŞ

Güdümsüz mühimmatlar, eğik atış prensipleri kullanılarak hedefi imha etmek üzerine tasarlanmışlardır. Değişen savaş koşulları, gelişen teknoloji, sivil zaiyatın yüksek olma olasılığının olduğu alanlar gibi etmenler yüksek vuruş hassasiyeti isterini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca güdümsüz mühimmatların kaynaktan fırlatıldıktan sonra seyir rotası üzerinde değişiklik yapılamaması sebebiyle hareketli hedeflerin imhasında başarı oranının düşük olması ve bu durumun maliyeti de önemli ölçüde artırması gerçeği güdümlü mühimmatlara olan ihtiyacı artırmıştır.

Güdümlü mühimmatlar, havada dahi gerektiğinde seyir rotası üzerinde değişiklik yapabilme kabiliyetine sahip olmaları sebebi ile daha az mühimmat ile yüksek vuruş kabiliyeti elde etmeye imkan vermektedir [1].

### 1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu tezde, lazer ışını ile işaretlenen nesneden yansıyan ışınlar aracılığı ile bir lazer güdümlü araca yön verilmesi incelenmiş ve prototipinin üretilmesi amaçlanmıştır. Teze konu olan Lazer Işığını Takip Eden Araç prototipi; Arayıcı Birim, İşaretleyici Birim ve görüntü işleme algoritmalarını koşturacak Algılayıcı Birimi olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır.

Bu amaç kapsamında öncelikli olarak, arayıcı birim olarak görev yapacak araç gövdesi ve aracın hareketli hedefi takip edebilmesi için gerekli olan elektronik ve mekanik ekipmanlardan sistemin çalışma prensibine en uygun olanlarının seçimi yapılmış ve elektriksel ve mekanik montajı gerçekleştirilmiştir. Bir sonraki aşamada, hedef işaretleme amacıyla kullanılacak olan işaretleyici biriminin seçimi yapılmış ve elektriksel ve mekanik montajı gerçekleştirilmiştir. Elektriksel ve mekanik montaj adımlarının tamamlanmasının ardından Arayıcı Birim ve İşaretleyici Birime ait elektronik kart yazılımları geliştirilmiş ve kartlar, bu yazılımlar ile programlanmıştır.

Son aşamada, Algılayıcı Birimi'nin tasarımı yapılmıştır. Bu birimde; nesneden yansıyan lazer ışınlarının tespit edilmesi için bir adet IP kamera ve bu kameradan gelen görüntülerin işlenmesi görevini yerine getirecek olan yazılım geliştirilmiş ve Arayıcı

Birimi'nin kontrol edilmesi amacıyla kullanılacak olan kullanıcı arayüzü tasarlanmıştır.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1 Önceki Çalışmalar

“Lazer Işığını Takip Eden Araç Prototipi Tasarımı” konulu tez çalışması için yapılan literatür taraması kapsamında incelenen bazı çalışmalar aşağıda aktarılmıştır.

“Dost ve Düşman Tanıma Sistemleri İçin Elektronik Donanım Tasarımı” konulu yüksek lisans tez çalışmasında [2]; radyo frekansı tabanlı çalışan IFF sistemlerine alternatif olması amaçlanan lazer tabanlı bir dost düşman tanıma sistemi tasarımı üzerine çalışmalar yapılmıştır. Mevcut IFF sistemleri araştırılarak avantaj ve dezavantajları sunulmuştur. Bu tez çalışmasında ayrıca lazer fiziği ve tarihçesi hakkında da bilgiler sunulmuştur.

“Lazer Tabanlı Hedef Tanıma/Kimliklendirme Sistem Tasarımı” konulu yüksek lisans tez çalışmasında [3]; bastırma ve karıştırma gibi, sistemin kararlı çalışmasını engelleyecek uygulamaları bertaraf edebilmek ve güvenliği üst seviyelere çıkarabilmek amacıyla, radyo frekansı yerine lazer tabanlı uzaktan hedef tanıma ve kimliklendirme sistem tasarımı üzerine çalışmalar yapılmıştır. Teknoloji gelişirken bununla paralel olarak artan güvenlik ihtiyaçlarına değinilmiş ve bu ihtiyacı karşılayacak metotlar hakkında bilgiler de sunulmuştur. Bu metotlardan biri olan alıcı ve verici birimleri arasında gerçekleştirilen iletişimin kodlanması üzerine yapılan çalışmalar hakkında bilgiler sunulmuştur. Teze konu olan lazerler ve sisteme ait elektronik donanımlar hakkında da bilgiler sunulmuştur.

“Lazer Tabanlı Güvenli Veri İletim Sistemi Tasarımı” konulu yüksek lisans tez çalışmasında [4]; radyo frekansı yerine lazer tabanlı uzaktan hedef tanıma ve kimliklendirme sistem tasarımı üzerine çalışmalar yapılmıştır. Teknoloji gelişirken bununla paralel olarak artan güvenlik ihtiyaçlarına değinilmiş ve bu ihtiyacı karşılayacak metotlar hakkında bilgiler de sunulmuştur. Bu metotlardan biri olan alıcı ve verici birimleri arasında tek kullanımlık şifre tekniği ile gerçekleştirilen iletişimin kodlanması üzerine yapılan çalışmalar hakkında bilgiler sunulmuştur. Teze konu olan lazerler ve sisteme ait elektronik donanımlar hakkında da bilgiler sunulmuştur.

“Hafif Raylı Sistemlerde Lazerli Engel Algılayıcı Sistem Tasarımı” konulu yüksek lisans tez çalışmasında [5]; 50 km/h maksimum hızla giden hafif raylı bir sistemin lazer sinyalleri ile güvenli duruş sistemi geliştirilmiştir. Toplu taşıma araçlarında güvenlik tedbirleri ve kontrol mekanizmalarının kullanımının önemini ele alan bu tez çalışmasında ayrıca lazerler hakkında da temel bilgilere yer verilmiştir.

“Lazer Hüzme Takip GÜdümlü Tank Mühimmatının Modellenmesi ve Analizi” konulu yüksek lisans tez çalışmasında [6]; envanterde bulunan 155 mm çaplı genel maksat mühimmatına güdüm yeteneği kazandırılması incelenmiştir. Tank ve topçu mühimmatlarının kullanım amaçlarından, güdümlü ve güdümsüz füzelerin farklılıkları ve tarihçelerinden bahsedilmiştir. Bu çalışmanın ilerleyen bölümlerinde ayrıca, temel güdüm yöntemleri hakkında da bilgiler verilmiştir.

“Lazer Mesafe Ölçer Optik Tasarımı” konulu yüksek lisans tez çalışmasında [7]; dedektör ve merceklerden oluşan lazer mesafe ölçer sistemi tasarlanmıştır. Uzaktan algılama yapabilen sensörler hakkında temel bilgiler verilmiş ve bileşenlerinden bahsedilmiştir. Bu çalışmanın ilerleyen aşamalarında lazerler, mercekler, yaklaşma sensörleri ve mesafe ölçüm yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir.

“Güdümlü ve Güdümsüz Topçu Mühimmatlarının Vuruş Performans Değerlendirmesi” konulu yüksek lisans tez çalışmasında [8]; güdümlü ve güdümsüz mühimmat yörünge modelleri oluşturulmuş ve topçu mermilerinin vuruş performansı değerlendirilmiştir. Ek olarak; güdümlü ve güdümsüz mühimmatların tarihçesi, kullanım şekilleri, güdümsüz mühimmatların dezavantajları gibi konularda da bilgiler verilmiştir.

“Lazer Fiziği ve Lazer Uygulamalarında Temel Kavramlar” konulu makalede [9]; lazerlerin doku üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu makalede ışık kaynaklarının medikal amaçlı kullanımı hakkında bilgiler verilmesinin yanında lazerlerin tarihçesinden, özelliklerinden ve çalışma prensiplerinden de bahsedilmiştir.

## 2.2 Güdüm Sistemi

Klasik topçu sistemleri, yüksek vuruş hassasiyetine sahip olmasa da hedefi kabul edilebilir bir hata dahilinde vurma şansını veren ve bir alanı baskı altına almak için kullanılan sistemlerdir. Bu sistemler açık çevrim kontrollü olarak tasarlandıkları için bu klasik topçu sistemleri ile belirlenen hedefler ilk seferinde vurulamazsa, yapılan atış hesapları tekrarlanır ve yeni atışlar yapılır. İlk atışta hedefin vurulmadığı durumlarda, hedefin karşı taarruza geçmesi ya da konumunu değiştirmesi olasıdır. Klasik topçu sistemlerinin hareketsiz hedeflere karşı hatırı sayılır başarılar elde etmiş olması durumu, hareketli hedefler ve yüksek hassasiyet gerektiren hedefler için geçerli olamamaktadır. Klasik topçu sistemlerinin hedefi ilk seferde vuramadığı koşulların diğer olumsuz sonuçları ise; görev maliyetlerinin yükseliyor olması ve yanıl hasarının yüksek olması sebebiyle, sivil zaiyatın olma ihtimali olan alanlarda kullanılmıyor olmasıdır. Tüm bu durumların sonucuna, değişen savaş koşulları ve gelişen tehditler de eklendiğinde hareketli ve duran hedefler için yüksek hassasiyetli vuruş kabiliyeti isteri ortaya çıkmıştır. Bu isteri sağlamak amacıyla geliştirilen yeni tip akıllı mühimmat sistemleri için yeniden tasarım yapmak zaman ve maliyet kaybına sebep olacaktı. Bu sebeple mevcut sistemler üzerinde değişiklikler ve eklemeler yapılarak akıllı mühimmat sistemleri geliştirilmiştir. Bu sayede de yeni tip akıllı sistemler, mevcut sistemlere entegre edilebilir hale gelmiştir [6, 8, 10, 16].

Yüksek hassasiyetli vuruş kabiliyeti isterinin sonucu olarak geliştirilen güdüm sistemleri; genel bir ifade ile, insan kontrolüne gerek duymadan füze, uydu, roket, uçak, gemi, helikopter gibi hareket halindeki araçlara bulunduğu konumdan, varmaya programlandığı konumlara, istenilen hassasiyetle ulaşabilmesi için konum, hız, yükseklik gibi parametrelerini hesaplayarak otonom seyir kabiliyeti kazandıran aygıtlar olarak tanımlanabilir. Genellikle bünyesinde bir hedef takip sistemi ile seyir ve kontrol sistemi barındıran bu akıllı sistemler sayesinde hedef, güdümlü sistem tarafından tanınır ve hedef hareketleri takip edilebilir hale gelir [11, 12, 13].

Güdümlü füzelerin; bütün hesaplamaların ve kontrollerin atılmadan önce yapıldığı ve atıldıktan sonra herhangi bir kontrolün mümkün olmadığı güdümsüz füzelerden temel farkı, atıldıktan sonra belirli bir hedefe veya rotaya göre kontrol edilebilir olmasıdır [6].

Askeri açıdan bakıldığında; güdümlü mermiler füze adını alırken, güdümsüz mermiler roket olarak adlandırılmaktadır. Bir roketin bileşenleri; tapa, harp başlığı, roket motoru ya da itki sistemi ve kanatlardan oluşurken, füzenin bileşenlerinde tüm bunlara ek olarak güdüm bölümü ve kontrol bölümü bulunmaktadır [14].

### **2.2.1 Güdüm türleri**

Temelde güdüm sistemleri çalışma şekilleri ve kullanım yerlerine göre ikiye ayrılır: hareketli hedefler için güdüm sistemleri (Go-Onto-Target, GOT) ve hareketsiz hedefler için güdüm sistemleri (Go-Onto-Location-In-Space, GOLIS) [19, 20].

#### **2.2.1.1 Hareketli hedefler için güdüm (GOT):**

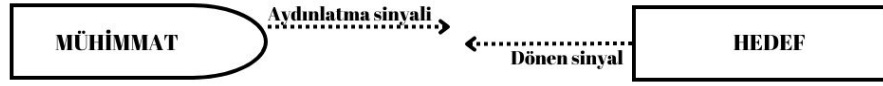
Hareketli hedef olarak nitelenebilecek olan gemi, uçak, tank vb. gibi konum değiştirme kabiliyetine sahip hedeflerin yer değiştirmesine cevap verebilecek sistemler, bu grupta toplanmıştır. Uzaktan ve hedefle güdüm olmak üzere iki ana kola ayrılmaktadır [19, 20].

Bu tez çalışmasının konusu, hedefle güdüm kategorisinde yer almakta olup devam eden bölümlerde yalnızca bu sistemler hakkında bilgi verilmiştir.

Hedefle Güdüm (HG): Hedef takibinin, hedeften yansıyan sinyallerle yapıldığı bu tekniği kullanan füzelerde, hedeften gelen sinyallerin algılanması amacıyla kullanılan arayıcı başlık birimi bulunmaktadır. Hedefle güdüm sistemi; aktif, yarı-aktif ve pasif olmak üzere üç ana kola ayrılmaktadır [15, 17, 18].

Şekil 2.1’de gösterilen aktif hedefle güdüm sistemlerinde; hedef takibi, füzenin kendi üzerinde bulunan arayıcı birimleri kullanılarak yapılmaktadır. Aktif hedefle güdüme sahip füzelerde hem alıcı, hem de verici birimi füze üzerinde yer almaktadır. Bu yapı aynı zamanda bazı dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Bu sistemde hedef, füze üzerinde bulunan arayıcı birimi ile aydınlatıldığı için, radar ikaz alıcısı bulunan hedefler tarafından füzenin fark edilme olasılığı yüksektir. Bu sistemlerin bir diğer dezavantajı ise ek ağırlık ve maliyettir [15, 17, 18].

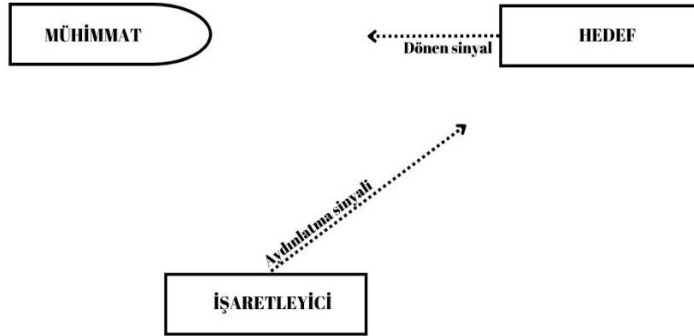
AKTİF: Mühimmat işaretleme birimini üzerinde taşır.



Şekil 2.1. Aktif hedefle güdümlü yöntem temsilini gösterim [15].

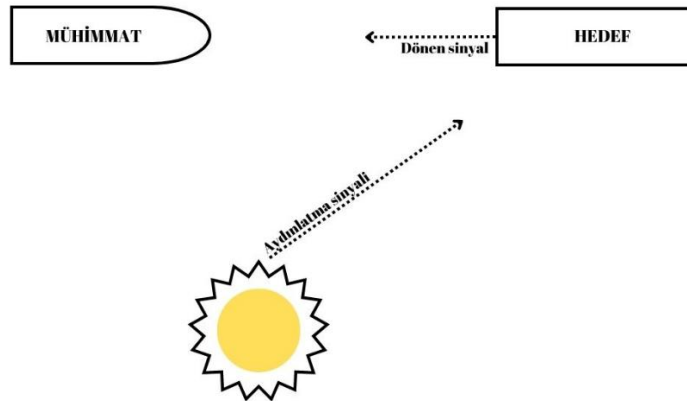
Şekil 2.2’de gösterilen yarı-aktif hedefle güdümlüde; hedef kara, deniz ya da hava aracında bulunan bağımsız bir platform tarafından aydınlatılır. Aydınlatılan hedeften yansıyan sinyaller ise füze üzerinde bulunan arayıcı birimi tarafından algılanır. Yarı-aktif hedefle güdümlüde; hedefin aydınlatılması işleminin harici bir platformdan yapılıyor olması, bu sisteme aktif hedefle güdümlü göre avantaj sağlamaktadır. Bu avantaj sayesinde füze, hedef tarafından tespit edilemediği için hedef tarafından karşı tedbir de alınmaz [15, 17, 18].

