



**HÜMA**

**TEKNOFEST**

**HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ**

**SAVAŞAN İHA YARIŞMA**

**KRİTİK TASARIM RAPORU**

**TAKIM ADI: Hüma Takımı**

**YAZARLAR: Hüseyin AYVACI, Berkan TALİ, Zehra SARI,  
Muhammet Fatih BEŞİROĞLU, Muhammed MEMİŞOĞLU,  
Yusuf Buğra CURUK, İbrahim SAYIKAN, Semanur BOZ, Murat  
Kerem KARA, Cemalettin ERDEM**

## İÇİNDEKİLER

1.TEMEL SİSTEM ÖZETİ.....	5
1.1.Sistem Tanımı .....	5
1.2.Sistem Nihai Performans Özellikleri .....	5
2.ORGANİZASYON ÖZETİ .....	6
2.1.Takım Organizasyonu .....	6
2.2.Zaman Akış Çizelgesi ve Bütçe .....	7
3.DETAYLI TASARIM ÖZETİ .....	10
3.1.Nihai Sistem Mimarisi .....	10
3.2.Alt Sistemler Özeti .....	11
3.2.1. Uçuş Kontrol Sistemi: .....	11
3.2.2. Haberleşme Sistemi: .....	13
3.2.3 İtki Sistemi: .....	14
3.2.4. Güç Sistemi: .....	14
3.3.Hava Aracı Performans Özeti.....	16
3.4.Hava Aracının Üç Boyutlu Tasarımı.....	17
3.5.Hava Aracı Ağırlık Dağılımı.....	19
4.OTONOM GÖREVLER.....	20
4.1.Otonom Kilitlenme .....	20
4.1.1 Görüntü işleme algoritmasının seçilmesi.....	20
4.1.2 Otonom Takip .....	24
4.1.3 Otonom Kilitlenme.....	27
4.2.Kamikaze Görevi .....	28
5.YER İSTASYONU VE HABERLEŞME .....	29
5.1 Telemetry Verilerinin Yer İstasyonu ve Sunucuya Aktarılması .....	30
5.2 Yer kontrol istasyonu ile Görev Kontrol Bilgisayarı Haberleşmesi.....	31
6.KULLANICI ARAYÜZÜ TASARIMI .....	31
6.1 Yer Kontrol İstasyonu.....	31
6.2 Görüntü işleme ve kontrol arayüzü .....	33
7.HAVA ARACI ENTEGRASYONU .....	35
7.1.Yapısal Entegrasyon.....	35
7.2.Mekanik Entegrasyon .....	36
7.3.Elektronik Entegrasyon.....	38
8.TEST VE SİMÜLASYON .....	39

## SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

8.1.Alt Sistem Testleri.....	39
8.2.Uçuş Testi ve Uçuş Kontrol Listesi .....	42
9.GÜVENLİK .....	43
10.REFERANSLAR.....	46

### Tablolar Listesi

<b>Tablo 1</b> Performans Özellikleri .....	5
<b>Tablo 2</b> Bütçe Planlaması .....	9
<b>Tablo 3</b> Güç analizi.....	14
<b>Tablo 4</b> Motorun hız ayarına göre çekeceği güç .....	15
<b>Tablo 5</b> T-Motor U5 400KV DataSheet .....	16
<b>Tablo 6</b> YOLOv3, YOLOv5s ve SSDv2 karşılaştırması.....	20
<b>Tablo 7</b> Risk analiz tablosu .....	45

**Şekiller Listesi**

Şekil 1 Organizasyon Şeması.....	6
Şekil 2 Zaman akış çizelgesi .....	8
Şekil 3 Nihai Sistem Mimarisi .....	10
Şekil 4 Uçuş Kontrol Sistemi.....	13
Şekil 5 15*5 Karbon fiber pervane .....	14
Şekil 6 T-Motor U5 400 kV .....	14
Şekil 7 T-Motor Air 40A ESC .....	14
Şekil 8 Güç diyagramı.....	15
Şekil 9 eCalc Hesaplamaları .....	16
Şekil 10 Kanat Tasarımı.....	17
Şekil 11 Gövde Tasarımı.....	17
Şekil 12 Motor ve mil yuvası .....	18
Şekil 13 Hava aracı donanımları dağılımı.....	18
Şekil 14 Solidworks çıktıları.....	19
Şekil 15 G noktası .....	19
Şekil 16 YOLOv5 algoritması çalışma diyagramı .....	21
Şekil 17 Edge detection algoritma çıktısı .....	22
Şekil 18 CNN algoritmasının çalışması .....	23
Şekil 19 Non Max Supression algoritmasının çalışması ve hedef tespiti .....	23
Şekil 20 Araç konum tahmini parametreleri .....	24
Şekil 21 Kilitlenme döngüsü .....	25
Şekil 22 MiDaS çıktısı .....	26
Şekil 23 Otonom kilitlenme ve takip genel akış diyagramı .....	28
Şekil 24 Kamikaze görevi çalışma diyagramı.....	29
Şekil 25 Telemetri verilerinin aktarılması .....	30
Şekil 26 Görüntünün anlık olarak görüntü işleme bilgisayarına aktarımı .....	31
Şekil 27 QGroundControl ana ekran arayüzü .....	32
Şekil 28 Görev tanımlama ekranı.....	32
Şekil 29 Sensör durum ekranı .....	33
Şekil 30 Görüntü işleme ve kontrol arayüzü.....	34
Şekil 31 Hava aracı Mekanik Entegrasyonu .....	36
Şekil 32 Rib ve Sparlar .....	37
Şekil 33 Elektronik Entegrasyon.....	38
Şekil 34 Otonom uçuş simülasyonu.....	40
Şekil 35 Belirli bir rotada simülasyon testi .....	41
Şekil 36 Offboard Mod Simülasyon Testi .....	41
Şekil 37 Uçuş Kontrol Listesi Sayfa 1 .....	42
Şekil 38 Uçuş Kontrol Listesi Sayfa 2 .....	42

## 1. TEMEL SİSTEM ÖZETİ

### 1.1. Sistem Tanımı

HÜMA Takımı; Hüma Hp-1 adlı sabit kanat insansız hava aracında yarışma isterlerini karşılayacak şekilde 2022 Teknofest Savaşan İnsansız hava aracı yarışmasına hazırlanmaktadır. Hüma Hp-1 hava aracının istenen gerekli manevra kabiliyeti ile görevleri hava sahası içerisinde gerçekleştirebilmesi ve yer kontrol istasyonu ile anlık veri aktarımını sağlaması amacıyla tasarlanması düşünülmektedir. Yarışma amacına uygun olarak yarışma komitesi tarafından ilan edilecek bir bölgede otonom hareket, takip algoritmalarıyla rakip hava aracına kitlenme ve belirlenen bölgelerde yer hedefi tespitiyle QR kodların kamera ile okunup alınan çıktının ana sunucuya aktarılması hedeflenmiştir. Hava aracı sistemimiz ana sunucu, yer kontrol istasyonu ve hava aracının otonom hareketi olarak üç başlıktan oluşmaktadır. Yarışmadaki isterler doğrultusunda sistemimiz gerçek zamanlı görüntü aktarımını yaparak otonom hareket sırasında kameradan aldığı görüntüleri yer istasyonuna iletecektir. Hava aracı kamerasından alınan görüntüyü, görüntü işleme yazılımları ile daha kararlı hale getirerek görüntü işleme algoritmalarına aktarılıp çıktı olarak alıp alınan verilere göre vuruş tespiti yapacaktır. Hava aracının GPS koordinatları ve irtifa bilgisi; görev isterleri kapsamında kitlenme durumu ve kitlenme alanının konumu yer kontrol istasyonundan ana sunucuya aktarılacaktır. Hava platformunda herhangi bir olağan dışı durumda sistemimiz failsafe moduna geçip bulunduğu konuma veya harekete başladığı konuma geri dönmesi öngörülmüştür.

### 1.2. Sistem Nihai Performans Özellikleri

HÜMA HP-1 yarışma gereksinimlerini karşılayacak şekilde tasarlanmıştır ve yapılan simülasyon analizleri ve hesaplamalar sonucunda varılan performans özellikleri Tablo 1’de belirtilmiştir. Elektronik ve mekanik parçalar ağırlık merkezini koruyacak şekilde konumlandırılmıştır. Uçağın uçuş süresi ve hızı hava şartlarına bağlı olarak değişebilmektedir. HÜMA HP-1’in performans özellikleri ile yarışmayı başarılı bir şekilde tamamlayabilmesi öngörülmektedir.