YARI-AKTİF: Mühimmat harici bir işaretleme birimi kullanır.



Şekil 2.2. Yarı-aktif hedefle güdümlü yöntem temsilini gösterim [15].

PASİF: Mühimmat hedef üzerinden yansıyan sinyalleri toplar.



Şekil 2.3. Pasif hedefle güdümlü yöntem temsilini gösterimi [15].

Şekil 2.3’de gösterilen pasif hedefle güdümlü; hedef aydınlatılmadan, yalnızca hedeften gelen elektromanyetik sinyaller toplanır. Bu özellik diğer yöntemlerle kıyaslandığında, pasif hedefle güdümlü, düşük maliyet ve hedef tarafından tespit edilememesi gibi avantajlar sağlamaktadır.

### 2.2.2 Güdümlü füzenin bileşenleri

Güdümlü bir füzedeki temel bileşenler Şekil 2.4’de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Bir güdümlü füzenin temel bileşenleri [21].

Hedef takibi esnasında her birinin farklı görevleri bulunan; itki-fırlatma sistemi, harp başlığı, arayıcı başlık, güdümlü mühimmatın alt sistemlerini oluşturmaktadır.

Yapılan hesaplamaların füze üzerinde gerçekleştirilmesini sağlayan alt sistem kontrol yüzeyleri olarak ifade edilmektedir.

Hedeflerin yüksek hassasiyetle tahrip edilebilmesi için, güdümlü mühimmatlarda en önemli birim olan arayıcı başlık, hedefin uzaydaki konumu ile ilgili bilgilerin edinilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Arayıcı başlık birimi üzerindeki sensörler sayesinde; hedefin hareketi, konumu, hedefe yaklaşma hızı ve görüş açısı değişimi hakkında bilgi toplarken, topladığı bu bilgileri de güdümlü birimine iletmektedir [21].

### 2.3 Lazer tanımı ve çalışma prensibi

“Light Amplification by Stimulated of Radition (Uyarılmış Radyasyon Salınımıyla Işığın Kuvvetlendirilmesi)” kelimelerinin kısaltması olan LAZER (LASER); optik düzeneklerle elde edilen ışık kaynağıdır [3, 5, 7].

Lazerler, elektromanyetik spektrumun kızılötesi (IR) bölgesinden başlayıp mor ötesi (UV) bölgesine kadar uzanan ışın demetleridir. [2]. Işığın dalgaboyuna göre ayrıldığı bölgeler Tablo 2.1’de gösterilmiştir.

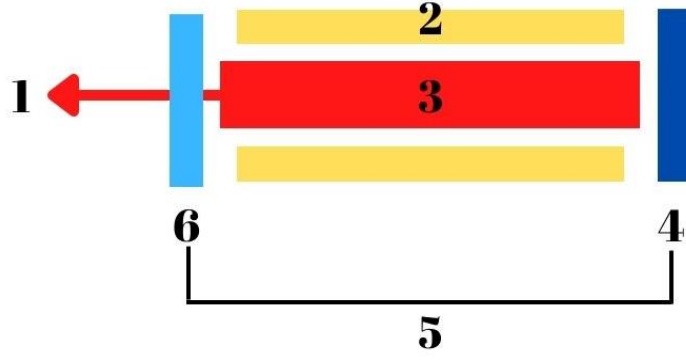
**Çizelge 2.1.** Işığın dalgaboyuna göre bölgelere ayrılması [5].

Renk	Dalgaboyu Aralığı	Frekans Aralığı
Kırmızı	625 - 740 nm	480 - 405 THz
Turuncu	590 - 625 nm	510 - 480 THz
Sarı	565 - 590 nm	530 - 510 THz
Yeşil	525 - 565 nm	580 - 530 THz
Turkuaz	500 - 520 nm	600 - 580 THz
Mavi	430 - 500 nm	700 - 600 THz
Mor	380 - 430 nm	790 - 700 THz

Renk tayfi içerisindeki çoğu renklerin birleşmesiyle oluşan ve insan gözü tarafından algılanabilir olan sıradan ışık kaynaklarının yaydığı odaklanmamış ışınımlardan farklı olarak lazerler; monokromatik, koherent (eş fazlı), tek yönlü ve yüksek enerjili ışık kaynaklarıdır [9].

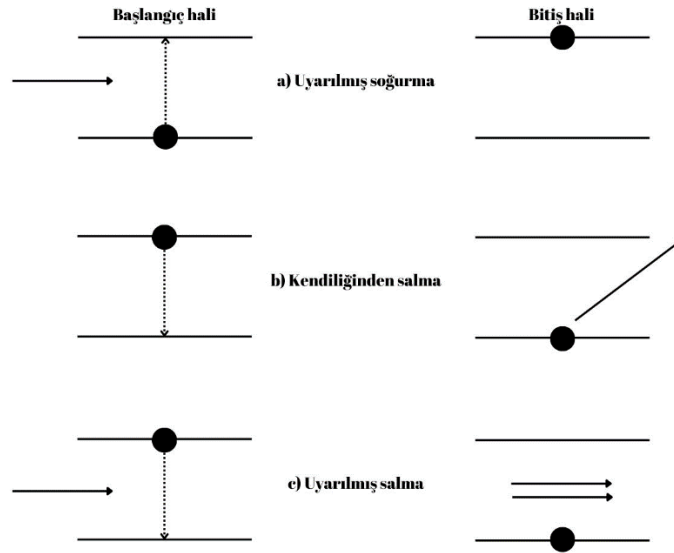
Sıradan ışık kaynakları, bir prizmadan geçirildiğinde farklı renklerin ortaya çıktığı gözlemlenebilir. Lazerler ise tek dalga boyuna sahip ışık üretmesi sebebiyle monokromatik ışık kaynağı olarak adlandırılırlar. Eş fazlı olmayan ışıma yapan ve mesafeye göre şiddeti değişen sıradan ışık kaynaklarına göre lazerler, eş fazlı ışıma yaparlar. Bu sebeple birim zamanda taşıdıkları enerji miktarı ve parlaklığı, sıradan ışık kaynaklarına göre oldukça fazladır. Bu özellik; lazerlere oldukça düşük kayıplarla enerji iletimi yapma ve sanayide kesme, delme ve kaynak gibi işlemlerde kullanılabilme kabiliyeti katmıştır. Ayrıca lazerler, sıradan ışık kaynaklarında olduğu gibi her yöne yayılma eğiliminin aksine, dağılmadan istenilen bir yöne yönlendirilebilir. Bu özellikleri sayesinde mesafe ölçümü uygulamalarında kullanılmaya elverişlidir [2, 4, 5, 24, 25].

Lazerler; Şekil 2.5’de gösterildiği gibi aktif ortam, uyarma (pompalama) mekanizması, yansıtıcı ayna ve yarı-saydam ayna olmak üzere dört bileşenden oluşmaktadır.



**Şekil 2.5.** Lazerlerin yapısı: 1) lazer ışını, 2) pompa kaynağı, 3) kazanç ortamı, 4) yansıtıcı ayna, 5) optik kovuk, 6) kısmen yansıtıcı ayna [27].

Uyarılma sonucu enerji seviyesinde değişiklik olacak atomların yer aldığı gaz, katı kristal ya da yarı-iletkenlerden oluşan kısım, aktif ortam olarak adlandırılmaktadır. Atomların uyarılması için gereken enerjinin verildiği kısım ‘uyarma mekanizması’ olarak adlandırılır ve kimyasal, elektriksel ve optik yapıda olabilirler. Aynalar ise lazer ışığının yansıtılması amacıyla kullanılmaktadır. Optik kovuk ise tüm bu bileşenlerin yer aldığı kısımdır.



**Şekil 2.6.** a) uyarılmış soğurma, b) kendiliğinden salma, c) uyarılmış salma [26].

Elektronların, enerji seviyeleri arasındaki geçişleri foton salmaları ya da soğurmaları ile sonuçlanır. Bir atoma dışarıdan enerji verildiğinde bu atomun son yörüngesindeki

(E1 enerji seviyesi) elektron enerji olarak bir üst enerji seviyesine (E2 enerji seviyesi) geçer. Burada elektron kararsız haldedir ve verilen enerji kesildiğinde kararlı hale geçmek için düşük enerji seviyesine dönerken aldığı  $\Delta E$  enerjisini, ortama elektromanyetik radyasyon yani ışına olarak salar. Ortama yayılan her bir foton diğer atomları uyaracaktır. Bu aşamalar esnasında tam yansıtıcı aynaya ulaşan fotonlar, geri yansyarak diğer atomları enerjilendirmeye devam ederler. Yarı-saydam aynaya ulaşan fotonlar ise buradan geçerek eş fazlı ve monokromatik lazer ışını olarak ortama yayılırlar [2, 3, 4, 9, 26]. Şekil 2.6'da uyarılmış soğurma, kendiliğinden salma ve uyarılmış salma durumlarını gösteren bir resim gösterilmiştir.

## 2.4 Görüntü İşleme

Dijital görüntü işleme, sensörlerden gelen sayısal görüntülerin bir bilgisayar aracılığı ile işlenmesini ifade eder. İnsan gözü, elektromanyetik spektrumun yalnızca görünür bölgesini algılayabilirken; insan gözünün algılayamadığı kaynaklar tarafından oluşturulan görüntüleri algılayabilir olan görüntüleme sistemleri, neredeyse tüm elektromanyetik spektrumu algılayabilir yapıdadır. Bu sebeple; dijital görüntü işleme, ultrason ve elektron mikroskobu tarafından oluşturulan görüntüler gibi geniş ve çeşitli uygulama alanlarını kapsar. Görüntülerin elde edilmesinde CCD kameralar, kızılötesi kameralar, ultrason cihazları, X-ray, manyetik rezonans görüntüleme araçları ve uydu gibi kaynaklar kullanılabilir [30, 32].

### 2.4.1 Görüntü işlemenin temel kavramları

**Piksel:** Dijital görüntüler, her biri iki boyutlu dizi elemanından oluşan yapılardır. Bu iki boyutlu dizi elemanları 'piksel' olarak ifade edilir [28, 29].

**Sayısal görüntü:** Matematiksel bir  $f(x,y)$  fonksiyonu ile ifade edilen pikseller ve her  $(x,y)$  koordinatındaki piksellerin değeri, görüntünün o noktadaki aydınlanmasına eşit olan, iki boyutlu fonksiyonlara denir. Sayısal görüntüler, nesnelere yansıyan ışınların bir algılayıcı ile algılanarak sayısal sinyal haline dönüştürülmesi sayesinde oluşur [28].

Bir sayısal görüntüye ait pikseller;  $m \times n$  boyutunda bir matriste tutulur. Gri tonlu bir görüntüde; her bir piksel 0'dan 255'e kadar değer alabilen 256 farklı gri ton değerinden birini tutar. Siyah renge karşılık 0 değeri, beyaz renge karşılık 255 değeri tutulurken, aralıktaki kalan diğer renkler grinin tonlarını oluşturur. Renkli görüntüler ise; kırmızı-yeşil-mavi (RGB) temel renk tonlarının birleşmesi ile oluşan görüntülerdir. Renkli bir resmin pikselleri kırmızı, yeşil ve mavinin gri seviyelerinden oluşan üç ayrı renk kanalına bölünür [28].

RGB renk uzayı: Kartezyen koordinat sistemi tabanlı bu renk uzayında her renk kırmızı, yeşil ve mavi renklerin birleşimi ile gösterilmektedir. Burada her piksel kırmızı, yeşil ve mavi renklerinin belirli oranda karışması ile oluşmuş renk kodunu tutmaktadır [28, 30].

HSV renk uzayı: İnsan görüşüne en yakın renk uzayı olması sebebiyle görüntü işleme uygulamalarında RGB renk uzayına göre daha çok tercih edilen bir renk uzayıdır. H (hue); rengi, S (saturation); doygunluğu, V (value); parlaklığı ifade eder. Renk değeri, 0-360° arasında değerler olarak renk çeşidine ve tonuna göre diğer renklerden ayrılır. Doymuluk, 0-100% arasında değerler olarak bir rengin diğer renklerle arasındaki canlılık farkını belirler. Parlaklık, 0-100% arasında değerler olarak açık bir rengin koyu bir renkten ayrılmasını belirleyen beyaz renk oranını belirler [28, 30].

### 3. MALZEME VE YÖNTEM

#### 3.1 Sistemin Genel Tanıtımı

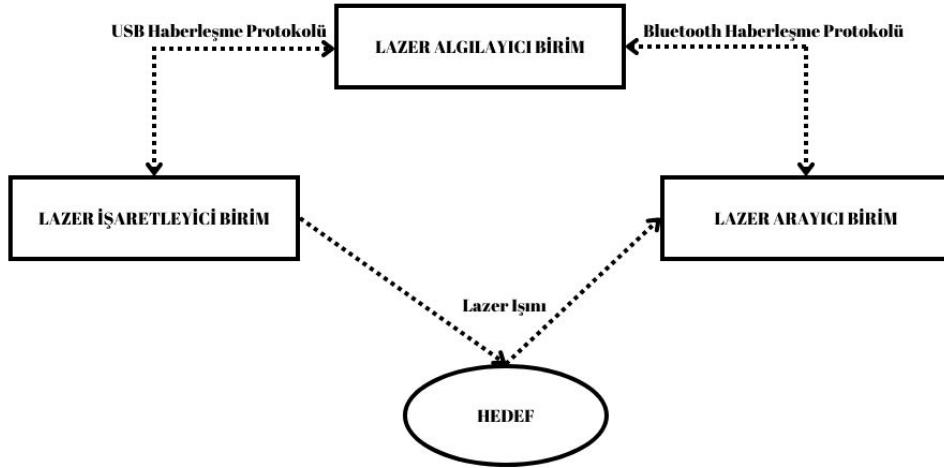
Lazer Işığını Takip Eden Araç Prototipi Tasarımı konulu bu tez çalışmasında; bir cisimden yansıyan ve konumu değişken olan bir lazer spot ışığının, görüntü işleme algoritmaları aracılığı ile konumunun tespit edilerek aracın üzerine yerleştirilmiş olan iki eksende hareket edebilme kabiliyetine sahip elektromekanik yapı üzerine yerleştirilmiş bir IP kamera aracılığı ile takibi hedeflenmiştir.

Bu amaç doğrultusunda sistemde kullanılan bileşenler:

- İşaretleyici birim
- Arayıcı birim
- Algılayıcı birim

olmak üzere üç ana başlık altında toplanmıştır.

Sistemin ana yapısına ait blok şeması Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Lazer ışığını takip eden araç prototipi sistemine ait blok diyagramı

Lazer işaretleyici birim; bir adet 5 mW, 650 nm dalga boyunda kırmızı diyot lazer, bir adet kontrolcü birimi ve hareketli hedefi taklit etmek amacıyla kullanılacak ve iki eksende hareket sağlayacak olan elektromekanik yapıda kullanılmak üzere iki adet

servo motordan oluşmaktadır. Bu birime ait bilgiler 3.1.1. İşaretleyici birim başlıklı bölümde detayları ile aktarılacaktır.

Lazer arayıcı birim; kameranın iki ekseninde hareketini sağlayacak olan elektromekanik yapıda kullanılmak üzere iki adet servo motor, bir adet kamera, aracın çoklu yönlerdeki hareketlerini sağlamak amacıyla araç gövdesi üzerine montajlanmış 4 adet redüktörlü DC motor, bir adet 6V/12Ah kuru tip akü, bir adet 12V/1.3Ah kuru tip akü, iki adet kontrolcü ünitesi ve lazer spot algılayıcı birim ile haberleşmede kullanılacak olan bir adet bluetooth modülünden oluşmaktadır. Bu birime ait detaylar 3.1.2. Arayıcı birim başlıklı bölümde detayları ile aktarılacaktır.

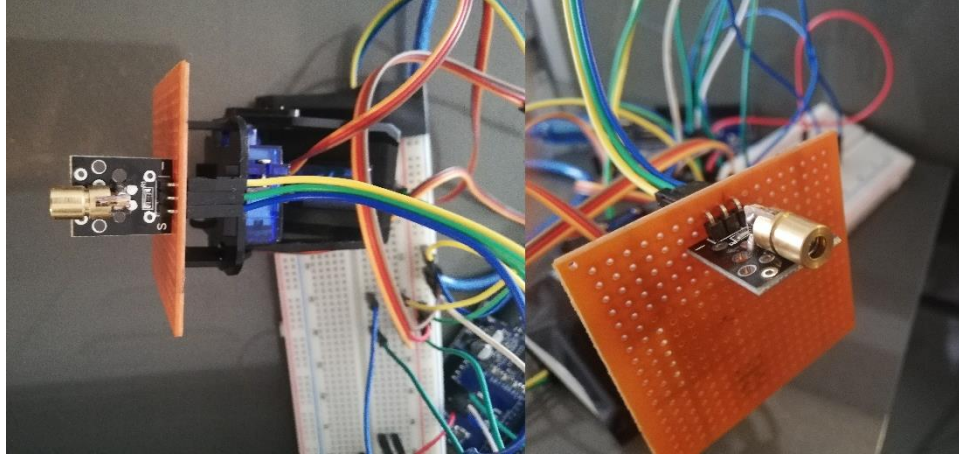
Lazer algılayıcı birim; üzerinde Windows 10 işletim sistemi kurulu olan bir adet laptop, kamera kontrolü ve lazer spot algılama işlemleri için oluşturulacak olan GUI| Image Processing Control Panel isimli arayüz, arayıcı ve işaretleyici birimler ile haberleşmeyi sağlayacak olan GUI| Laser Guided System Control Panel isimli arayüz olmak üzere üç birimden oluşmaktadır. Bu birime ait detaylar 3.1.3. Algılayıcı birimi başlıklı bölümde detayları ile aktarılacaktır.

### 3.1.1 İşaretleyici birim

Bu tez çalışması kapsamında; algılayıcı ve arayıcı birimlerinin lazer ışık kaynağı ihtiyacını karşılamak amacıyla tasarlanan Lazer İşaretleyici Biriminde bir adet 5mW, 650 nm dalga boyunda ışımaya yapabilen diyot lazer kullanılmıştır. Kullanılan diyot lazere ait görsel Şekil 3.2’de, özellikler ise Tablo 3.1’de verilmiştir.

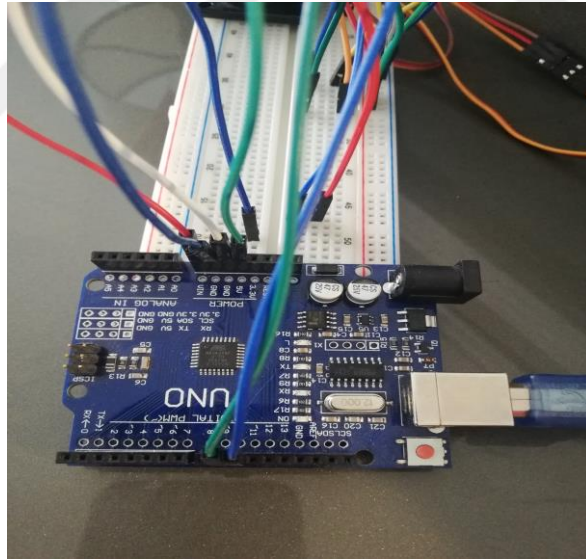
**Çizelge 3.1.** Kullanılan diyot lazerin özellikleri

TEKNİK ÖZELLİKLER	
Dalgaboyu	650 nm
Güç	5 mW
Çalışma gerilimi	5 VDC



**Şekil 3.2.** Kullanılan diyot lazer

Lazer ışık kaynağının uzaktan kontrolüne imkan verebilmek amacıyla bu birimde bir adet Arduino marka UNO model kontrolcü kullanılmıştır. Kullanılan kontrolcüye ait görsel Şekil 3.3'te verilmiştir.



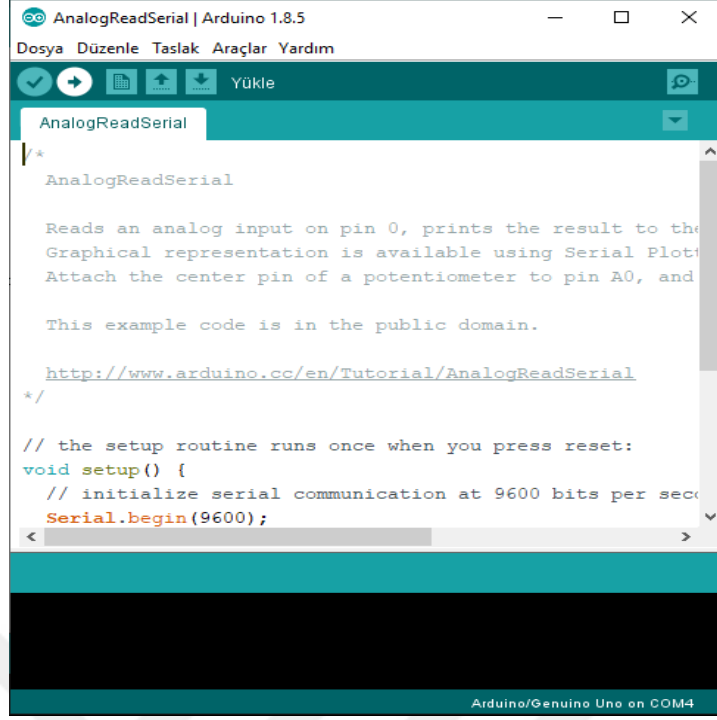
**Şekil 3.3.** Lazer işaretleyici birimde kullanılan kontrolcü kartı

Arduino, kolay kullanım özellikleri ile öne çıkan açık kaynak kodlu bir geliştirme kartıdır. Arduino geliştirme kartlarının giriş ve çıkış sayısı, mikrokontrolcü türü, işlem hızı gibi değişen parametrelere göre birçok çeşidi mevcuttur. Bu tez kapsamında Lazer İşaretleyici Birimi'nde Arduino UNO modeli kullanılmıştır.

**Çizelge 3.2.** Arduino marka kontrolcü modelleri ve özellikleri [37].

Adı	Mikrokontrolörü	Çalışma voltajı / Giriş voltaj aralığı	İşlem hızı	Analog	Digital
				Giriş/Çıkış	IO/PWM
Uno	ATmega328	5 V/7-12 V	16MHz	6/0	14/6
Due	AT91SAM3X8E	3.3 V/7-12 V	84 MHz	12/2	54/12
Leonardo	ATmega32u4	5 V/7-12 V	16MHz	12/0	20/7
Mega 2560	ATmega2560	5 V/7-12 V	16MHz	16/0	54/15
Mega ADK	ATmega2560	5 V/7-12 V	16MHz	16/0	54/15
Micro	ATmega32u4	5 V/7-12 V	16MHz	12/0	20/7
Mini	ATmega328	5 V/7-9 V	16MHz	8/0	14/6
Nano	ATmega168	5 V/7-9 V	16MHz	8/0	14/6
	ATmega328				
Ethernet	ATmega328	5 V/7-12 V	16MHz	6/0	14/4
Esplora	ATmega32u4	5 V/7-12 V	16MHz	-	-
ArduinoBT	ATmega328	5 V/2.5-12 V	16MHz	6/0	14/6
Fio	ATmega328	3.3 V/3.7-7 V	8MHz	8/0	14/6
Pro (168)	ATmega168	3.3 V/3.35-12 V	8MHz	6/0	14/6
Pro (328)	ATmega328	5 V/5-12 V	16MHz	6/0	14/6
Pro Mini	ATmega168	3.3 V/3.35-12V//5 V	8MHz	6/0	14/6
		/5-12 V	16MHz		14/6
LilyPad	ATmega168V	2.7-5.5V/2.7-5.5 V	8MHz	6/0	14/6
	ATmega328V				14/6
LilyPad USB	ATmega32u4	3.3 V/3.8-5V	8MHz	4/0	9/4
LilyPad	ATmega328	2.7-5.5V/2.7-5.5 V	8MHz	4/0	9/4
Simple					9/4
LilyPad					9/4
SimpleSnap	ATmega328	2.7-5.5V/2.7-5.5 V	8MHz	4/0	9/4
Yun	ATmega32u4	5 V	16MHz	12/0	20/7

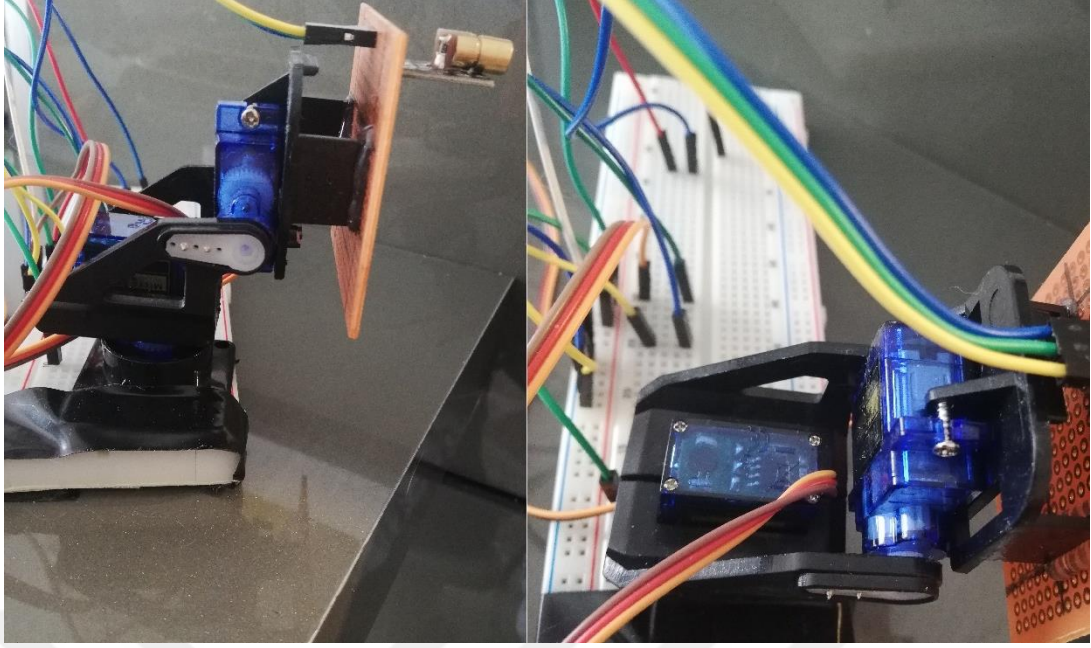
Arduino, kod geliştirmek ve karta yüklemek amacıyla; Windows, Mac OS X ve Linux ortamlarında çalışabilen Arduino IDE adında bir geliştirme ortamına sahiptir. Arduino IDE'ye ait görsel Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Arduino IDE

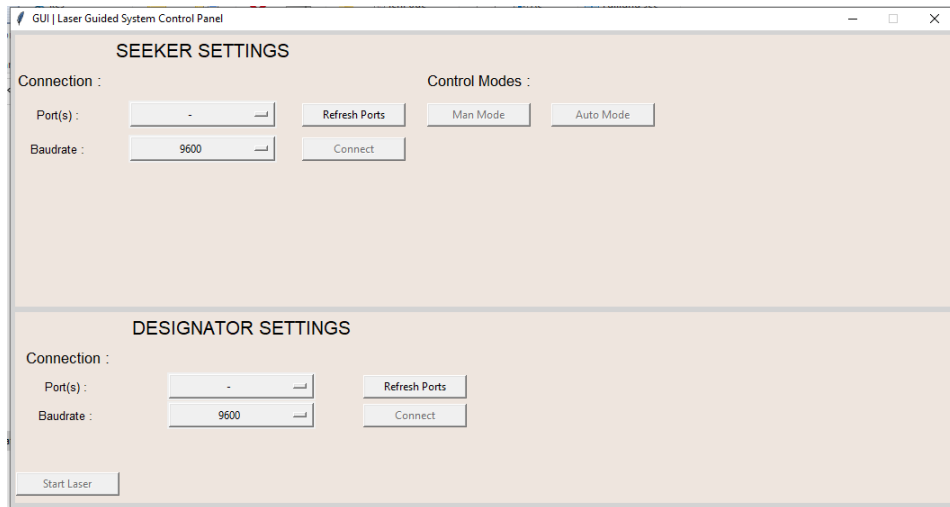
Mühimmatın hareketlerinden arayıcı başlığı izole etmek için bazı sistemlerde; üzerine yerleştirilen cismin hareketten bağımsız olarak yatay ekseninde pozisyonlanabilmesini sağlayan gimbal mekanizması kullanılmaktadır [23]. Gimbal mekanizması; algılayıcının yatış (roll) eksenini, yunuslama (pitch) eksenini ve sapma (yaw) eksenini etrafında hareket ettirilebilmesi amacıyla kullanılan bir mekanizmadır [21, 22]. Mühimmatın burnundan kuyruğuna doğru uzanan ve ağırlık merkezinden geçen eksen etrafında yaptığı dönüş hareketleri, 'yatış (roll) eksenini hareketi'; kanatları boyunca uzanan ve ağırlık merkezinden geçen eksen etrafında yaptığı dönüş hareketleri, 'yunuslama (pitch) hareketi'; gövdenin altından üstüne doğru uzanan ve ağırlık merkezinden geçen eksen etrafında yaptığı dönüş hareketleri, 'sapma (yaw) hareketi' olarak ifade edilmektedir [22].

İşaretleyici Birim'de kullanılan gimbal mekanizmasının x ve y koordinat düzlemlerinde hareketini sağlamak üzere iki adet Tower Pro marka SG90 model mini servo motor kullanılmıştır. Şekil 3.5'te, kullanılan servo motorlara ait örnek bir görsel verilmiştir.



**Şekil 3.5.** Lazer İşaretleyici Birimi'nde kullanılan SG90 servo motorlar

Bu tez kapsamında; İşaretleyici Birimi'nin uzaktan kontrolünün sağlanması amacıyla geliştirilen ve lazer algılayıcı birimi üzerinde ve lazer algılayıcı birimine ait arayüzden bağımsız koşturulan GUI| Laser Guided System Control Panel isimli bir kullanıcı arayüzü tasarımı yapılmıştır. Bu arayüz ile aynı zamanda Arayıcı Birimi'nin de uzaktan kontrolleri gerçekleştirilebilmektedir. Arayüz, Visual Studio Code editörü aracılığı ile Python programlama dili kullanılarak hazırlanmıştır.



**Şekil 3.6.** GUI| Laser Guided System Control Panel arayüzüne ait örnek görsel

Python ile kullanıcı arayüzü tasarımı yaparken kullanılacak bazı kütüphaneler mevcuttur. Bunlar; wxPython, PyQt ve Tkinter kütüphaneleridir. Bu tez çalışması için tasarlanan kullanıcı arayüzleri Tkinter kütüphanesi kullanılarak geliştirilmiştir. Tkinter kütüphanesi, Python diline ait bir kullanıcı arayüzü geliştirme modülü olmakla birlikte profesyonel arayüz tasarımları için yetersiz kalmaktadır. Bu tez çalışmasında Tkinter kütüphanesi; basit kontrollerin yeterli olması sebebiyle tercih edilmiştir.

GUI| Laser Guided System Control Panel adlı arayüze ait görsel Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

### **3.1.2 Arayıcı birim**

Arayıcı Birim'de; kameranın iki ekseninde hareketini sağlayacak gimbal mekanizmasında, iki adet Tower Pro marka SG90 model mini servo motor kullanılmıştır. Hedeften yansıyan lazer ışınlarının algılanması için ise, Huawei marka P20 Lite model cep telefonu kamerası, DroidCam uygulaması ile IP kameraya dönüştürülerek kullanılmıştır. Aracın çoklu yönlerdeki hareketlerini sağlamak amacıyla, araç gövdesi üzerine montajlanmış 4 adet redüktörlü DC motor ve dört adet L298N DC motor sürücüsü bulunmaktadır. Ek olarak aracın hareket kabiliyetini artırmak amacı ile dört adet çok yönlü tekerlek kullanılmıştır.