Performans Özellikleri
19 m/s Seyir hızı
26 dakika uçuş süresi
5 km haberleşme mesafesi
1080p kamera çözünürlüğü
1600 mm kanat açıklığı
6000 gram ağırlık
Görüntü işleme bilgisayar ekran kartı RTX 3050 8GB

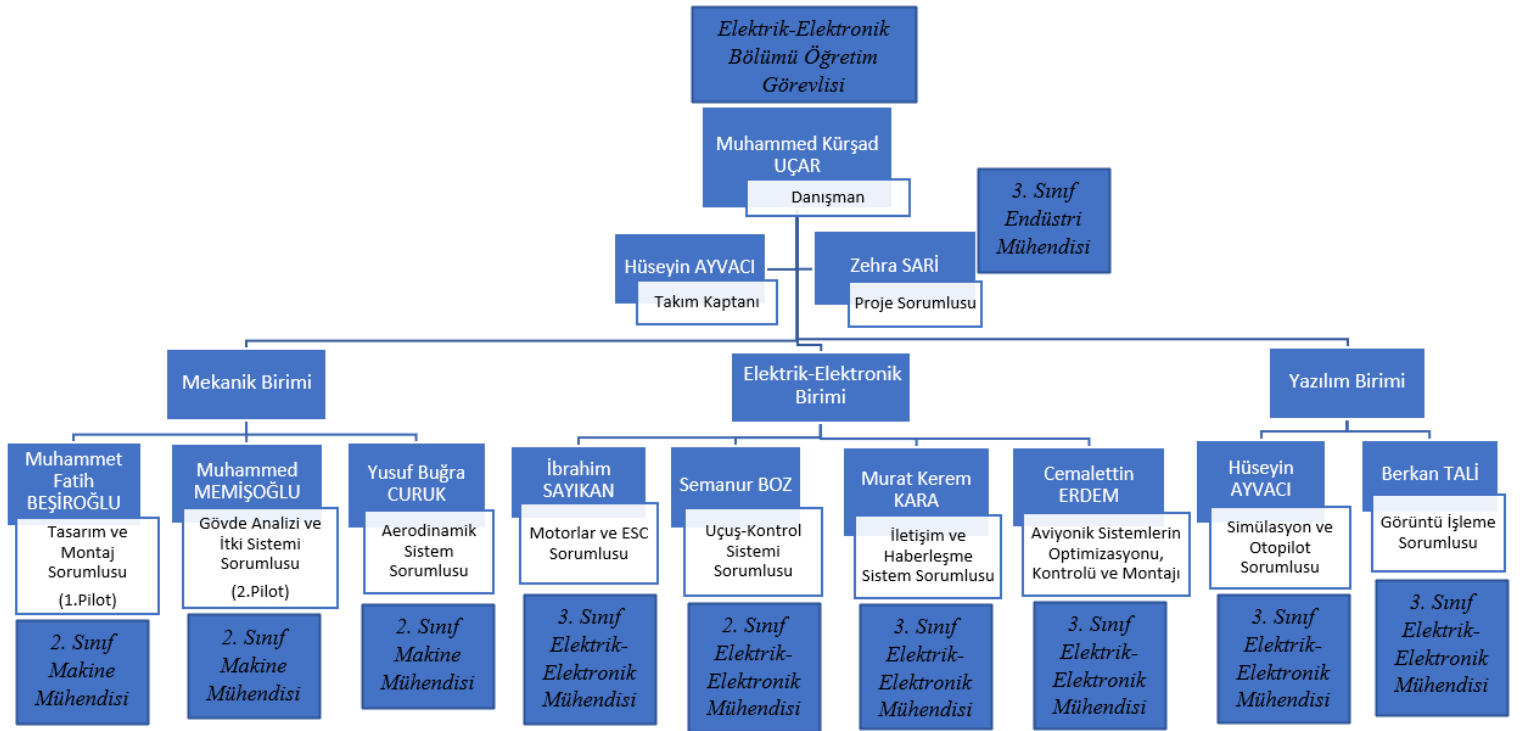
**Tablo 1** Performans Özellikleri

## 2. ORGANİZASYON ÖZETİ

### 2.1. Takım Organizasyonu

HÜMA Takımı Sakaya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi lisans öğrencileri tarafından mekanik, elektrik-elektronik ve yazılım birimi olmak üzere 3 birimden oluşmaktadır. Ayrıca ekip içerisinde genel anlamıyla birimlerden ve süreçten sorumlu proje sorumlusu yer almaktadır.

Ekip üyelerinin bilgileri ve görevleri Şekil 1’de verildiği gibidir.



Şekil 1 Organizasyon Şeması

## GÖREV TANIMLARI

### DANIŞMAN:

- ☐ Takıma uygun çalışma ortamının bulunmasında yardımcı olur
- ☐ Süreç içerisinde ihtiyaç duyulan her konuda takıma yardımcı olur.

### PROJE SORUMLUSU:

- ☐ Takımın genel sürecini planlar.
- ☐ Raporların; tutulmasından, takibinden ve arşivlenmesinden sorumludur.
- ☐ Takımdan ayrılan üye olması durumunda uygun adayları bulur.
- ☐ Sponsorluk çalışmalarında bulunur.
- ☐ Takım ile danışman arasındaki iletişimi sağlar.

**TAKIM KAPTANI:**

- ☐ Takım içi iletişimi ve koordinasyonu sürekli kılar.
- ☐ Görev dağılımlarının nasıl olacağını belirler.
- ☐ Sponsorluk çalışmalarında bulunur.

**MEKANİK BİRİMİ:**

- ☐ Aerodinamik ve mekanik yapıları tasarlayıp üretim için malzemeleri belirler.
- ☐ Özgün tasarım ve ağırlık dengesi analizleriyle ilgilenir.
- ☐ Parçaların entegrasyonu ile ilgili analiz yapar.
- ☐ İtki sistem tasarımı ve performans hesaplamaları ile ilgilenir.

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK BİRİMİ:**

- ☐ Aerodinamik ve mekanik yapıları tasarlayıp üretim için malzemeleri belirler.
- ☐ Özgün tasarım ve ağırlık dengesi analizleriyle ilgilenir.
- ☐ Parçaların entegrasyonu ile ilgili analiz yapar.
- ☐ İtki sistem tasarımı ve performans hesaplamaları ile ilgilenir.

**YAZILIM BİRİMİ:**

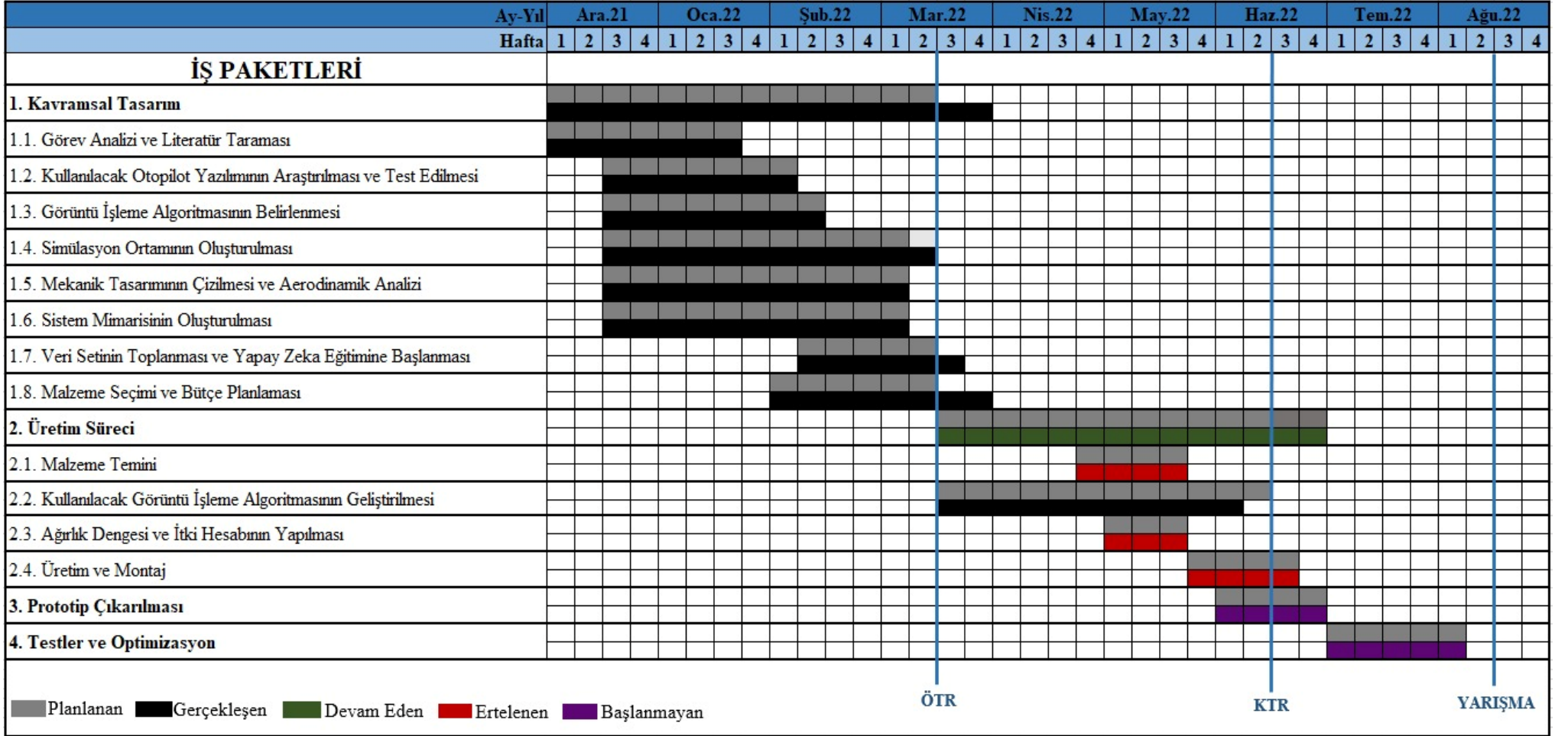
- ☐ Hüma HP-1' in temel görev isterleri kısmında belirtilen otonom hareket ve kilitlenme görevlerini yerine getirir.

**2.2. Zaman Akış Çizelgesi ve Bütçe**

Hüma Takımı kuruluşundan itibaren çalışmalarına büyük bir istikrarlılıkla devam etmesinden ötürü zaman akış çizelgesinde kavramsal tasarım kısmında planlananın aksine çok büyük sapmalar gerçekleşmemiştir. Fakat hem Teknofest' in maddi desteğini ertelemesi hem de sponsorluk arayışında olumsuz geri dönüşlerle karşılaşılması planlanan malzeme temininde ertelemelere sebebiyet vermiştir. Malzemelerin olmayışı iş akış çizelgesindeki diğer görevleri de sekteye uğratmıştır. Bu durum zaman akış çizelgesinde üretim süreci paketinde olumsuz etki bırakmıştır. Aynı zamanda bu durumun zaman planında başlanmayan diğer paketlerde de gecikmelere sebebiyet vereceği öngörülmektedir. Bu gecikmelerin ileriki süreçlerde verilecek doğru kararlarla optimum seviyede olması için çalışılacaktır.