İki adet kontrolcü ünitesi bulunan aracın kontrolcü üniteleri, Arduino marka Uno model mikrokontrolcü olarak seçilmiştir. Kontrolcü ünitelerden biri, aracın çoklu yönlerdeki hareketini sağlamak için kullanılmış olup diğeri, algılayıcı birimi ile HC-05 model bluetooth modülü üzerinden haberleşmek için kullanılmıştır.

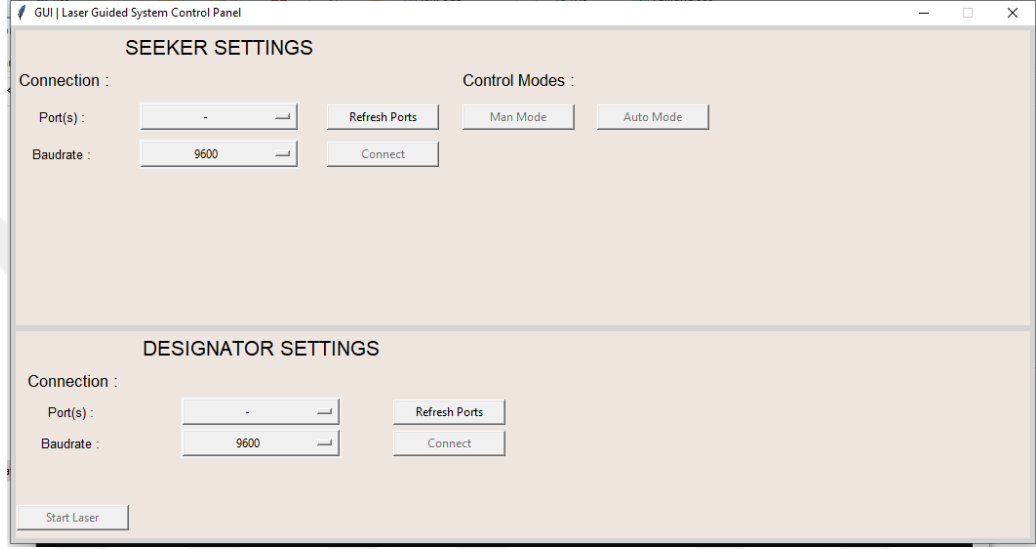
İki kontrolcü arasındaki haberleşme ise I2C protokolü ile gerçekleştirilmiştir.

Kontrolcüleri ve DC motor sürücülerini beslemek için kullanılmak üzere bir adet ttec marka JP12-1.3 model 12V/1.3Ah kuru tip akü kullanılmıştır.

Araç üzerinde bulunan ve gimbal biriminin mekanik tahrikinde kullanılacak olan servo motorların beslemesi için ise, bir adet ttec marka LP6-12 model 6V/12ah kuru tip akü kullanılmıştır.

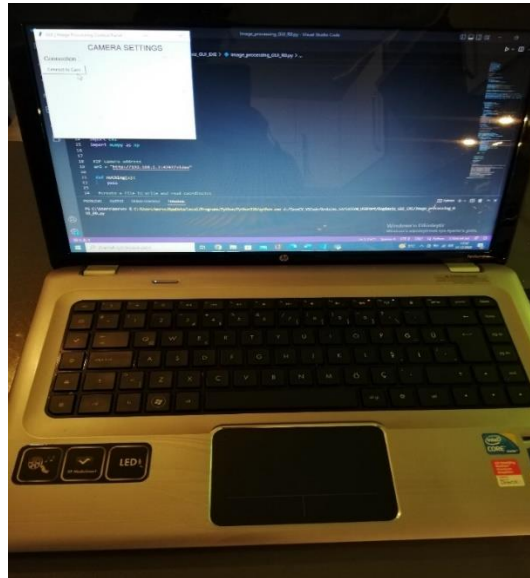
İşaretleyici Birimi'nin uzaktan kontrolünün sağlanması bölümünde bahsi geçen GUI| Laser Guided System Control Panel isimli kullanıcı arayüzü, Arayıcı Birimi'nin uzaktan kontrolünde de kullanılmaktadır.

GUI| Laser Guided System Control Panel adlı arayüze ait görsel Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. GUI| Laser Guided System Control Panel adlı arayüze ait görsel

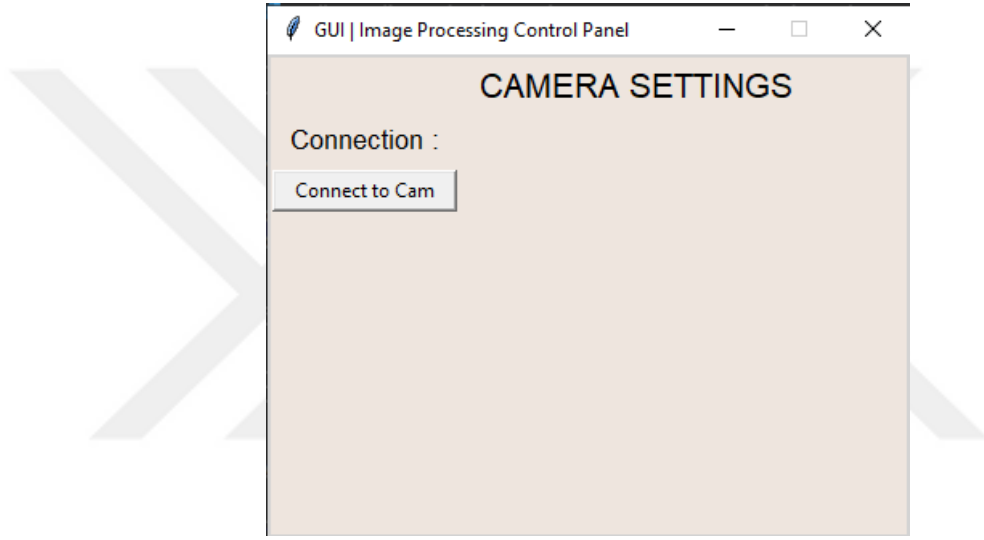
### 3.1.3 Algılayıcı birimi



Şekil 3.8. Lazer Algılayıcı Birimi'ne ait görsel

Lazer güdümlü sistemlerin en önemli bileşeni, lazer spot ışığını algılayan sistemlerdir. Bu tez kapsamında geliştirilen Algılayıcı Birimi ise Arayıcı Birimi üzerinde bulunan kameradan gelen görüntülerin Python programlama dili kullanılarak çeşitli görüntü işleme teknikleri ile işlendiği ve bu sayede lazer spot ışığının takip edildiği bir bilgisayardan (Şekil 3.8) oluşmaktadır.

Algılayıcı Birimi'nin kontrolünde kullanılmak üzere GUI| Image Processing Control Panel isimli arayüzün tasarımı yapılmıştır. GUI| Image Processing Control Panel adlı arayüze ait görsel Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



**Şekil 3.9.** GUI| Image Processing Control Panel adlı arayüze ait görsel

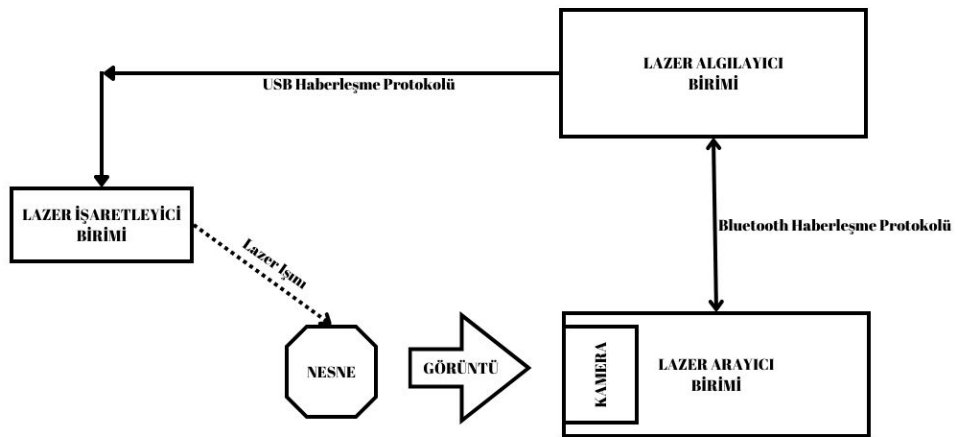
### **3.2 Sistemin Çalışması ve Yapılan Çalışmalar**

Bu tez çalışması kapsamında tasarımı gerçekleştirilen Lazer Işığını Takip Eden Araç Prototipi, yarı-aktif hedefle güdüm yöntemi temelli çalışmaktadır. Buna göre; bir İşaretleyici Birimi aracılığı ile hedef aydınlatılır. Hedeften yansıyan ışınlar, nesne tespit ve izleme işlemleri için Arayıcı Birim üzerinde bulunan ve bakış açısı x ve y koordinat eksenlerinde ayarlanabilir olan bir IP kamera tarafından taranır ve tarama sonuçları Algılayıcı Birime gönderilerek lazer ışığının ve hedefin anlamlandırılması işlemleri gerçekleştirilir. Algılayıcı Birim tarafından görüntü işleme teknikleri kullanılarak tespit edilen lazer ışınının koordinat bilgileri, hedefin takibinin yapılabilmesi amacıyla Arayıcı Birime gönderilir. Arayıcı Birim, tespit edilen lazer

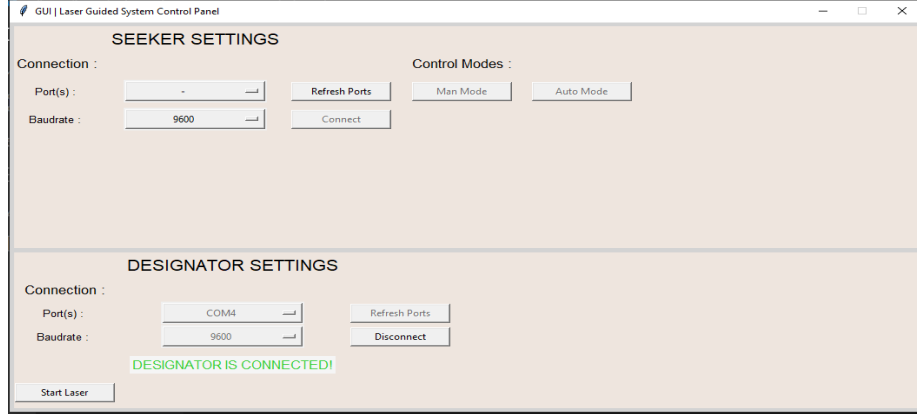
ışınını kamera görüntüsünün merkezinde tutacak şekilde, gönderilen koordinat bilgilerini kullanarak takip işlemlerini gerçekleştirir.

Hareketli hedeflerin, Arayıcı ve Algılayıcı Birimler tarafından tespit edilebilir olması için üzerlerinden yansıyan elektromanyetik enerjinin varlığı önem arz etmektedir. Bu tez çalışmasında, varlığından yararlanılacak olan elektromanyetik enerji ise hareketli bir hedefin lazer ışını ile aydınlatılması sonucu yansıtılmış olduğu lazer spot ışınlarıdır. Bu tez çalışması kapsamında öncelikli olarak, hedefin dinamik olarak işaretlenmesi görevini yerine getirecek olan bir adet Lazer İşaretleyici Birimi tasarımı yapılmıştır.

Tezin devam eden tasarım ve yazılım geliştirme süreçlerinin bir sonraki adımı, Lazer Arayıcı Birimi'nin tasarımıdır. Lazer İşaretleme Birimi ile işaretlenen hedeften yansıyan lazer ışınları, Arayıcı Birimi üzerinde bulunan bir kamera yardımıyla toplanır ve toplanan bilgiler Algılayıcı Birime gönderilerek hedefin anlamlandırılması işlemleri gerçekleştirilir. Bu tez çalışmasının son adımı olan Lazer Algılayıcı Birim tasarımı ise; kendi içinde kameradan görüntülerin alınması, görüntülerdeki lazer ışınının çeşitli morfolojik görüntü işleme yöntemleriyle algılanması, lazer ışığının takip edilmesi ve aracı lazere yönlendirecek koordinat bilgilerinin türetilip Lazer Arayıcı Birime gönderilmesi olarak gruplandırılabilir. Şekil 3.10'da sistemin blok şeması görülmektedir.



Şekil 3.10. Sisteme ait blok diyagramı



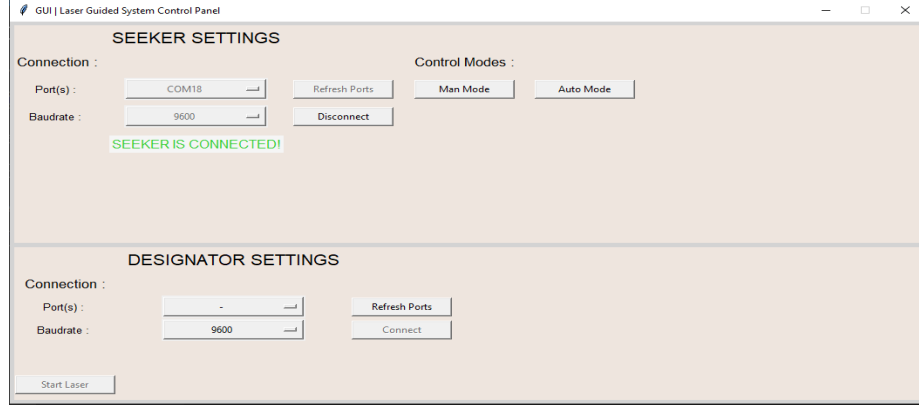
**Şekil 3.11.** Arayüz Üzerinde İşaretçi Birimi'nin bağlandığını gösteren uyarı

İşaretleyici Birimi'nin uzaktan kontrolü amacıyla, GUI| Laser Guided System Control Panel adlı arayüz geliştirilmiştir. İşaretleyici Birimi, tasarlanan bu arayüz ile USB haberleşme protokolü üzerinden iletişim kurmaktadır ve hedef işaretlemesine başlayabilmesi için arayüz üzerinde bulunan "Designator Settings" ekranında bazı ayarların yapılmış olması gerekmektedir. Bu ayarlar; "Ports" kısmında bulunan açılır pencereden port numarasının seçilmesi ve "Baudrate" kısmında bulunan açılır pencereden sistemin çalışma hızının seçilmesi işlemleridir. 9600 bps haberleşme hızı varsayılan olarak ayarlanmıştır. Gerekli haberleşme ayarları yapıldıktan sonra "Connect" butonu aracılığı ile işaretleyici birime bağlanılır. Bağlantı başarılı bir şekilde kuruldu ise "Designator Settings" ekranında "Designator is connected!" uyarısının görüntülenmiş olması gerekir. Şekil 3.11'de, "Designator is connected!" uyarısını gösteren ekran görüntüsü verilmiştir.

İşaretleyici Birim ile bağlantı kurulduktan sonra işaretleme işleminin başlatılabilmesi için "Start Laser" butonuna bir kez basılması gerekir.

Arayıcı Birimi'nin uzaktan kontrolü amacıyla, İşaretleyici Birimi'nde olduğu gibi GUI| Laser Guided System Control Panel adlı arayüz kullanılmaktadır. Arayıcı Birimi, bu arayüz ile bluetooth haberleşme protokolü üzerinden iletişim kurmaktadır ve hedef aramasına başlayabilmesi için arayüz üzerinde bulunan "Seeker Settings" ekranında bazı ayarların yapılmış olması gerekmektedir. Bu ayarlar; "Ports" kısmında bulunan açılır pencereden port numarasının seçilmesi ve "Baudrate" kısmında bulunan açılır pencereden sistemin çalışma hızının seçilmesi işlemleridir. 9600 bps haberleşme hızı varsayılan olarak ayarlanmıştır. Gerekli haberleşme ayarları yapıldıktan sonra

“Connect” butonu aracılığı ile Arayıcı Birim’e bağlanılır. Bağlantı başarılı bir şekilde kuruldu ise “Seeker Settings” ekranında “Seeker is connected!” uyarısının görüntülenmiş olması gerekir.