Mevcut çalışma planımız Şekil 2' de gösterilmiştir.

## SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022



Şekil 2 Zaman akış çizelgesi



## SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

MODEL	BİRİM	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	FİYAT (TL)	İHTİYAÇ
Pixhawk Cube Orange	Adet	1	10.499,00	10.499,00	Var
Raspberry Pi 4 8GB	Adet	1	5.435,1	5.435,1	Var
T-Motor U5 400KV	Adet	2	1.932,60	3.865,20	Var
Raspberry Pi Kamera V2	Adet	1	765,58	765,58	Var
Rocket M5 Powerbeam M5	Adet	1	1.772,37	1.772,37	Var
FrSky QX7	Adet	1	2.784,14	2.784,14	Var
10000 mAh 6S Li-Po Batarya 30C	Adet	2	3.623,28	7.246,56	Var
T-Motor Air 40A ESC	Adet	2	900,00	1.800,00	Var
Holybro Dijital Hava Hız Sensörü	Adet	1	823,23	823,23	Var
Tower Pro Mg90s Servo Motor 180 Derece	Adet	8	69,18	553,44	Var
FrSky RX8R Pro Alıcı	Adet	1	900,51	900,51	Var
Matek Mini PDB/ BEC 5V & 12v	Adet	1	139,21	139,21	Var
Filament	Kg	3,5	264,00	924,00	Var
Karbon Kumaş	Metrekare	3	461,16	1.383,48	Var
Epoksi	Kg	2	325,00	650,00	Var
Karbon Boru	Metre	2	174,50	349,00	Var
<b>TOPLAM</b>			<b>39.890,82</b>		

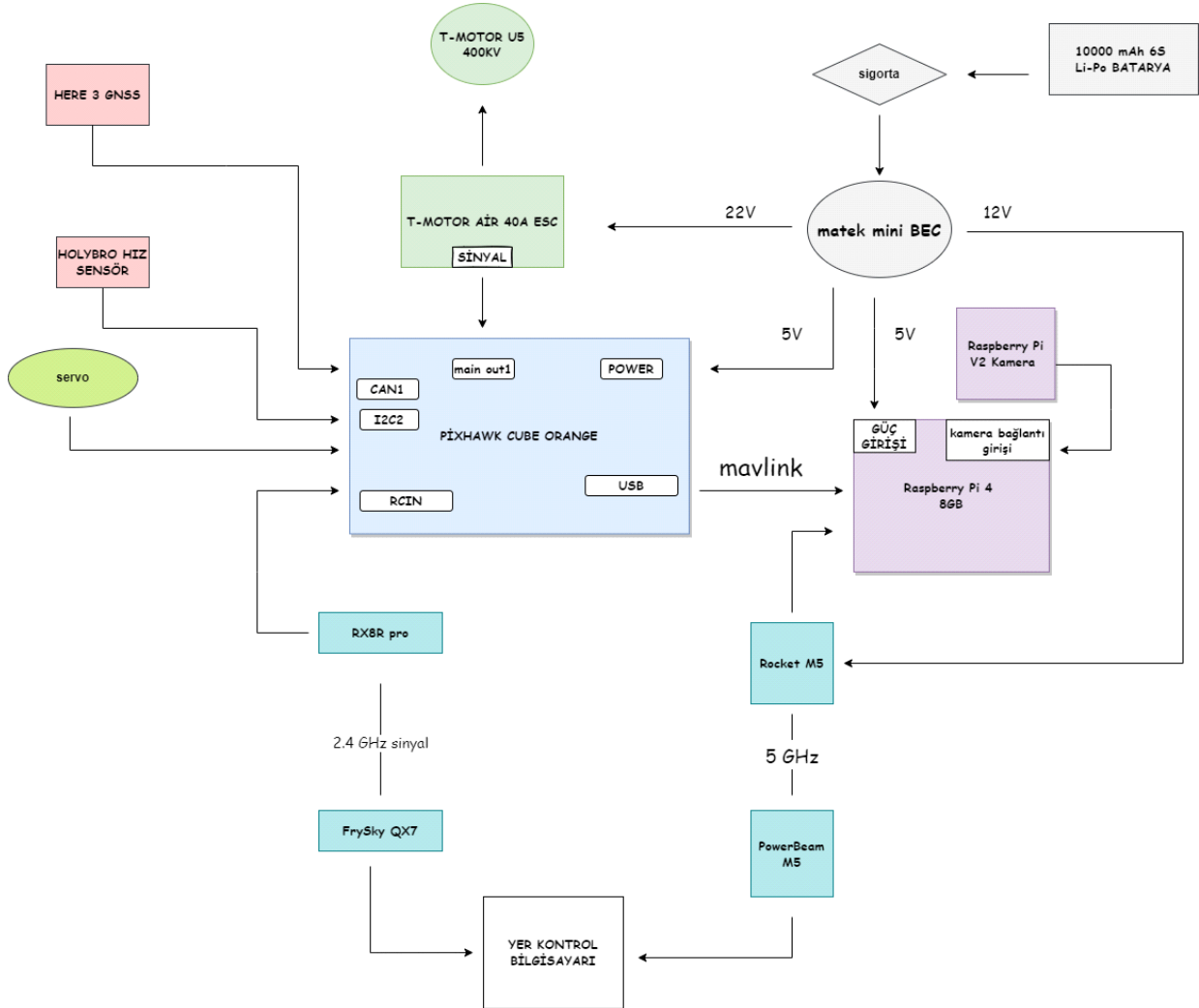
Tablo 2 Bütçe Planlaması

Bütçe Tablo 2'de gösterilmektedir. Güncellenen bütçede ön rapora kıyasla birtakım değişiklikler olmuştur. Jetson Nano yerine Raspberry Pi 4 8 GB kullanılacaktır. Runcam Hybird Çit Lens yerine Raspberry Pi Kamera kullanılacaktır. Radiolink AT9S yerine FrSky QX7 kullanılacaktır. Bu ürünlerin değişimlerinin sebebi Nihai Sistem Mimarisi bölümünde anlatılmıştır. Aynı zamanda ön rapordan farklı olarak motor, batarya, ESC ve servo motor sayılarında arıza durumunda yedeklerini bulundurmak amacıyla artış olmuştur. ÖTR' de belirtilmeyen Matek Güç Dağıtım Kartı ve FrSky Kumanda Alıcısı listeye eklenmiştir.

Yapılan değişiklikler ve artan fiyat artışlarından sebebi toplam maliyet 29.812,06 TL' den 39.890,82 TL' ye yükselmiştir. 10.078,76 TL' lik fark meydana gelmiştir.

### 3. DETAYLI TASARIM ÖZETİ

#### 3.1. Nihai Sistem Mimarisi



Şekil 3 Nihai Sistem Mimarisi

Ön Tasarım Raporundaki Kavramsal Sistem mimarisinde değişikliğe gidilmiştir. Sistem mimarisinde belirtilen görev bilgisayarı ve kamerasında ürün değişikliğine gidilip Jetson Nano, Runcam Hybird yerine Rasberry Pi ve kamera modülü kullanılacaktır. Bunun sebebi haberleşme sisteminde yapılan köklü değişikliklerdir. Ön tasarım raporunda belirtilen üç kablosuz haberleşme sisteminde telemetri sistemi çıkarılıp maliyeti düşürme hedefi baz alınarak ikiye indirgenmiştir. Telemetri verilerinin de görüntü verileri ile görüntü alıcı ve vericisi üzerinden haberleştirilmesi uygun görülmüştür.

Pixhawk cube ve Ardupilot tarafından oluşturulan (anlık konum, hız, irtifa vb.) telemetri verilerinin ön tasarım raporunda belirtilip kullanılması düşünülen 3DR 433Mhz 100mW telemetri sistemi ile aktarılmasına aşağıda verilen sebeplerden dolayı vazgeçilmiştir.

Bunlar:

- 1-) Telemetry verileri için ayrı sistem kullanılmasının maliyeti artırması,
- 2-) 3DR 433Mhz 100mW'ın alternatifleri olan 500mW, 1000mW'lık versiyonlarına göre mesafenin düşük olması,
- 3-) Sistemin bağlantı güvenliğinin yetersiz görülmesidir.

Bütçe planında belirtilen kumanda Radiolink AT9S yapılan ürün araştırmalarından elde edilen sonuca göre uçuş isterlerini tam ve zamanlı gerçekleştiremeyeceği düşünülüp yerine alternatifi FrSky QX7 seçilmiştir.

Sistem mimarisinde belirtilmeyen bir diğer husus servo motordur. Servo motorlar aracımızın kanatçık, yön dümeni, yükseliş dümeni ve dikey dengeleyicisini kontrol etmemizi sağlayan donanımlardır. Savaşan İHA' da 4 tane servo motor kullanılacaktır.

Nihai sistem mimarisine batarya ile dağıtım kartı arasına bir sigorta konulmuştur. Ani yükselen akımı kesmek için alınan bir önlemdir.

### 3.2. Alt Sistemler Özeti

Hava aracımız 4 ayrı alt sistemden oluşmaktadır. Bunlar:

- Uçuş Kontrol Sistemi
- Haberleşme Sistemi
- İtke Sistemi
- Güç Sistemi

#### 3.2.1. Uçuş Kontrol Sistemi:

Uçuş kontrol sistemi insansız hava aracının uçuşunu kontrol etmeye yardımcı olan donanımsal ve yazılımsal bileşenlerin bütünüdür.

Hava sahasında uçuş kontrol sisteminden beklenen görevler:

- Otonom uçuş yapabilmesi,
- Otonom kalkışı ve inişi gerçekleştirebilmesi,
- Otonom hedef takibi yapabilmesi,
- Olağan dışı bir durumda otonom olarak bulunduğu konuma veya başlangıç konumuna geri dönmesi,
- Sistemin hız konum irtifa bilgilerini almamızı sağlayan gerekli sensör bileşenlerini bulundurma,
- Otonom uçuş sağlanırken aynı anda yer kontrol istasyonuna GPS ile konum bildirmesi gerekmektedir.
- Sistem kontrol kartı, kartın yazılımı ve uçuş için gerekli sensörlerden oluşmuştur.

## SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

**Kontrol kartı:** Uçuşun gerektirdiği kararlılık için önemli olan geri besleme sinyallerini üretmek, uçuş mekaniğinin ve görevinin gerektirdiği yazılımı barındırmak, Savaşan İHA' nın bileşenleri arasında iletişimi sağlama ve uçuş için gerekli sensör verilerini toplayıp anlamlı hale getirilmesini sağlamaktadır.

Kontrol kartı olarak Pixhawk Cube Orange kullanılmasına karar verilmiştir.

Seçim kriteri olarak Pixhawk kullanılmasında:

- Dahili 3 manyometre, 3 ivmeölçer, 2 barometre ve 3 jiroskop gelişmiş sensörlere sahip olması,
- PPM, SBUS, UART vb. sinyal giriş çıkış yerlerine sahip olması,
- Diğer Cube serilerine kıyasla Dahili ADS-B Anteni barındırması, (ADS-B havada bulunan uçakların konumlarını çok daha kesin olarak görülebildiği bir iletişim yöntemidir.)
- Kullanılan kart yazılımı ile uyumlu çalışması göz önünde bulundurulmuştur.

Kontrol kartı içinde barınan sensör haricinde sistem için gerekli hava hız sensörü ve GPS bulunmaktadır. Seçim kriterleri aşağıda verilmiştir:

**Hava Hız Sensörü:** Holybro Dijital pitot hız sensörü tercih edilmiştir.

- Çok düşük bir kaymaya ve yüksek çözünürlüğe sahiptir.
- Statik basınç sensörünü kullanarak belirtilen hava hızından gerçek hava hızının hesaplanmasına izin vermek için sıcaklığı ölçer. Yakındaki işleme bileşenlerinin sıcaklığından etkilenmez
- Pixhawk Cube Orange ile uyumludur.

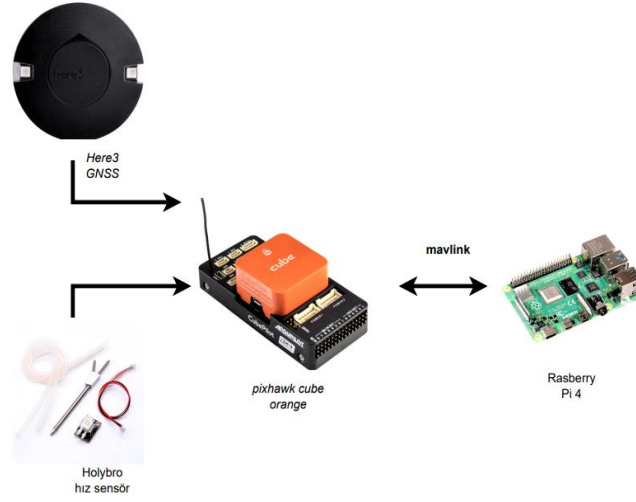
**GPS:** Aracın istenen görevleri yapabilmesi için konumunun bilinmesi gerekir. Konum bilgisi için kullanılan GPS' de Here3 GNSS modülü tercih edilmiştir. Seçim kriterleri aşağıda belirtilmiştir.

- Gerçek zamanlı iletişim sistemi olması
- Konumlandırma doğruluğu: 3D FIX: 2,5 m / RTK: 0,025 m
- Navigasyon Güncelleme Frekansının maksimum 8Hz olması

Uçuş kontrol sisteminin önemli diğer bileşeni kart yazılımıdır. Pixhawk ile uyumlu çalışan PX4 oto pilot yazılımı seçilmiştir.

PX4 seçim kriterleri:

- Açık kaynaklı bir yazılıma sahip olması sayesinde uçuş modu eklenebilmesi,
- Yaygın olarak kullandığından döküman bilgisinin fazla olması,
- Modunu Auto-tune modu sayesinde rahatlıkla ayarlanabilmesi,
- Fail-safe uçuş moduna sahip olmasıdır.



**Şekil 4** Uçuş Kontrol Sistemi

Uçuş Kontrol sisteminde kullanılan donanımlar Şekil 4’te gösterilmiştir.

### 3.2.2. Haberleşme Sistemi:

Haberleşme sistemleri kablolu ve kablosuz sistemler olarak ayrılmaktadır. Kablosuz sistemler telemetri, anlık görüntü, otonom manevra verilerinin yer istasyonu-araç arasında ve RC kumandanın alıcısı ile kablosuz olarak haberleşmesi için kullanılan sistemlerdir. Kablosuz sistemler ise Pixhawk’ ın görev kontrol bilgisayarı ile haberleşmesini aynı zamanda sunucu ile yer kontrol istasyonunun haberleşmesini kapsamaktadır.

Pixhawk- görev kontrol bilgisayarı haberleşmesi telemetri verilerinin tek kart bilgisayarına ve görüntü işleme işlemi sonrasında oluşturulan otonom manevraların görev kontrol bilgisayarı üzerinde koşturularak Pixhawk’ a iletilmesini kapsamaktadır. Pixhawk- görev kontrol bilgisayarı Mavlink protokolünü kullanarak Pixhawk’ ın telem1 veya telem2 kanalı üzerinden yapılacaktır.

Ubiquiti markasının ürünleri olan NanoBeam AC ve Bullet AC görev kontrol bilgisayarı ve yer istasyonu arasında kullanılan kablosuz haberleşme sistemidir. Pixhawk’ tan görev kontrol bilgisayarına aktarılan telemetri verilerinin, anlık kamera görüntüsünün yer kontrol istasyonuna aktarılması ve RTX 3050 üzerinde yapılan görüntü işleme işleminin çıktısı olan otonom manevra verilerinin görev kontrol bilgisayarına aktarılmasını kapsamaktadır. 5.8 Ghz frekansından yayın yapmaktadır. Bağlantı da TCP standardı kullanılmaktadır.

Sunucu ile yer kontrol istasyonu arasında haberleşmenin tek bir IP adresi üzerinde olması gerektiği için takım IP çoklayıcısı ile IP çoklanarak yer istasyonu arayüzünün çalıştırıldığı bilgisayar ve RTX 3050 ekran kartına sahip olan görüntü işlemenin yapılacağı bilgisayar sunucu ve kendi aralarında haberleştirilecektir. Bu haberleşmede cat6 ethernet kabloları ve Xiaomi Mi 4A Router kullanılacaktır.

### 3.2.3 İtki Sistemi:

İtki alt sistemi motor, batarya, elektronik hız kontrol devresi (ESC) ve pervaneden oluşmaktadır. İtki sisteminin bileşenleri seçilirken HÜMA HP-1'in ağırlığı, tasarımı ve uçağın en az 15 dakika uçabilmesi göz önünde bulundurulmuştur. Yapılan literatür taramaları ve data sheet araştırmaları sonucunda gerekli itki kuvvetini sağlayabilecek ve minimum akım ile maksimum itki verebilecek T-Motor U5 400KV motor, motorun hızını kontrol edebileceğimiz T-Motor Air 40A ESC ve motorun verimliliğini maksimum şekilde alabilecek 15\*5 karbon fiber pervane tercih edilmiştir. İtki sistemini ve aviyonik bileşenleri beslemek için 10000 mAh 6S1P Li-Po pil seçimi yapılmıştır.



**Şekil 5** 15\*5  
Karbon fiber



**Şekil 6** T-Motor U5  
400 kV



**Şekil 7** T-Motor Air  
40A ESC

### 3.2.4. Güç Sistemi:

Aviyonik Malzeme	Gerilim	Akım	Güç Tüketimi
Uçuş Kontrol Kartı	5V	2.5A	12.5W
Kamera	5V	0.480A	2.4W
Uçuş Bilgisayarı	5V	2A	10W
Servo Motor	5V	0.25A	1.25W
Videolink	12V	1A	12W
Sensörler	5V	0.1-0.25A	0.5W-1.25W