**Şekil 3.12.** Arayüz Üzerinde Arayıcı Birimi'nin bağlandığını gösteren uyarı

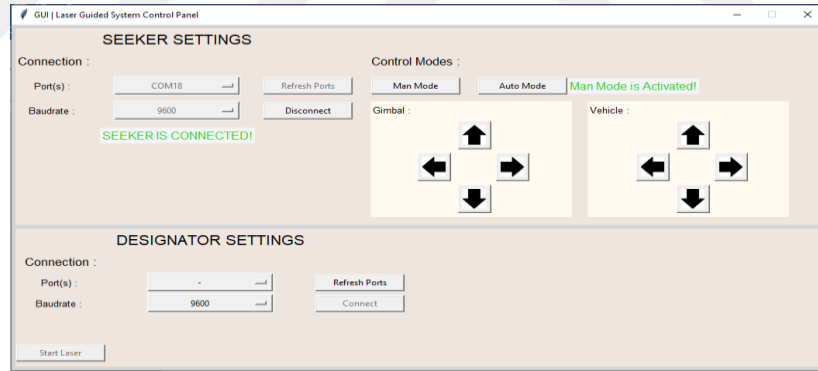
Arayıcı birimi iki farklı modda kontrol edilebilmektedir. Arayıcı birim ile bağlantı kurulduktan sonra Şekil 3.12’de görüldüğü gibi “Man Mode” ve “Auto Mode” butonları aktif olmaktadır. Hedef arama işlemine başlayabilmek için “Control Modes” ekranından “Auto Mode” kısmının seçilmesi gerekmektedir. Hedef arama işlemi yapılmayacağı ve hedef arama sürecinden bağımsız olarak gimbal ve araç eksenlerine hareket verilmek istendiği durumlarda “Control Modes” ekranından “Man Mode” kısmının seçilmesi gerekmektedir.

Hedef takip sistemlerinin en önemli bileşeni olan arayıcı başlıklarda, görüş alanı ve bakış alanı gibi önemli bazı kavramlar bulunmaktadır. Görüş alanı kavramı, arayıcı başlığın sabit olduğu durumlarda tarayabildiği alan olarak ifade edilebilirken; bakış alanı ise toplam tarama alanı ifade etmektedir. Bakış alanının görüş alanından büyük olması amaçlanan arayıcı sistemlerde algılayıcı, hareketli mekanizmalarla desteklenmektedir. Bu hareketli mekanizmalar gimbal olarak isimlendirilmektedir. İki eksen ya da üç eksen çalışan gimbal sistemleri de mevcuttur. Bu tez kapsamında; iki eksende çalışabilen bir gimbal mekanizması kullanılmıştır.

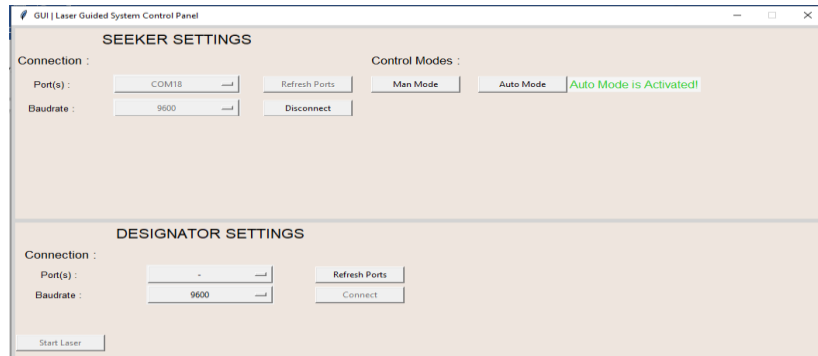
Manuel Kontrol İşlemleri: Hedef arama sürecinden bağımsız olarak gimbal eksenlerini ve aracın eksenlerini kontrol etmek için “Control Modes” ekranında “Man Mode” butonuna bir kez basılır. Ekranda “Man Mode is activated!” yazısının çıktığı görülür.

Eksenleri kontrol etmek için ise alt kısımda “Gimbal” ve “Vehicle” olarak iki ayrı pencere açıldığı görülür. Şekil 3.13’te bir örneği verilen bu pencereler görüntüledikten sonra istenilen birime istenilen yönde hareket verilebilir hale gelecektir. Otomatik Kontrol İşlemleri: Aracın hedef takibi yapabilmesi için otomatik kontrol modunun aktif edilmiş olması gerekmektedir.

Otomatik kontrol modu aktif edildiğinde; araç üzerinde bulunan gimbal birimi, tarama ve güdüm olarak iki şekilde çalışabilir olacaktır. Tarama çalışma modunda; hedeften yansıyan lazer ışınlarını algılayabilmek için pitch ve yaw eksenlerinde tarama başlatılacaktır. Bu tarama işlemi lazer ışınının algılandığı ilk anda yerini, Lazer algılayıcı birim tarafından gönderilen koordinatların takibi temeline dayanan güdüm çalışma moduna bırakacaktır. Güdüm çalışma modunda; algılayıcı birim tarafından gönderilen lazer ışını koordinat bilgilerine istinaden gimbal mekanizmasının kontrolü sağlanmaktadır. Takip esnasında lazer ışınının kaybedilmesi durumunda arayıcı birim tekrar tarama moduna geri dönecektir.

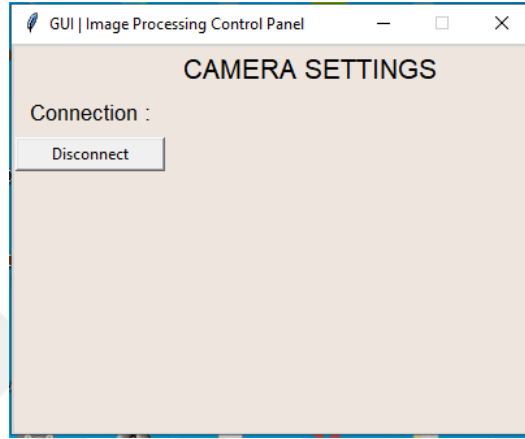


Şekil 3.13. Arayıcı Birimi'ne ait manuel kontrol sayfası



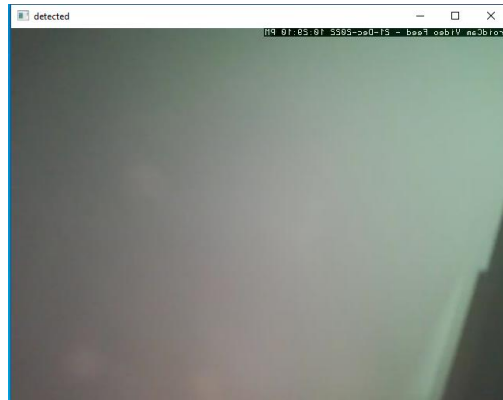
Şekil 3.14. Arayıcı Birimi'ne Ait otomatik kontrol sayfası

Bu tez çalışmasının son yazılım geliştirme aşaması olan ve Algılayıcı Birim olarak isimlendirilen yapı, tüm görüntü işleme işlemlerinin yapıldığı bilgisayar birimidir. Bu birim üzerinde görüntülerin alınması, görüntülerdeki lazer ışınının çeşitli morfolojik görüntü işleme yöntemleriyle algılanması, lazer ışığının takip edilmesi ve aracı lazere yönlendirecek koordinat bilgilerinin türetilip Arayıcı Birime gönderilmesi işlemleri sırası ile gerçekleştirilir.

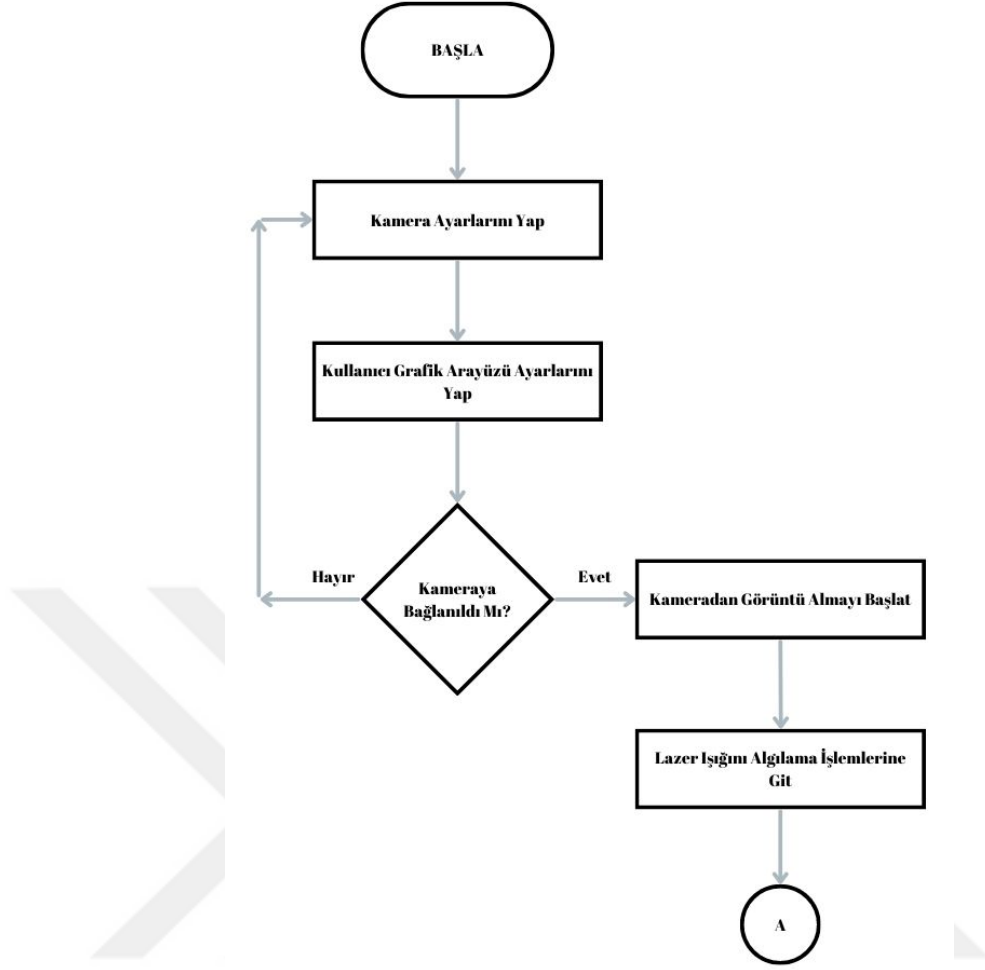


**Şekil 3.15.** Kamera bağlandı

Sistemin lazer spot ışığını anlamlandırmaya başlayabilmesi için GUI| Image Processing Control Panel isimli arayüzden “Connect to Cam” butonuna bir kez basılarak kameranın aktif edilmesi gerekmektedir. Kameraya bağlandıktan sonra arayüz üzerindeki buton yazısı “Disconnect” olarak değişecek ve “Detected” isimli hedef takip ekranı açılacaktır.



**Şekil 3.16.** "Detected" penceresine ait görsel

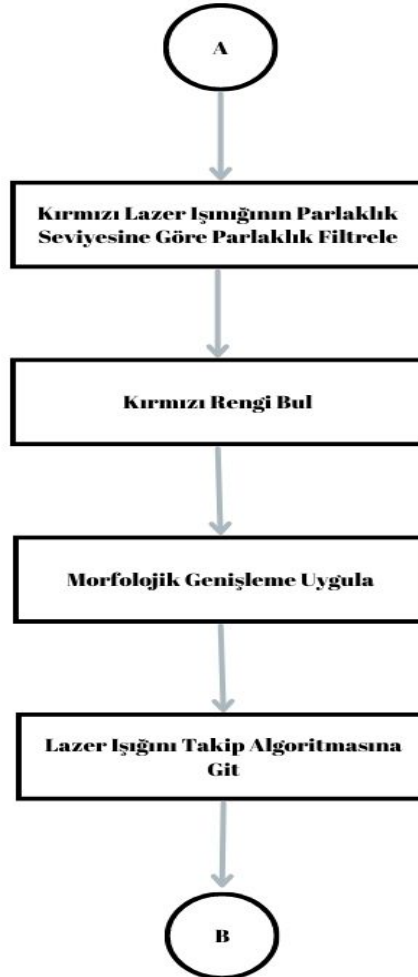


**Şekil 3.17.** Kameradan görüntü alma algoritmasına ait akış diyagramı

Kameradan görüntü alma algoritmasına ait akış diyagramı Şekil 3.17’de gösterilmiştir. Kameradan görüntülerin alınması aşamasında; Huawei marka P20 Lite serisi cep telefonu kamerasından yararlanılmıştır. Cep telefonu kamerasına, Google Play mağazası üzerinden indirilebilir olan DroidCam uygulaması aracılığı ile IP kamera özelliği kazandırılmıştır. IP kamera özelliği kazanan cep telefonu kamerasından görüntüler, Python programlama dili kullanılarak geliştirilen GUI| Image Processing Control Panel arayüzü aracılığı ile toplanmaktadır. Sistemin hedef taraması yapmaya başlayabilmesi için GUI| Laser Guided System Control Panel isimli arayüz üzerinden Arayıcı Biriminin otomatik modda çalıştırılmış olması gerekmektedir. Kameradan görüntülerin alınmaya başlaması için ise GUI| Image Processing Control Panel arayüzü üzerinde bulunan “Connect to Cam” butonuna bir kez basılır.

Kameradan görüntülerin alınması işleminin başlatılması ile birlikte Python programlama dili ve OpenCV kütüphanesi kullanılarak yazılan lazer ışığının tespitini yapacak olan görüntü işleme algoritmaları devreye girer. Böylece ileriki aşamalarda nesne izleme amacıyla kullanılacak olan lazer izleme aşamasında kullanılacak verileri hazırlar.

Bu tez kapsamında hedef işaretlemesinde, kırmızı renkli lazer kullanılmıştır. Geliştirilen lazer ışığı tespit algoritması ile lazer ışığının sahip olduğu kırmızı renginin bulunması amaçlanmıştır. Bu amaçla, renk temelli tespit uygulamalarında RGB renk uzayına göre daha çok tercih edilen ve renkleri içinde bulundurduğu kırmızı, yeşil ve mavinin tonlarına göre değil; renk tonu, doygunluk ve parlaklık değerlerine göre belirten HSV renk uzayından faydalanılmıştır.



Şekil 3.18. Lazer ışığının tespiti algoritmasına ait akış diyagramı

Lazer Algılayıcı Birimi'ne ait kırmızı lazer ışığının tespiti algoritmasının kararlı çalışması için önce bu kırmızı rengin H, S ve V değerlerinin daha önceden belirlenmiş ve algoritma tarafından bilinir olması gerekmektedir. Bu amaçla lazer ışığı tespit algoritmasından bağımsız çalışacak ve sadece ilgili değerleri bulmak amacıyla kullanılacak, bir rengin HSV renk değerlerini kullanıcının tespit etmesini sağlayacak bir 'HSV renk bulma algoritması' geliştirilmiştir. Bu algoritmaya ait detaylar 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA bölümünde anlatılacaktır. HSV uygulaması ile renk değerleri bulunan kırmızı lazer ışığının görüntü işleme teknikleri ile tespit edilmesi algoritmasına ait akış diyagramı Şekil 3.18'de verilmiştir.

Kırmızı lazer ışınlarının kamera görüntüleri incelendiğinde; kenarları kırmızı ortalara doğru beyaz bir nokta şeklinde yakalandığı görülür. Işık yoğunluğu sebebiyle doyuma ulaşan kamera, yakaladığı bu görüntüyü en yüksek parlaklık seviyesi olan beyaz (255 değeri) renk ile gösterebilmektedir. Bu tez çalışmasında bu özellikten yararlanarak kamera tarafından yakalanan görüntüler; bir önceki adımda HSV renk bulma algoritması ile bulunan parlaklık değerine göre filtrelendir. Bu değer altındaki parlaklık seviyeleri en düşük seviye olan siyaha (0 değeri) filtrelendirirken, eşit ve üzerinde olan değerler olduğu gibi korunur.