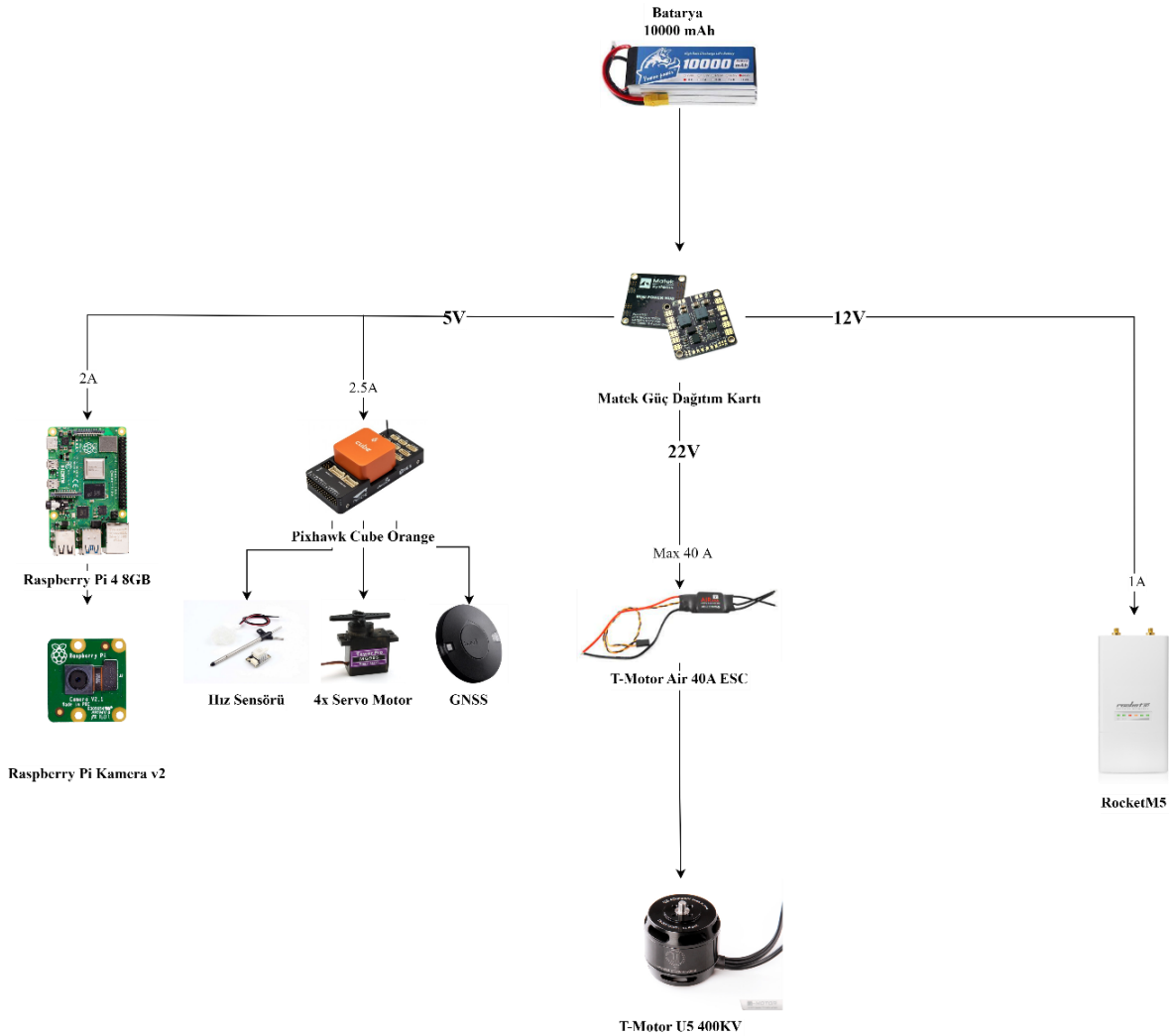
**Tablo 3** Güç analizi

Yukarıdaki tabloda kullandığımız aviyonik malzemelerin gerilim, akım ve güç tüketimleri verilmiştir. Güç Dağıtımını sağlamak için Matek Mini Power Hub güç dağıtım kartı kullanılacaktır. Bu kart 5V'luk bağlantı noktaları için 3A'e kadar ve 12V'luk bağlantı noktaları için ise 2A'e kadar çıkışı desteklemektedir.

Motor Hız Ayarı	Gerilim	Ortalama Akım	Güç Tüketimi
%50	22.2V	4.3A	95W
%65	22.2V	7.9A	175W
%75	22.2V	11.6A	257W
%85	22.2V	14.5A	322W
%100	22.2V	17.2A	382W

**Tablo 4** Motorun hız ayarına göre çekeceği güç

Yukarıda motor hız ayarına (throttle) göre motorumuzun çekeceği akım ve tüketeceği güç tablo olarak verilmiştir. Motoru uçuş boyunca ortalama %75’lik bir hız ayarı ile kullanırsak 30 dakikalık bir uçuş süresine erişmiş oluruz. Bu süre mevcut görev durumuna göre artıp azalabilir. Yarım saatlik uçuş süresi boyunca tüketeceğimiz toplam güç ortalama 150Wh’dır.



**Şekil 8** Güç diyagramı

Aracımızda kullanılan malzemelerin giriş gerilim ve akım değerleri Şekil 8’ de gösterilmiştir.

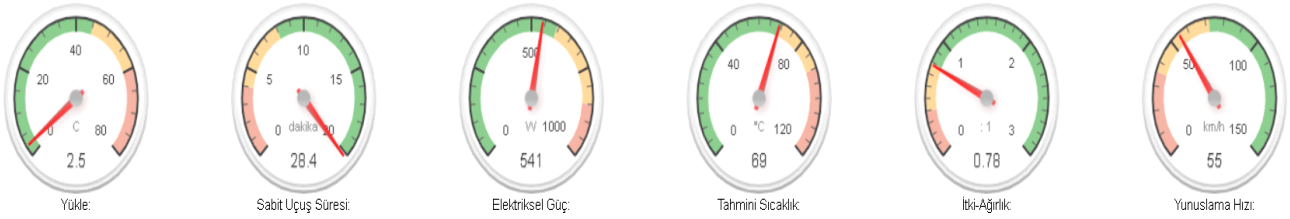
### 3.3. Hava Aracı Performans Özeti

Savaşan İHA'nın süresi 15 dakika olan müsabaka turları boyunca havada kalabilmesi gerekmektedir ve itki sistemi seçiminde bu koşul göz önünde bulundurulmuştur. Manevra kabiliyetini arttırmak ve insansız hava aracının kamera konumu nedeni ile arkadan itici motor sistemi tercih edilmiştir. İtki sisteminde T-Motor U5 400 KV motor, T-Motor Air

40A ESC ve 15\*5 pervane kullanılmıştır. HÜMA HP-1'in uçuşu esnasında ortalama 11.6 amper kullanılmaktadır. Kullandığımız motorun datasheeti ve eCalc üzerinden performans hesaplamaları Tablo 2 ve Şekil 9'de gösterilmiştir.

Gaz (Throttle)	Akım (A)	Güç (W)	İtki (G)	RPM	Verim (G/W)
%50	4.3A	95.46	990	4200	10.37
%65	7.9A	175.38	1490	5200	8.5
%75	11.6A	257.58	1900	5700	7.38
%85	14.5A	321.9	2220	6200	6.9
%100	17.2A	381.84	2480	6500	6.49

**Tablo 5** T-Motor U5 400KV DataSheet



**Şekil 9** eCalc Hesaplamaları

Gerekli gücü 10000 mAh kapasiteli Li-Po pilden sağlayan aracın uçuş süresi teorik olarak şu şekilde hesaplanabilir:

$$(10 \text{ Ah} \div 19.05 \text{ (aviyonik malzemeler [7.45] + motorun çekeceği akım [11.6]) Mah.}) \times 60 \text{ dk.} = 31 \text{ dk.}$$

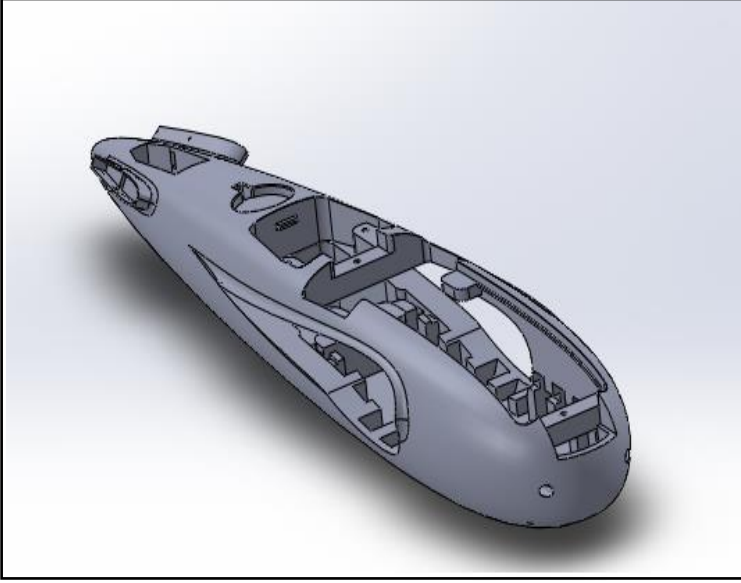
Kullanılacak batarya Li-Po pil olduğundan %100 deşarj edilmemektedir bu yüzden 5 dakika eksik uçuş yapılmaktadır. Hesaplanan değerlere göre uçağın itki sistemi ile 26 dakika uçuşu yapabilecek yetkinliktedir.



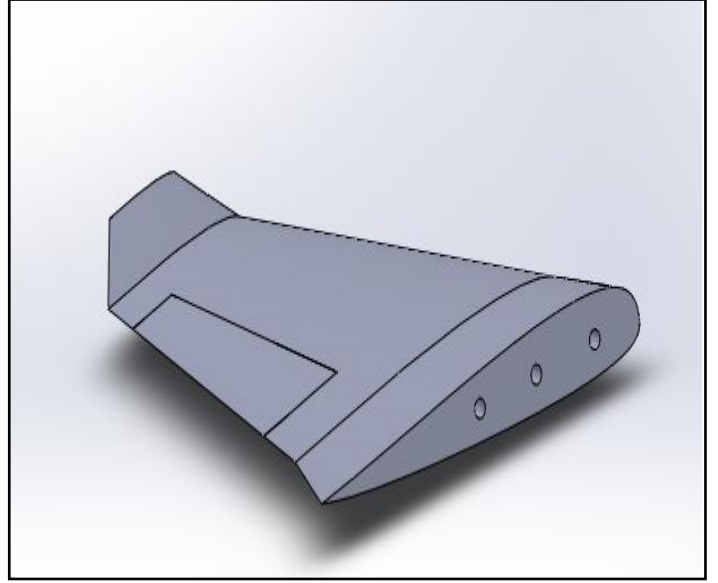
### 3.4. Hava Aracının Üç Boyutlu Tasarımı

#### Gövde Tasarımı:

3D yazıcıda tasarlanacak olan gövdeye uygun bölgelerde dış ve entegrasyon için yuva açılarak montaja uygun hale getirilecektir.



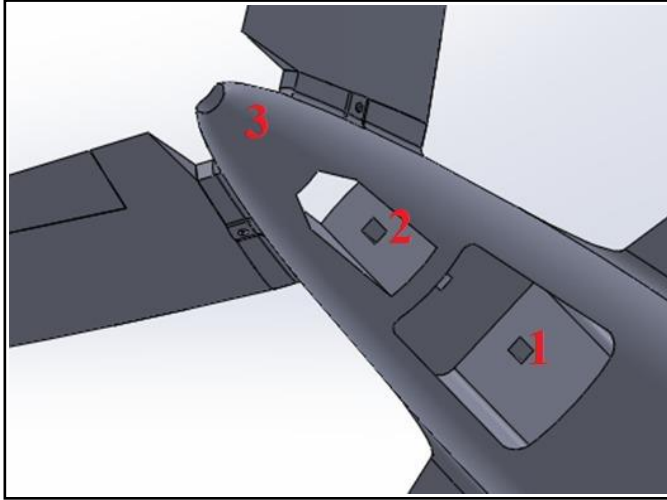
Şekil 11 Gövde Tasarımı



Şekil 10 Kanat Tasarımı

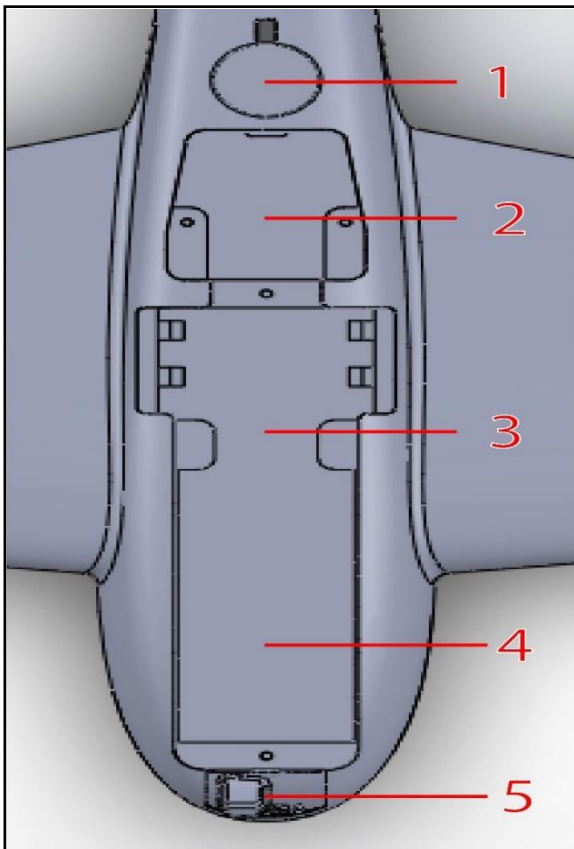
Şekil 11’ deki kanat için öncelikle ribler ve sparlar konumlandırılacak ardından kanatın dış yapısını oluşturabilmesi için bu iskelet Cam Elyaf ile kaplanacaktır. Cam Elyaf sağlamlaşması için Epoksi Reçine ile kaplanacaktır. Ardından aerodinamik olması için Winglet sparlara bağlanarak oturtulur. Kanatla ilgili son olarak Flaperon Servomotora bağlanarak Kanat gövdeye Sparlarla bağlanır. Aynı işlem 45 Derecelik açıyla olması dışında aynı işlemlerle Arka kanat ve kanatçıklarda tekrarlanır. Arka kanatlarda da Kanatçıklar hem Elevator hem de Rudder görevi görevini sağlanması planlanmaktadır.

## Motor ve Aktarma Elemanları



### Şekil 12 Motor ve Mil Yuvası

Şekil 12’ de açılmış yuvaların 1 numaralı kısmına motor yerleştirilerek mil ile 3 numaralı kısma yerleştirilecek pervaneye döndürme kuvveti uygulanır.



Şekilde görülen kısımda numaralandırılmış  
yuvalara sırasıyla;

**1 Numara** Sigorta bölümü olarak ağırlıklıca minimum olması açısından kullanılması öngörülmüştür.

**2 Numara** için Hava aracını kontrol edebilmek için Anten konumlandırılmıştır.

**3 Numara** hava aracının istenen ağırlık merkezine en yakın bölge olması sebebi ile en ağır parça olan batarya buraya konumlandırılmıştır.

**4 Numaraya** Hava Aracının Bilgisayarı konumlandırılmıştır.

**5 Numarada** Hava aracının bilgisayarına en yakın olarak konumlandırılması adına da faydalanılarak Kamera konumlandırılmıştır.

**Şekil 13** Hava Aracı Donanımları Dağılımı

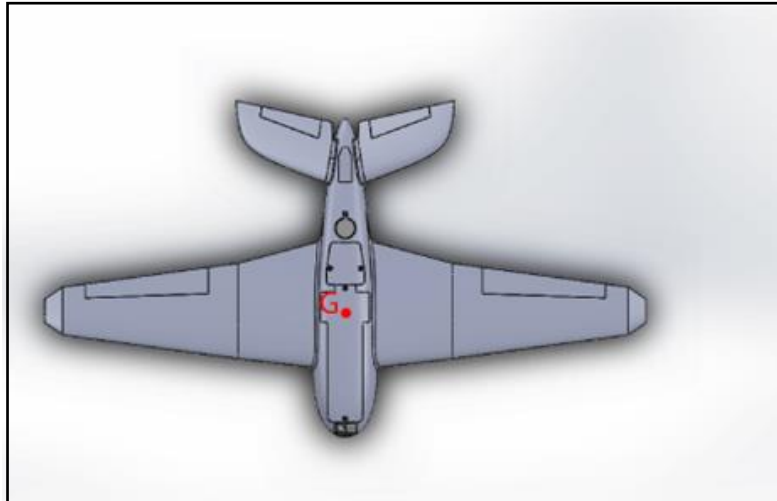
### 3.5. Hava Aracı Ağırlık Dağılımı

Hüma HP-1'in içi boşken ki ağırlık analizini Solidworks Şekil 14' te gösterilen ortamında hesapladık.

Parça öğesinin kütle özellikleri		
Konfigürasyon: Varsayılan		
Koordinat sistemi: -- varsayılan --		
Kütle (kullanıcı tarafından geçersiz kılınan) = 14831.50 gram		
Hacim = 14806546.97 milimetre küp		
Yüzey alanı = 1774563.72 milimetrekare		
Kütle Merkezi (kullanıcı tarafından geçersiz kılınan): ( milimetre )		
X = -196.18		
Y = -66.34		
Z = 1802.91		
Ana atalet eksenleri ve ana atalet momentleri (kullanıcı tarafından geçersiz kılınan):		
Kütle merkezinden alınmış.		
Ix = ( 1.00, 0.00, 0.00)	Px = 510894737.93	
Iy = ( 0.00, 0.05, -1.00)	Py = 1336242660.37	
Iz = ( 0.00, 1.00, 0.05)	Pz = 1818855890.28	
Atalet momenti: ( gram * milimetrekare )		
Kütle merkezinden alınmış ve çıktı koordinat sistemi ile hizalanmış.		
Lxx = 2483.04	Lyy = 1817757737.89	Lyz = -22995150.0
Lzx = 12150.39	Lzy = -22995150.05	Lzz = 1337340812
Atalet momenti: ( gram * milimetrekare )		
Çıktı koordinat sisteminden alınmış.		
Ixx = 48785765545.42	Ixy = 193036752.38	Ixz = -5245816526
Iyx = 193036752.38	Iyy = 50598163635.68	Iyz = -1796995767
Izx = -5245816526.11	Izy = -1796995767.78	Izz = 1973434079.

Şekil 14 Solidworks Çıktıları

Solidworks çıktıları incelenerek Savaşan İHA' nın boş ağırlık merkezi (G) noktası Şekil 15' de belirtilmiştir.