Bu durumun matematiksel ifadesi eşitlik (3.1.)'de gösterilmiştir.

$$g(x, y) = \begin{cases} \text{Parlaklığı koru,} & H \geq H_{\text{kırmızı}} \\ \text{Filtrele,} & H \leq H_{\text{kırmızı}} \end{cases} \quad (3.1)$$

Parlaklık filtrelemesi adımından sonra belirlenen HSV renk koduna göre kırmızı renk filtrelemesi işlemleri gerçekleştirilir. Kırmızı renk filtrelemesine ait matematiksel ifade eşitlik (3.2)'de gösterilmiştir.

$$g(x, y) = \begin{cases} \text{Kırmızı,} & (H, S, V)_{\min} \leq (H, S, V) \leq (H, S, V)_{\max} \\ \text{Kırmızı değil,} & \text{diğer durumlar} \end{cases} \quad (3.2)$$

Son adımda ise; bulunan kırmızı lazer ışığı noktasına ait görüntüye, morfolojik genişletme işlemi uygulanarak lazer noktasının kusurları giderilmeye çalışılmıştır. Matematiksel morfoloji; görüntülerin şekil ve yapıları ile ilgilenir. Görüntülerdeki

sınırların (borders) ve iskelet (skeleton) yapılarının bulunması, gürültü giderme, bölütleme, süzgeçleme, inceltme, budama vb. işlemlerin yapılabilmesi için gerekli bir işlem adımıdır. Bir görüntüye morfolojik işlemlerin uygulanabilmesi için görüntü önce ikili (binary) görüntüye çevrilmelidir [28, 31, 33].

Morfolojik işlemlerde iki temel yöntem bulunmaktadır. Bunlar; genişletme (dilation) ve aşındırma (erosion) yöntemleridir. Açma (opening), kapama (closing), sınır çıkarma (boundary extraction), bölge doldurma (region filling), birleşik elemanların çıkarımı (extraction of connected components), inceltme (thinning), kalınlaştırma (thickening) ve iskelet çıkarma (skeletonisation) işlemleri olarak bilinen diğer işlemler bu temel yöntemlerden referans alırlar [28, 31, 33].

Morfolojik işlemlerde; işlemin şeklini belirleyecek olan yapı elemanının, görüntü üzerinde kaydırılması sonucu ortaya çıkan bazı durumlar vardır. Bunlar; miss (kaçırmak), hit (isabet etmek) ve fit (denk gelmek) durumlarıdır [28, 31].

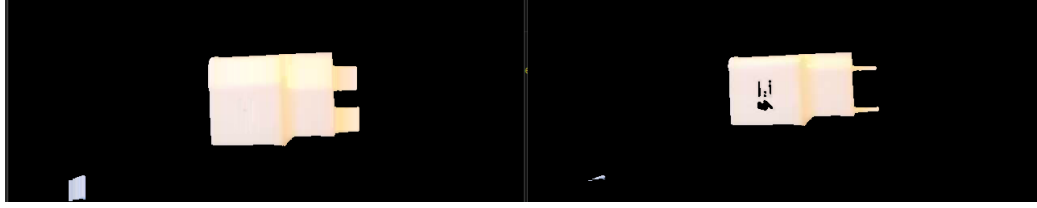
Miss durumu; yapı elemanının değeri 1 olan bitlerinden hiçbirinin görüntüde değeri 1 olan bitlerle çakışmaması durumudur. Hit durumu; yapı elemanının değeri 1 olan bitlerinden en az birinin, görüntüde değeri 1 olan bitlerle çakışması durumudur. Fit durumu; yapı elemanının değeri 1 olan bitlerinin tamamının, görüntüde değeri 1 olan bitlerle çakışması durumudur [28].

Yapı elemanı ifadesi, istenilen boyutlarda ve şekillerde hazırlanmış matrisler olarak tarif edilebilir. Kare, dikdörtgen veya daire gibi geometrik yapılarda olabilmektedirler [33].

Genişletme (dilation) işlemi: Görüntülerin üzerindeki kopukluk, girinti vb. gibi bozuklukların yok edilmesi amacıyla görüntüler üzerinde uygulanan büyütme ya da kalınlaştırma işlemleridir. Şekil 3.19'da genişletme işlemi gösteren bir resim verilmiştir. Yapı elemanının görüntü üzerinde gezerken oluşan yeni piksel değerleri aşağıdaki formüle göre belirlenir:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } s, f \text{ görüntüsüne isabet ederse} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

(3. 3)

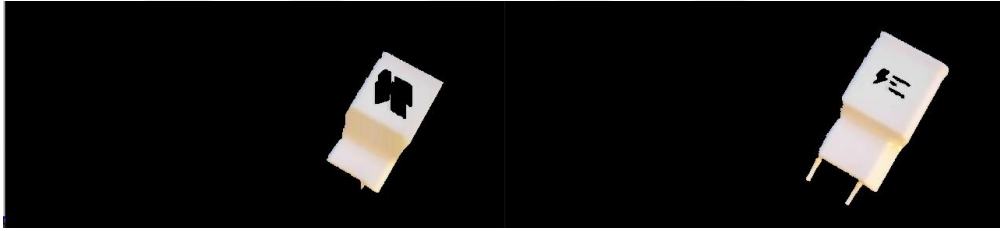


Şekil 3.19. Genişletme işlemi

- Aşındırma İşlemi: Görüntülerdeki çıkıntılarının temizlenmesi, yapışık nesnelerin ayrılması amacıyla uygulanan küçültme ve inceltme işlemleridir. Şekil 3.20’de aşındırma işlemini gösteren bir resim verilmiştir. Yapı elemanının görüntü üzerinde gezerken oluşan yeni piksel değerleri aşağıdaki formüle göre belirlenir:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } s, f \text{ görüntüsüne denk gelirse} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

(3.4)



Şekil 3.20. Aşındırma işlemi

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen son yazılım adımı; tespit edilen lazer ışınının, hedef takibi için kullanılması amacıyla geliştirilen nesne takibi algoritmasıdır. Nesne ya da hedef takibi; bir sensör vasıtasıyla nesnenin konum, hız ve yolunun belirlenmesi işlemleri olarak tanımlanabilir. Radar, kamera, kızılötesi sensörler ultrasonik sensörler gibi ekipmanlar nesne takibi için kullanılabilir.

Askeri, biyolojik, coğrafik, tarımsal uygulamalar, uydu fotoğraflarının yorumlanması gibi alanlarda gelişen teknoloji ile beraber hareket analizi de gündeme gelmiştir. Hareket analizi işlemleri, hareketin varlığının tespiti için ön işlemler, hedefin yeri, hedefin izlenmesi ve hareketin tanımlanması olarak gruplara ayrılabilir [34, 35].

Nesnenin rengi, şekli ve hareket bilgileri nesnenin tespiti için önem arz etmektedir. Görüntülerdeki takip edilecek nesnelerin tespiti için çeşitli yöntemler bulunmaktadır.

Çerçeveler arasındaki fark yöntemi; arka arkaya alınan iki görüntü arasındaki geçici farklar olarak ifade edilebilir. Bu yöntem, basit ve hızlı olmakla birlikte gürültülere karşı hassas bir uygulamadır. Bu sebeple önerilen başka bir yöntem ise, arka plan modeli çıkarma yöntemidir. Bu yöntemde, ilgilenilen nesnenin olduğu görüntüden, yalnızca arka planın olduğu görüntü çıkarılarak nesne tespiti yapılabilmektedir. Diğer bir yöntem olan optik akış yönteminde ise; arka arkaya gelen görüntülerde piksel hareketliliği incelenir [36].

**Çizelge 3.3.** Nesne tespit yöntemleri ve temel prensipleri [36].

Nesne Tespit Yöntemi		Temel Prensibi
Geçici değişiklikler yöntemi		İki imge arasındaki fark
Arka görüntü modül çıkarma	Görüntüler arasındaki fark	Mevcut imgeden arka plan görüntüsünün çıkarılması
	Yaklaşık medyan	Mevcut imgeden ortalama ile alınmış arka plan görüntüsünün çıkarılması
	Gaussian ortalama	Piksellerin gaussian olasılıksal yoğunluk dağılımı temelli
	Gaussian karışım	Çok-doruklu dağılım temelli
Optik Akış		Piksellerin optik akış hareketleri

Nesne sınıflandırma yöntemi; belirli bir nesnenin kendine has özellikleri kullanılarak bulunduğu veri kümesinden ayrıştırılması işlemidir.

**Çizelge 3.4.** Nesne sınıflandırma yöntemleri ve kullanım biçimleri [36].

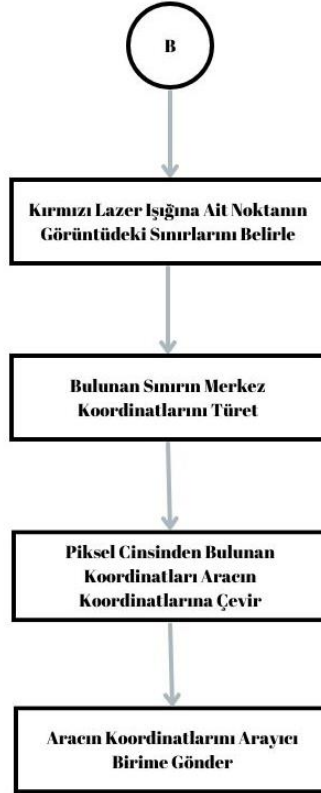
Öznitelik Tipi	Kullanım Biçimi
Renk	Renk Histogramı
Eğim	Hog, Shift
Doku	Lbp, Shift
Hareket	Hog, Shift
Zamansal Değişimler	Süper Piksel, Süper Voxel

Nesne takibi; anlatılan bu yöntemlerle belirlenen nesnenin takip edilmesi işlemidir. Nokta, çekirdek ve silüet tabanlı olmak üzere üç bölüme ayrılırlar. Nokta tabanlı takip yönteminde; takip edilecek nesnelere noktalar ile ifade edilir ve bir sonraki görüntüde bu noktaların yerleri araştırılır. Çekirdek tabanlı takip yönteminde; belirlenen bir geometrik şekil takip edilecek nesneye kılavuzluk ederek nesnenin takibinde bu şekilden yararlanılır. Bu tez çalışmasında, çekirdek tabanlı takip yöntemi uygulanarak

lazer spot ışığının takibi hedeflenmiştir. Silüet tabanlı takip yöntemi ise; takip edilecek nesnenin belirli bir geometrik şekle sahip olmadığı durumlarda kullanılır.

**Çizelge 3.5.** Nesne takip yöntemleri [36].

Nesne Takip Yöntemi	
Nokta Tabanlı	Kalman Filtresi
	Parçacık Filtresi
	Çoklu Hypothesis Takip
Çekirdek Tabanlı	Temel Şablon Uydurma
	Destek Vektör Makinesi
	Uydurma Tabanlı Sınıflandırma
Silüet Tabanlı	Kenar Kesiştirme
	Şekil Uydurma



**Şekil 3.21.** Lazer ışığı takip algoritmasına ait akış diyagramı

Bu algoritmanın geliştirilmesinde ki amaç; tespit edilen lazer ışınının, sürekli olarak kamera görüntü alanının merkezinde kalacak şekilde Arayıcı Birimi yönlendirmek ve

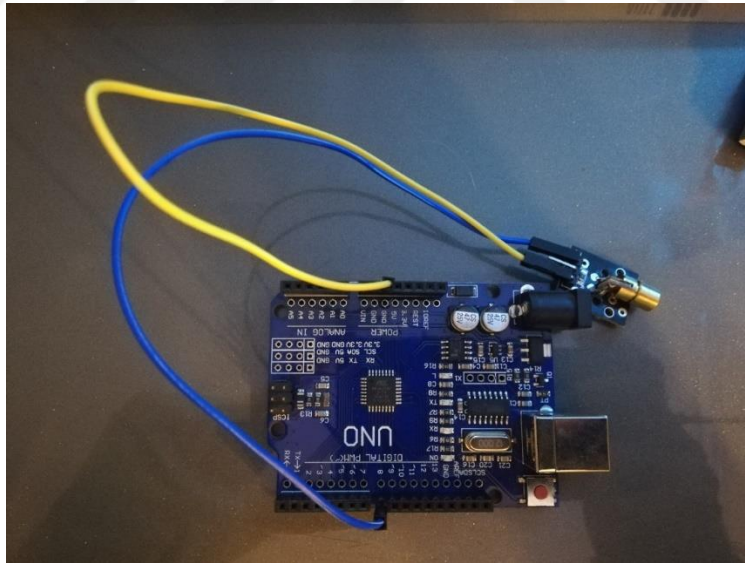
hedefi sürekli görüş alanı içerisinde tutmaktır. Bu adıma ait akış diyagramı şekil 3.21’de verilmiştir.

Bu aşamaya kadar yapılan çalışmalar sonucu lazer ışını ile işaretlenen hedef, çeşitli görüntü işleme teknikleri sayesinde belirlenmiş ve Arayıcı Birim tarafından takibe hazır verilere dönüştürülmüştür. Nesne takibi için bu aşamada da görüntü işleme tekniklerinden yararlanılmış ve görüntülerdeki lazer noktasının kontur çıkarımı yöntemiyle sınırları belirlenmiştir. Görüntü işlemede ‘kontur’ kavramı, nesnelerin şekillerini temsil eden yapılara verilen isimdir [41]. Nesnelerin şekillerinin analizi, sayılarının belirlenmesi gibi birçok amaçla kullanılan kontur çıkarımı bu tez kapsamında nesne takibi amacı ile kullanılacaktır. Kontur çıkarımı işlemlerinin ardından ilgili kontura ait merkez noktaları piksel cinsinden bulunup x ve y koordinat eksenlerinde motor koordinatı değerlerine çevrilerek Arayıcı Birime gönderilir.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların amacı; lazer ışını ile işaretlenmiş hareketli bir cismi bu cisme kitlenerek izleyebilecek ve farklı parlaklık ve renk seviyelerinin mevcut olduğu dış ortamlarda algılama yapabilecek kapasitede bir prototip geliştirmektir. Bu amaçla çeşitli denemeler yapılmış ve bunların sonucunda prototip için en uygun olan çalışma koşulları ve özellikleri belirlenmiştir.

Lazer İşaretleyici Birimin tasarımına, yapılan testler sonucu iki aşamada karar verilmiştir. İlk aşamada, hedefin işaretlenmesi işlemlerinin kullanıcı tarafından elle yapılması öngörülmüştür. Bu amaçla, kontrolcü kartın diyot lazeri kontrol etmekle görevli yazılımı geliştirilmiş ve testleri yapılmıştır. Geliştirilen ilk tasarımda; İşaretleyici Birimi yalnızca bir adet kontrol kartı, bir adet diyot lazer ve Lazer Algılayıcı Birim üzerinde koşturulacak kontrol arayüzünden oluşmaktaydı. İlk tasarıma ait yapı Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Lazer İşaretleyici Birimi'nin ilk tasarımına ait görsel

Prototipin devam eden diğer birimlerinin tasarımı ve testleri aşamasında; hareket eden bir hedef ve onu sürekli işaretleyen bir işaretleyici birimi tasarımı yapmanın birtakım zorluklara yol açtığı görülerek hedef işaretlemesinin kullanıcı tarafından elle yapılması yerine, hareketli hedefi simüle edecek şekilde işaretleme yapmasına karar verilmiştir.

Bu amaçla, ikinci ve nihai tasarım aşamasında; işaretleyici birime bir gimbal mekanizması ile iki eksenle hareket edebilme kabiliyeti kazandırılmıştır.

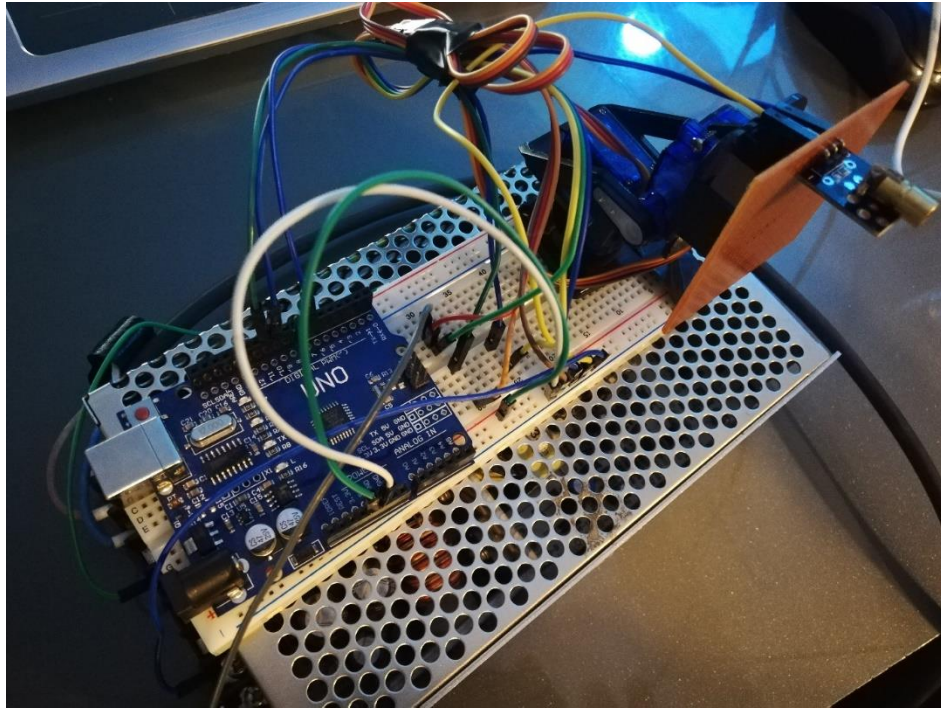
Gimbal mekanizmasında iki adet SG90 mini servo motor kullanılmıştır. Birime gimbal mekanizmasının eklenmesi ile birlikte Tablo 4.1’de detaylandırıldığı üzere güç ihtiyacı da artmıştır. Arduino Uno modelinin çıkış pinlerinden çekilebilecek akım miktarı ise Tablo 4.2’de detaylandırıldığı üzere 20 mA ile sınırlıdır [28]. Bu sebeple; artan güç ihtiyacının karşılanabilmesi amacıyla sisteme bir adet Mean well marka T-120B güç kaynağı eklenmiştir. Lazer İşaretleyici Biriminin iki aşamada oluşturulan nihai tasarımı Şekil 4.2’de ve blok şeması Şekil 4.3’te gösterilmiştir.

**Çizelge 4.1.** SG90 servo motor teknik özellikleri [38].

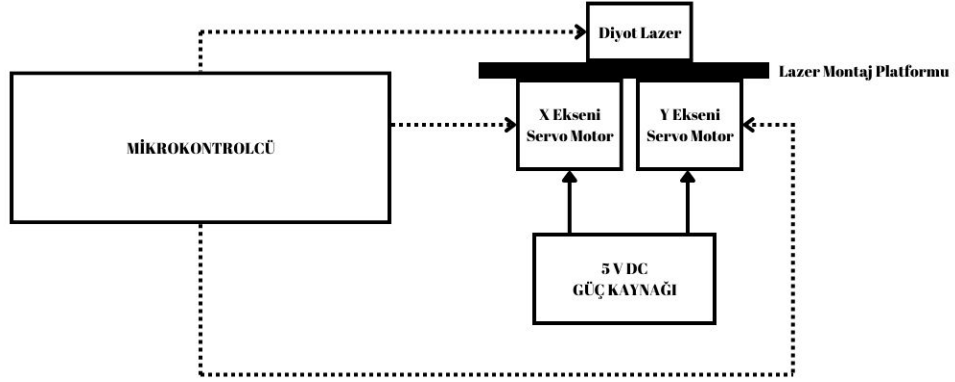
<b>TEKNİK ÖZELLİKLER</b>		
Motor Modeli		Generic SG90 (Çin)
Sürme yöntemi		Analog
Dönüş açısı		180° (±15°)
Çalışma verileri		
	Gerilim	4.8-6VDC (5V)
	Akım (boşta)	10mA
	Akım (dönme)	100-250mA
	Akım (kavrama)	360mA
	Kavrama torku	1.7 kg-cm
	Hız	0.12s / 60 derece
Ölçüler		
	Kablo uzunluğu	24cm (9.5")
	UxGxY	23 x 12 x 26mm (0.9 x 0.5 x 1")
	Motor yüksekliği	32mm (1.26")
	Montaj noktaları dahil yükseklik	32mm (1.26")

**Çizelge 4.2.** Arduino UNO teknik özellikler

TEKNİK ÖZELLİKLER	
Mikrokontrolcü	ATmega328P
Çalışma gerilimi	5V
Besleme voltajı (önerilen)	7-12V
Besleme voltajı (sınırlar)	6-20V
Dijital G/Ç pinleri	14 (6 adet PWM çıkışı)
PWM Pinleri	6
Analog giriş pinleri	6
DC akım G/Ç pin başına	20 mA
DC akım (3.3V Pin)	50 mA
Flash bellek	32 KB (ATmega328P)
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Hızı	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Uzunluk	68.6 mm
Genişlik	53.4 mm
Ağırlık	25 g



**Şekil 4.2.** Lazer İşaretleyici Birimi'ne ait nihai tasarım görseli.

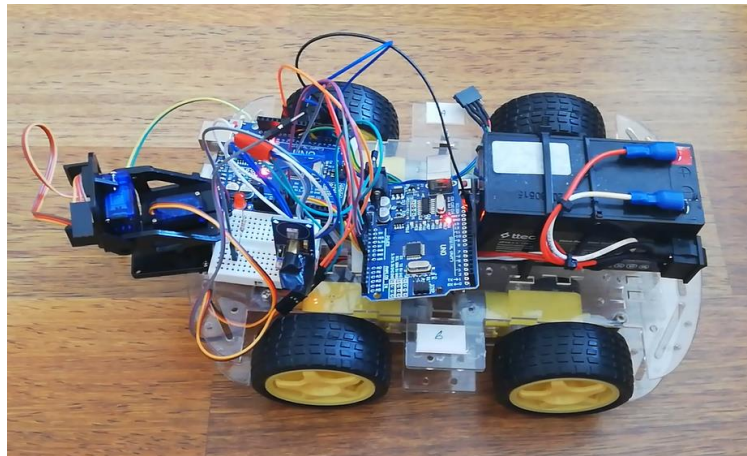


**Şekil 4.3.** Lazer İşaretleyici Birimi'ne ait nihai tasarım blok diyagramı

Nihai tasarım sonunda Lazer İşaretleyici Birimine; hareketli bir hedefi simüle edebilmek amacıyla pitch ekseninde  $0^\circ - (-50^\circ)$  arasında, yaw ekseninde ise  $0^\circ - 180^\circ$  hareket kabiliyeti kazandırılmıştır.

Arayıcı Biriminin tasarım geliştirme aşaması da Lazer İşaretleyici Biriminde olduğu gibi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada; dört çeker mobil robot platformu demonte şekilde satın alınmış ve gerekli mekanik ve elektriksel montajları yapılmıştır.

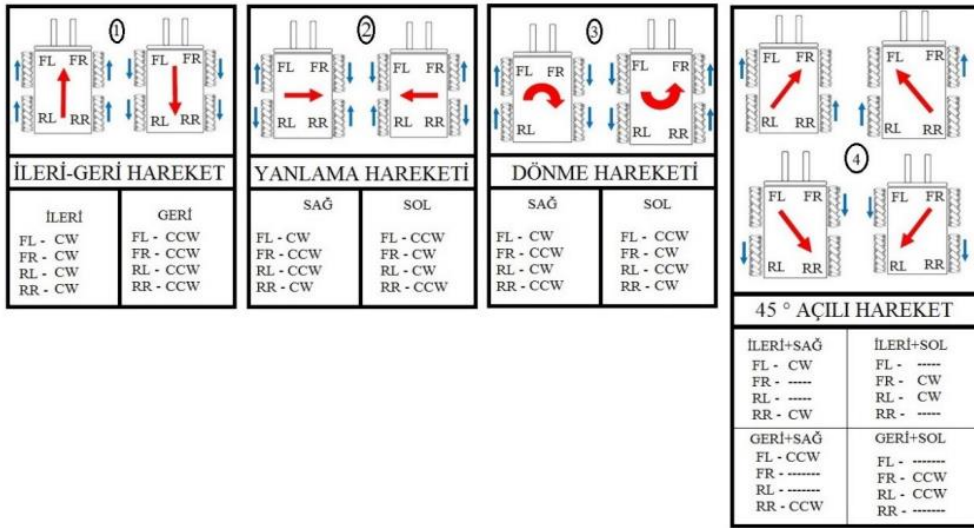
Bu tasarımda araç; dört adet redüktörlü DC motor, bir adet çift eksen sürme özellikli L298N DC motor sürücü devresi, dört adet tekerlek, bir adet Arduino marko UNO model kontrolcü, bir adet Ttec 12V/1.3 Ah kuru tip akü ve bir adet HC-05 bluetooth modülden oluşturulmuştur. Lazer Arayıcı Biriminin ilk tasarımına ait görsel Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



**Şekil 4.4.** Lazer Arayıcı Birimi'nin ilk tasarımına ait görsel

Lazer Arayıcı Biriminin ilk tasarımında bir adet çift eksen DC motor sürücü devresi kullanılarak araca; ileri-geri hareketler, açılı hareketler ve geri dönüş hareketlerini gerçekleştirebilecek kabiliyetler sağ ve sol motor grupları aracılığı ile kazandırılmıştır. Bu tasarımda; sağ ve sol gruplar kendi içlerinde paralel bağlı olarak kontrol edilmektedir.

İlerleyen aşamalarda gerçekleştirilen denemeler sonucunda; Arayıcı Biriminin yaw eksenini boyunca bakış alanının bu tasarım ile yetersiz kaldığı görülmüştür. Hedefi  $0^{\circ}$  -  $180^{\circ}$  aralığının dışında da tarayabilir olma gereksinimi dolayısıyla tasarım, ikinci aşamada, dört adet çok yönlü tekerlek ve iki adet çift eksen DC motor sürücü kullanılarak geliştirilmiştir. Bu sayede araca yanlama hareket kabiliyeti kazandırılmıştır. Çok yönlü tekerler ile aracın kazanmış olduğu hareket kabiliyetleri Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



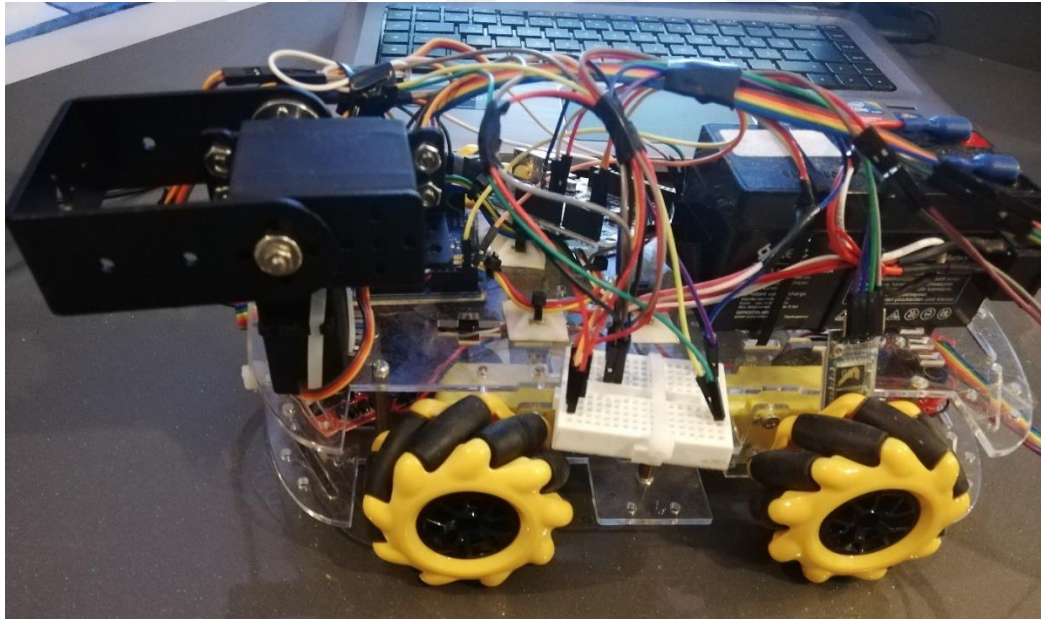
Şekil 4.5. Çok yönlü tekerler ile kazanılan hareket kabiliyetleri [39].

Ek olarak; SG90 serisi servo motorların torkunun lazer ışınlarını algılamak için kullanılacak kamerayı pitch ve yaw eksenleri boyunca hareket ettirmek konusunda yetersiz kaldığı görülmüş ve yerine MG996R serisi yüksek torklu servo motorlar kullanılmıştır. Bu motorların teknik özellikleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

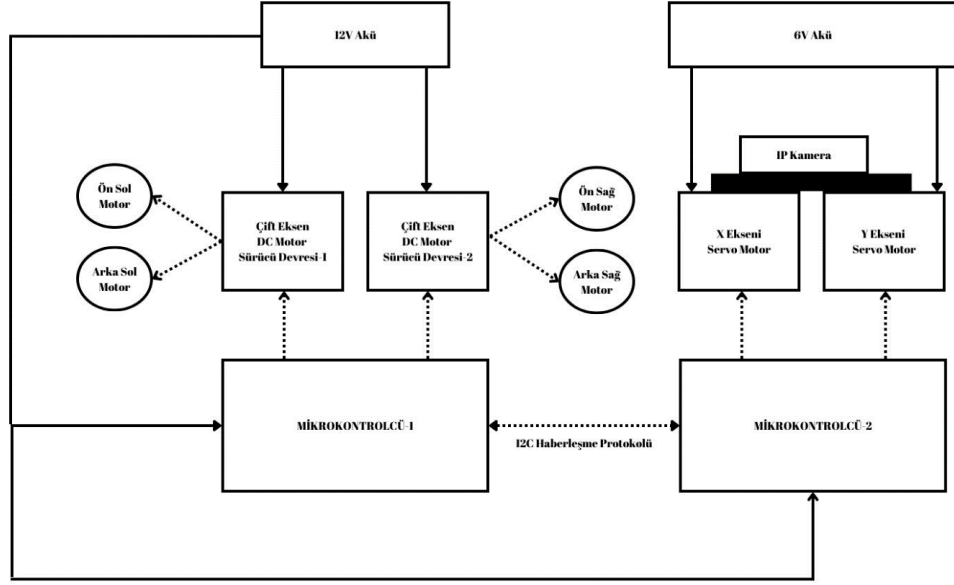
**Çizelge 4.3.** MG996R servo motor teknik özellikleri [40].