Şekil 15 G noktası

#### 4. OTONOM GÖREVLER

##### 4.1. Otonom Kilitlenme

##### 4.1.1 Görüntü işleme algoritmasının seçilmesi

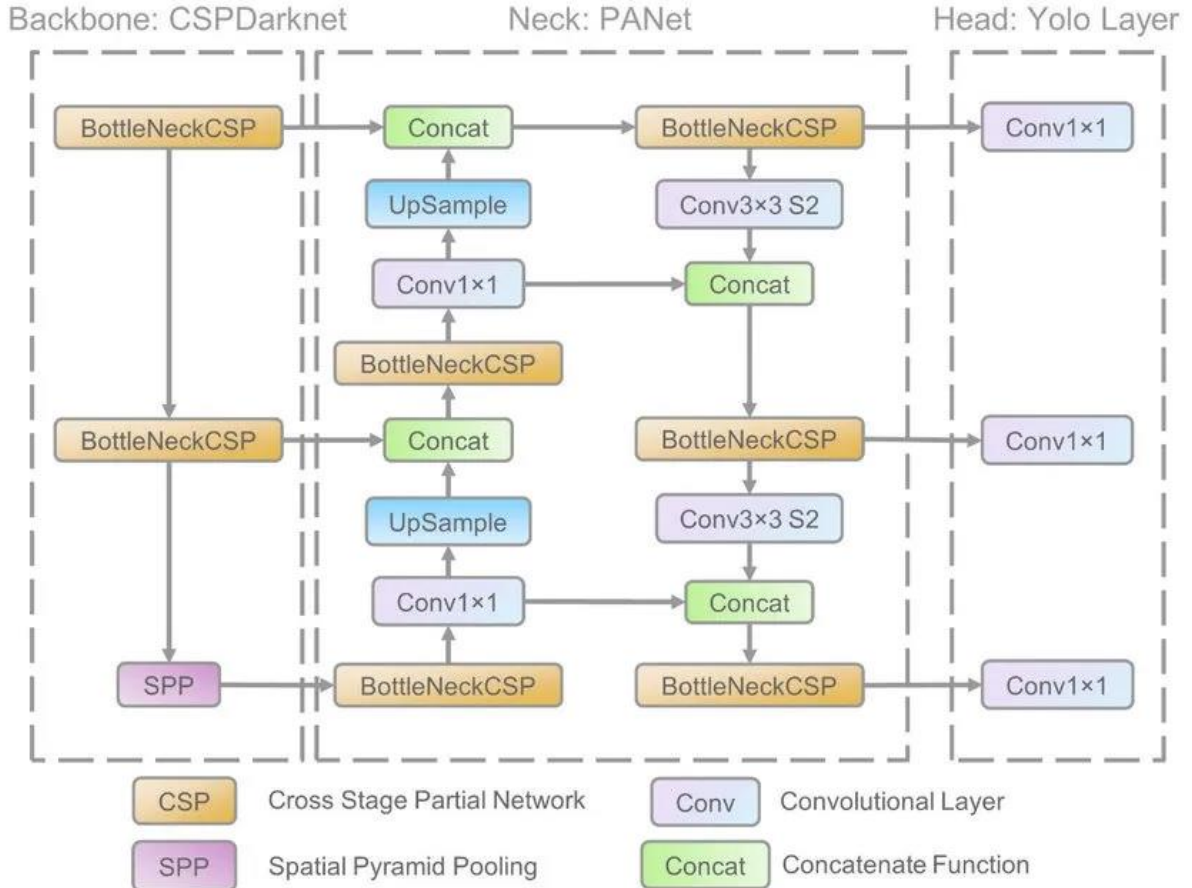
Otonom kilitlenme görevi için rakip aracın görüntüsünün kamera görüntü işleme algoritmasıyla tanınip ona göre aracın yönlendirilmesini gerektirir. Bu görevde takibin aralıksız devam etmesi için algoritmanın gerçek zamanlıya yakın bir hızda çalışması gerekir. Belirtilen ihtiyaçlar ışığında hafif bir algoritma ve güçlü bir donanımına ihtiyaç duyulduğu sonucu ortaya çıkar. Görüntünün yer istasyonunda işlenmesi hem bütçemize daha uygun olması hem de görüntü işlemenin daha hızlı gerçekleşebilmesi sebebiyle bu göreve uygun bulunmuştur. Algoritma seçiminde belirtilen hızı sağlayabilen 2 tane ulaşılabilir yazılımı vardır. Bunlardan biri SSD diğeri ise YOLO'dur.

Model	mAP(%)	FPS		
		TeslaT4	1660 Ti	Jetson Nano
YOLOv3	54.3	80	21	8
YOLOv5s	37.6	100	28	15
MobileNet SSDV2	33.7	94	26	15

**Tablo 6** YOLOv3, YOLOv5s ve SSDv2 karşılaştırması

Tablo 6'da gösterilen çalışmadan YoloV5s'in SSD'ye göre hız açısından önde olduğu ortaya çıkar. Buna dair temel nedenler bu iki algoritmanın çalışma mekanizmalarında yatmakta. SSD algoritması sadece convolutional neural network kullanırken YoloV5s algoritması görüntünün içindeki potansiyel objeyi edge detection yöntemiyle önceden tespit edip sonrasında CNN modelini uygular. YoloV5s'in yaptığı bu optimizasyon ona büyük avantaj kazandırır. Bu yöntemin getirdiği en büyük dezavantaj görüntüdeki bölünmüş her karenin işlenmemesidir. Bu YoloV5 algoritmasının isabetlilik olarak geride kalmasına neden olur ve küçük ve çoklu cisimlerin algılanamamasına neden olur. Fakat bu dezavantaj yarışmanın gereklilikleri göz önüne alındığında pek bir önem arz etmemektedir. Yarışmada bizden tespit edilmesi istenen hedefler rakip İHA'lar ve önceden belirlenmiş QR kodlar; bu hedefler algoritmalar için ayırt edilmesi çok zor hedefler değildir ve sadece tek bir sınıf için eğitim yapılması gerekir.

Şekil 16'da YoloV5s algoritmasını öne çıkaran işlemin özeti olan bir şema verilmiştir



Şekil 16 YOLOv5 algoritması çalışma diyagramı

1-) Şekil 16'daki görselde görülen backbone aşaması önceden edge detection ve benzeri yöntemlerle veri karakteristiği açısından zengin kısımların ayrılması aşamasıdır. CSP darknet53 modülü kullanır.

2-) Neck aşaması ise aşağıda daha detaylı olarak anlatılan CNN kısımdır. Bu aşamada algoritmanın sürekli çeşitli fonksiyonlarla geriye ve ileriye dönük besleme yaptığı görülebilir.

3-) Head aşaması sonuçlandırma aşamasıdır. Aşağıdaki başlıklarda bu kısımlar daha detaylı anlatılmıştır.

### YoloV5 Algoritması

YoloV5s'in üzerine kurulduğu framework olan PyTorch; bu alanda önde gelen bir yazılımdır. Yapay zekâ adına yapılan bilimsel çalışmaların salt çoğunluğunda kullanılması bunun bir sonucudur. PyTorch temelde C++ tabanlı olması sebebiyle yapılan çalışmalar C++'a hızlıca aktarılabilir. Aynı zamanda yüzeyde ise python kullanması sebebiyle yazılan projeler her zaman daha kolay anlaşılabilir. Bu özellikler yapay zekâ gibi karmaşık alanlarda fazlasıyla işe yarar.

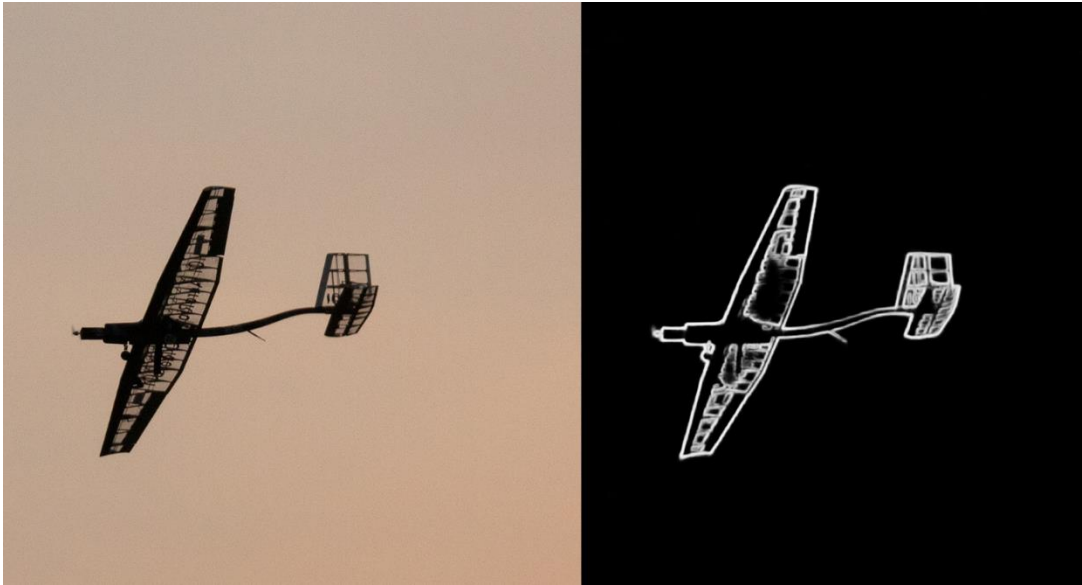
Algoritmanın eğitilmesi için gerekli veri seti Kaggle'dan alındı. Veri setinin linki referanslarda olan verilmiştir. Bu veri seti Roboflow'da etiketlendi. Roboflow'da bu hazırladığımız veri setiyle bize gerekli train validate ve test setlerinin hazırlandı.

Bu aşamadan sonra Eğitim aşaması fazla uzun ve donanım açısından pahalı olduğu için Google Colab'de eğitim algoritmanın eğitimini yaptık. Bu aşamada elimizde rakip İHA'yı tanımak için gerekli yazılım sağlanmış oldu. Bundan sonraki aşamalarda bu hedefe yönelme sağlanacaktır.

### Edge Detection

Edge detection algoritması, görüntü üzerindeki piksellerin renk değerlerinin birbirinden farklılaşmasından yola çıkarak görüntü üzerindeki kenarları belirler.

YoloV5'in çalışma mekanizmasının ilk aşaması olan edge detection Şekil 17'de örneklenmiştir.