TEKNİK ÖZELLİKLER	
Ağırlık	55g
Ölçüler	40.7 x 19.7 x 42.9 mm yaklaşık.
Kavrama torku	9.4 kgf.cm (4.8V), 11 kgf.cm (6V)
Çalışma hızı	0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60° (6 V)
Çalışma gerilimi	4.8V - 7.2V
Dönme akımı	500 mA - 900 mA (6V)
Kavrama akımı	2.5 A (6V)

Tasarımın ikinci aşamasında yüksek torklu motorların kullanılması sebebiyle artan güç ihtiyacını karşılayabilmek için sisteme 6V/12 Ah kuru tip akü dahil edilmiştir. Bu tasarıma ait görsel Şekil 4.6'da, blok şeması ise Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.6.** Arayıcı Birimi'nin nihai tasarımına ait görsel

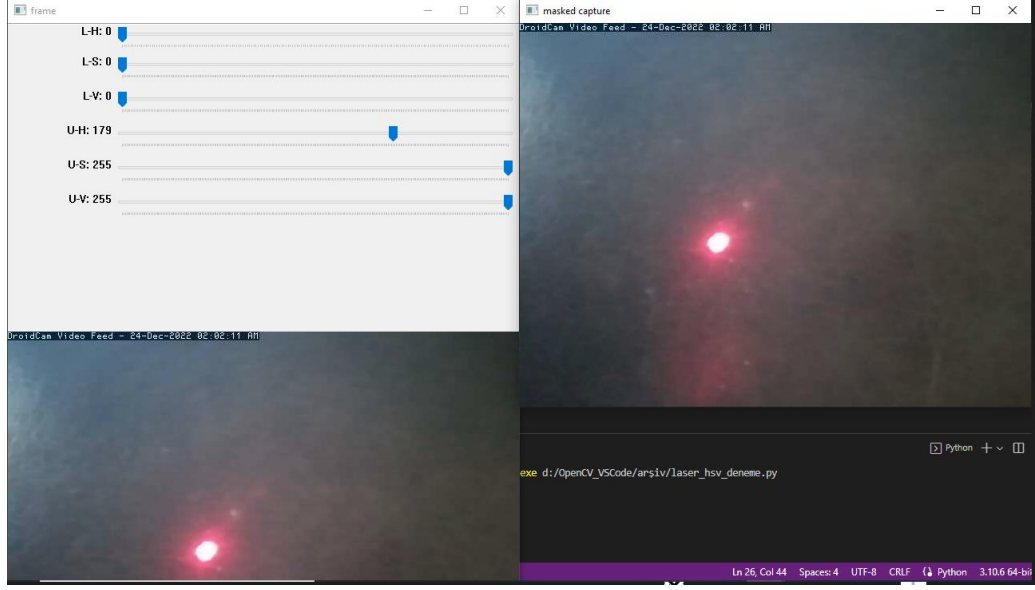


**Şekil 4.7.** Lazer Arayıcı Birimi'nin nihai tasarımına ait blok diyagramı

Geliştirilen sistemin bazı parametreleri sistemin kararlı çalışması amacıyla önem arz etmektedir. Hedeften yansıyan lazer spot ışınının, görüntü işleme teknikleri ile tespit edilmesi aşamasında Eşitlik (3.1) ile ifade edilen parlaklık filtreleme işlemi; kırmızı renkli lazerin parlaklık seviyesinden yararlanarak tespit etmeyi amaçlar. Buradaki  $H_{kırmızı}$  değerinin yükseltilmesi mat yüzeylerden veya uzak mesafelerden yansıma koşullarında algılamayı zorlaştırırken, düşürülmesi ise lazer olmayan parlaklık seviyelerinin de hedef olarak algılanması olasılığını artırmaktadır.

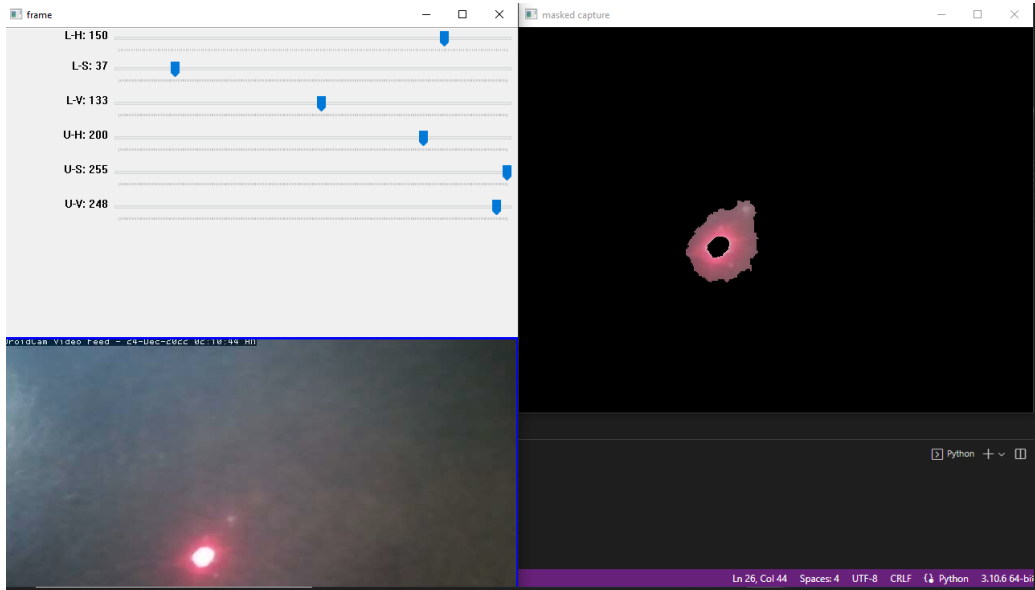
Eşitlik (3.2) ile ifade edilen kırmızı rengi filtreleme işlemi; kırmızı renkli lazerin renk tonundan yararlanarak tespit etmeyi amaçlar. Buradaki  $(H, S, V)_{min}$  ve  $(H, S, V)_{max}$  değer aralığının dışında değerler farklı renklerin algılanması olasılığını artırır.

HSV renk uzayında renk tonu değerini belirten H parametresi sabit tutulup; sırasıyla doygunluk ve parlaklık değerlerini ifade eden S ve V parametreleri değiştirilirse aynı renge ait farklı doygunluk ve parlaklık seviyesindeki renk değerleri elde edilir. HSV renk bulma algoritması, bu tez kapsamında Python programlama dilinde OpenCV görüntü işleme kütüphanesi ve Tkinter kullanıcı arayüzü kütüphanesi kullanılarak geliştirilmiş bir uygulamadır. Uygulamanın ilk açıldığı andaki kullanıcı arayüzü Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. HSV renk bulma uygulaması

Frame isimli pencerede yer alan kaydırma çubukları kullanılarak istenilen renge ait HSV renk kodları bulunabilmektedir. Kullanıcı kaydırma çubukları ile deneme yanılma yolu ile oynadıkça Masked Capture ekranında belirli renklerin filtrelendiğini görecektir ve ekranda yalnızca HSV değerini bulmak istediği rengi gördüğünde kaydırma çubuklarının değeri ilgili rengin HSV renk kodunu verecektir. Örnek bir çalışmaya ait ekran görüntüsü Şekil 34.11’de verilmiştir.



Şekil 4.9. HSV renk kodu bulma örneği

Hedef takibi bölümünde kullanılan kontur çıkarımı işleminde 2000 piksellik alan; hedefin algılanma mesafesini sınırlamayı amaçlar. Bu değerin üzerindeki alanlar yaklaşık 4 metrenin üzerindeki bir mesafeden tutulan lazerin algılanmasını sağlarken, hedefin üzerindeki yansımaları da lazer ışını olarak algılama ve sistemin hedefe çarpma riskini doğurmaktadır. Ayrıca bu bölümde Arayıcı Birime gönderilen koordinat bilgilerinin belirli bir gecikme süresi olmaksızın gönderilmesinin Arayıcı Birimin kararsız çalışmasına neden olduğu görülmüş ve gönderilen iki veri arasındaki süre testlerle belirlenip sınırlandırılmıştır.

Hedef olarak kullanılacak cismin, ortamın aydınlatma koşullarından az etkilenen ve parlama yapmayan nesnelere seçilmesi de sistemin kararlı çalışmasındaki önemli diğer parametrelerdendir. Bunun sebebi; parlaklığı yüksek ya da değişken olan cisimlerin işaretlemesi sırasında, lazer ışını cisim tarafından soğrulursa nesne takibi algoritmasının nesneyi kaybetme olasılığı artacaktır.

Arayıcı Birimin hedef takibinde kullandığı gimbal birimine ait pitch ve yaw eksenlerinin çalışma hızlarının  $600^{\circ}/s$  ile sınırlı olması sebebiyle; hareketli hedefi simüle ederek işaretleme yapan İşaretleyici Birimin hızı da bu doğrultuda sınırlandırılmıştır. Bu sınır değeri üzerinde açısal hıza sahip hareketli bir nesnenin takip edilmesi; nesnenin Arayıcı Biriminin görüş alanından çıkması ile sonuçlanacağı için nesne takip işlemleri başarısız olacaktır.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında; Lazer Işığını Takip Eden Araç Protoipi tasarımı yapılmıştır. Sistem; Lazer Algılayıcı Birim üzerinde koşturulan GUI| Laser Guided System Control Panel adlı arayüz üzerinden Arayıcı ve İşaretleyici Birimlerin ve GUI| Image Processing Control Panel isimli arayüzden IP Kameranın aktif edilmesi ile birlikte çalışmasına başlar.

IP Kamera tarafından alınan görüntüler üzerinde lazer ışınının tespiti çalışmaları; görüntü işleme algoritmaları koşturularak gerçekleştirilir. Belirlenen lazer ışınının koordinatları hedef takibinin gerçekleştirilmesi amacıyla Arayıcı Birime gönderilir. Arayıcı Birim ise gelen koordinat bilgilerine göre üzerinde bulunan gimbal mekanizmasının pitch ve yaw eksenlerini hareket ettirerek lazer ışınının IP Kamera görüntüsünün merkezinde kalmasını sağlayarak hedef takibi işlemlerini gerçekleştirmektedir.

Lazer ışığının tespit edilmesi aşamalarında; ortamda bulunan parlaklığı yüksek cisimlerin lazer ışığını soğurması durumlarında sistemin çalışmasında hatalar ve hedefi kaybetme problemleri ortaya çıkmaktadır. Bu problemin çözümü için ise; kullanılan kırmızı renkli lazerin renk tonundan yararlanarak filtreleme işlemleri uygulanır.

Gerçekleştirilen testler sonucunda; Algılayıcı Birim tarafından hesaplanarak Arayıcı Birime gönderilen iki koordinat bilgisi arasında belirli bir zaman gecikmesi kullanılmadığı durumlarda sistemin çalışmasında kararsızlıklar görülmüş ve çeşitli denemeler yapılarak en uygun zaman gecikmesi belirlenerek kararsızlıkların önüne geçilmiştir.

Mevcut tasarımda; pitch ve yaw eksenlerinde belirli adımlarla hareket ederek hareketli hedefi simüle ederek işaretleme yapan İşaretleme Birimi'ne gelecekte çeşitli hedeflere ait koordinat bilgileri simüle edilerek senaryo tabanlı işaretleme yapılması sağlanabilir.

Mevcut tasarım, yarı-aktif hedefle güdüm tekniği temelli tasarlanmıştır. Bu durum; İşaretleyici Birimin hedef tarafından tespitini mümkün kılmaktadır. Gelecekte

yapılacak çalışmalar ile hedef, İşaretleyici Birim tarafından yalnızca bir kez işaretilenerek bu durumun önüne geçilebilir.

Mevcut tasarım, farklı kaynaklardan tutulan kırmızı lazer ışınlarına karşı savunmasız durumdadır. Gelecekteki alışmalar ile İşaretleyici Birim tarafından doğrultulan lazer ışınları kodlanarak farklı kaynaklardan yapılan şaşırtmalara karşı güçlendirilebilir.





- Performansının Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
18. Milli, E., 2012. Taktik Füzelere Kullanılan Sonlanma Güdümü Yöntemlerinin 3B Formülasyonları ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
  19. URL-15 <[https://bahriyeenstitusu.org/2017/07/19/gudum-tipleri/#:~:text=D%C3%BCzeltme%20Almayan%20Sistemler,Guidance\)%20olmak%20%C3%BCze%20iki%20tiptedir.](https://bahriyeenstitusu.org/2017/07/19/gudum-tipleri/#:~:text=D%C3%BCzeltme%20Almayan%20Sistemler,Guidance)%20olmak%20%C3%BCze%20iki%20tiptedir.)>, Erişim Tarihi: 07.12.2022.
  20. URL-16 <<https://www.savunmasanayist.com/fuze-gudum-sistemleri/>>, Erişim Tarihi: 07.12.2022.
  21. Kılıç, O., 2022. Akıllı Mühimmatlarda Arayıcı Başlık Parametrelerinin Güdüm Başarımına Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
  22. URL-18 <[https://slonder.tripod.com/kumanda/kumanda.htm#:~:text=Bir%20u%C3%A7a%C4%9F%C4%B1n%20d%C3%BC%C5%9Fey%20eksen%20etraf%C4%B1nda,sapma%20\(yaw\)%20ad%C4%B1%20verilir.](https://slonder.tripod.com/kumanda/kumanda.htm#:~:text=Bir%20u%C3%A7a%C4%9F%C4%B1n%20d%C3%BC%C5%9Fey%20eksen%20etraf%C4%B1nda,sapma%20(yaw)%20ad%C4%B1%20verilir.)>, Erişim Tarihi: 12.12.2022
  23. Yemencioğlu, E. ve Kuzey, N.B., 2007. 2 Axis Gimbal Camera Design, Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mekanik Mühendisliği Fakültesi, İstanbul.
  24. İrsel, G., 2013. Lazer Kontrollü Bir İş Makinesinin Geliştirilmesi ve Otomasyonu, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
  25. Billings, C.W. ve TABAK, J., 2006. Lasers: The Technology and Uses of Crafted Light, Infobase Publishing, NY.
  26. Şahin, E., 2006. He-Ne/I2 (633 nm) Lazer Frekans Kararlılığı ve Mutlak Frekans Ölçümü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
  27. URL-32 <<https://tr.wikipedia.org/wiki/Lazer>>, Erişim Tarihi: 13.12.2022.
  28. Güner, E., 2016, Lazer Işını İle İşaretlenen Hareketli Cisimleri Hedefe Kitlenerek İzleyen Sistem, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Ankara.
  29. Yıldız, N., 2010. Görüntü İşlemenin Dünü, Bugünü ve Geleceği, Elektrik Mühendisliği Dergisi, 440(1), 11-16.
  30. Gonzalez, R.C. ve Woods, R.E., 2008. Digital Image Processing, Pearson Education International, NY.
  31. URL-33 <<https://avesis.erciyes.edu.tr/resume/downloadfile/tubac?key=b2f6a348-b7a5-480e-9584-0387c7a56a0e>>, Erişim Tarihi: 22.12.2022.
  32. Perihanoğlu, G.M., 2015, Dijital Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Görüntülerden Detay Çıkarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
  33. Atalı, G., Özkan, S.S. ve Karayel, D., 2016. Morfolojik Görüntü İşleme Tekniği ile Yapay Sinir Ağlarında Görüntü Tahribat Analizi, Academic Platform-Journal of Engineering and Science, 4, 1, 1 -7.

34. Challa, S., Evans, R., Morelande, M., Mušicki, D., 2011. Fundamentals of Object Tracking, Cambridge University Press, NY.
35. Peker, M., 2009, Görüntü İşleme Tekniği Kullanılarak Gerçek Zamanlı Hareketli Görüntü Tanıma, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
36. Hanbay, K., Üzen, H., 2017. Nesne Tespit ve Takip Metotları: Kapsamlı Bir Derleme, Türk Doğa ve Fen Dergisi, 6, 2, 40-49.
37. URL-37 < <https://diyot.net/arduino-kartlarin-temel-ozelliklerinin-karsilastirilmesi/>>, Erişim Tarihi: 22.12.2022.
38. URL-44 < <https://protosupplies.com/product/servo-motor-micro-sg90/>>, Erişim Tarihi: 23.12.2022.
39. Çimen, M., 2018. Çok Yönlü Tekerleklere Sahip Bir Çatallı Yükleyicinin Tasarımı ve Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
40. URL-47 < <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1131873/ETC2/MG996R.html>>, Erişim Tarihi: 23.12.2022.
41. URL-47 < <https://buseyaren.medium.com/opencv-kullan%C4%B1m%C4%B1-ile-kontur-%C3%A7%C4%B1kar%C4%B1m%C4%B1-1a1eac20e87f>>, Erişim Tarihi: 25.12.2022.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı ve Soyadı** : **MERVE TASALI**

### **EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)**

**Lisans** : Erciyes Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 2010-2013

**Yüksek Lisans** : Aksaray Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, 2018-2023

### **MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ**

1. MS Spektral A.Ş. / Otomasyon Mühendisi / 09.2022-Halen
2. Akana Mühendislik ve Ticaret A.Ş. / Otomasyon Mühendisi / 12.2016-12.2021
3. RD Otomasyon / Otomasyon Mühendisi / 09.2015-12.2016

### **TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER**

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler

1. Tasalı, M., 2022, Yüzeyden Yansıyan Lazer Işınlarnın Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Tespiti, ISophos: International Journal of Information, Technology and Philosophy / ISophos: Uluslararası Bilişim, Teknoloji ve Felsefe Dergisi, 5, 9, Kabul Edildi.