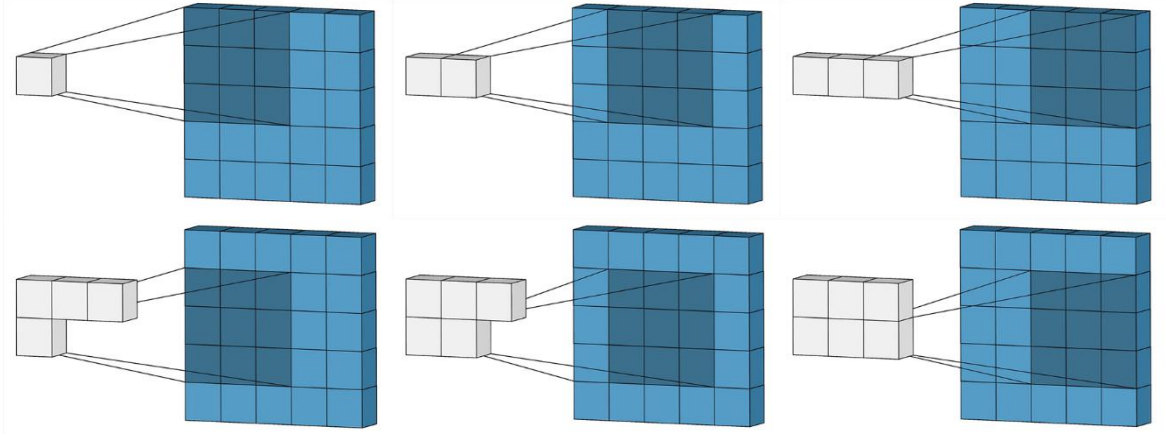


Şekil 17 Edge detection algoritma çıktısı

### CNN (Convolutional Neural Network)

Bu aşamadan sonra YoloV5'in şemasında da görüldüğü gibi CNN aşmasına girilir. Convolutional neural network, görüntüdeki kareleri boyutları önceden kararlaştırılmış bir çerçeve içine alır ve bu çerçeve içindeki verileri modelde işleyip tek bir veri halinde sıkıştırır. Bu sıkıştırma işlemi bittikten sonra ise önceden belirlenmiş adım sayısı kadar kareyi atlar ve oraya denk gelen çerçevedeki karelere aynı sıkıştırma işlemini uygular. Bu küçültme işlemi belirtilen sayıda tekrarlanır. Bunlardan elde edilen veriyle nihai tahmine varılır.

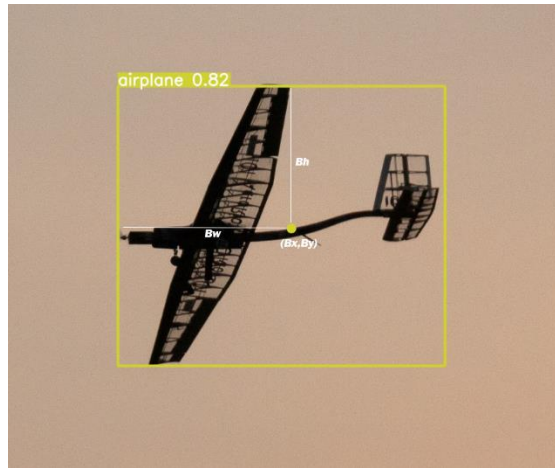
Aşağıda bu işlemin aşamalarını anlatan bir dizi görsel verilmiştir.



Şekil 18 CNN algoritmasının çalışması

### Non Max Supression

Bu aşamanın sonunda YoloV5 yazılımının içinde Non Max Supression adı altında geçen fonksiyon çağırılır bu fonksiyon aşağıda görülene benzer hataları düzeltir. Bu hatalar CNN'in çalışma doğası gereği birden fazla karenin birbirinin üstüne binerek aynı cismin birden çok kez tanınmasına sebep olabilir. Bu fonksiyon bunun önüne geçer. Bir diğer görevi ise eğer tahminde güven oranı yeterince yüksek değilse bu etiketlemeyi elemektir.



Şekil 19 Non Max Supression algoritmasının çalışması ve hedef tespiti

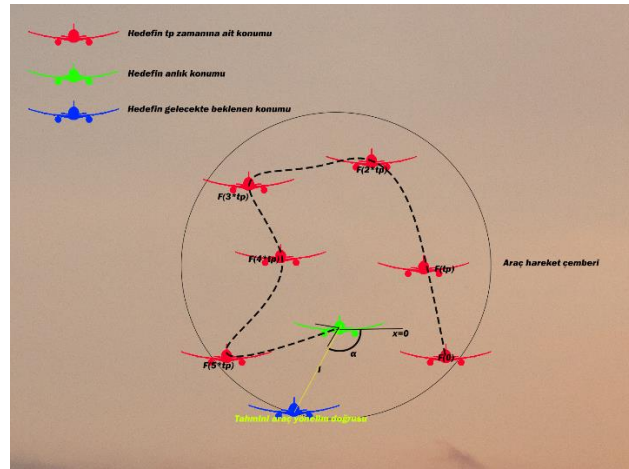


## Sonucun Aktarılması

Bu aşamada cismin sınırları; orta nokta, dikey ve yatay uzunluk şeklinde elde edilir. OpenCV ile de bu cismin etrafına sınır kutusu çizilir. Bizim için önemli olan cismin sınırlarının hangi piksellerde olduğudur. Bu piksellerin konumundan ve kameranın görüş açısının bilgileri ile takip edilmesi istenen cismin konumunu elde edebiliriz. Yer istasyonunda tanımlama işlemi bittikten sonra bu veriler otonom kontrol için yönlendirme algoritmasına aktarılır. Burada zaman farkı çok önemli olduğundan işlenen her kare için ayrı ayrı zaman damgası vurulur.

### 4.1.2 Otonom Takip

#### Hedef Hareket Ön Tahmini:



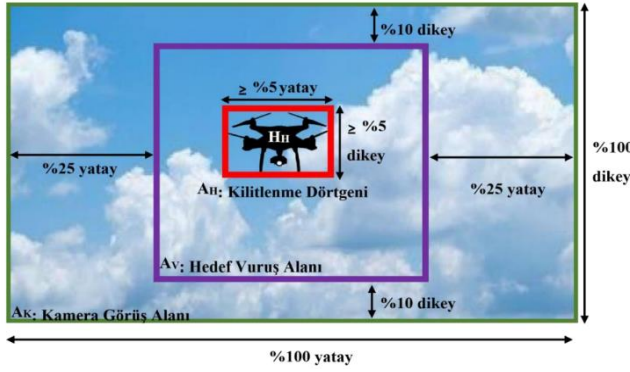
Şekil 20 Araç konum tahmini parametreleri

Şekil 20'de gösterilen otonom Kilitlenme algoritmasında kullandığımız YOLOv5 algoritmamızın çıktıları,  $B_x$ ,  $B_y$ ,  $B_w$ ,  $B_h$ , P.Object verilerinden yola çıkarak Rakip İHA'nın görüntü üzerindeki  $(B_x, B_y)$  konumları belirli bir  $t_p$  periyotunda kaydedilir ve konumlarındaki maksimum x ve y değerlerine göre Şekil 20'de gösterilen araç hareket çemberi çizilir. Araç hareket çemberindeki konumlar iterasyona sokularak rakip İHA'nın anlık araç konumundan iterasyon çıktısına kadar tahmini yönelim doğrusu çizilir.

Çizilen araç hareket çemberinin r yarıçapı hedef İHA'nın hareketliliğini gösterir. Tahmini yönelim doğrusunun  $U_p$  uzunluğu ve  $y=0$  doğrusu ile yaptığı  $\alpha_p$  açısı rakip İHA'nın bir sonraki  $t_p$  periyotunda tahmini hareket edeceği yönü gösterir.



## Hedef Seçimi



Şekil 21 Kilitlenme dörtgeni

Şekil 19'daki Bx ve By parametreleri kullanılarak rakip İHA'nın merkez noktası Şekil 21'de belirtilen hedef vuruş alanında tutulmaya çalışılır. Kamera çözünürlüğü 720x1080 olduğundan hedef algılama karesinin yüksekliği  $10 \times 720 = 72$  noktasından  $90 \times 720 = 648$  koordinatına kadardır. Genişliği ise  $25 \times 1080 = 270$  noktasından  $75 \times 1080 = 810$  noktasına kadardır.

Rakip İHA'nın anlık olarak hangi yöne hareket ettiği, görüntü merkezi olan (360,540) noktasından rakip İHA'nın merkezi olan (Bx,By) noktasına kadar çizilen hedef hareket doğrusu sayesinde bulunur. Bu doğrunun  $U_F$  uzunluğu ve  $y=0$  eksenini yaptığı  $\alpha_F$  açısı bize Rakip İHA'nın hareketinin yönünü verir.

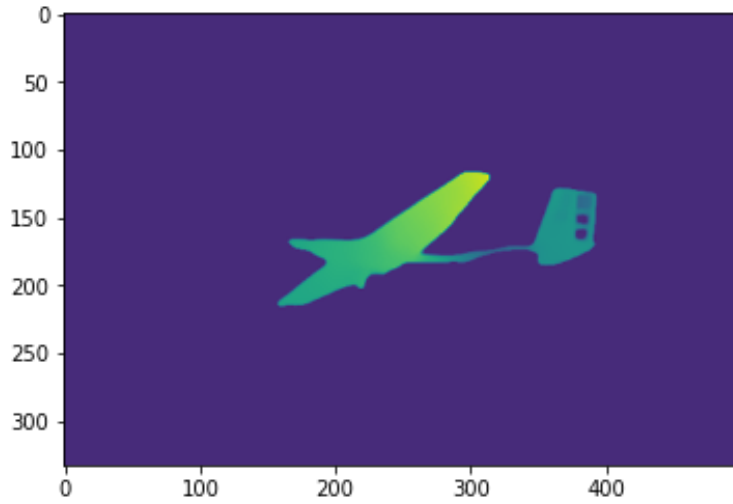
Hedef hareket ön tahmininde çizilen doğrunun uzunluğu ile hedefin anlık hareketi esnasında çizilen hedef hareket doğrusunun uzunluğunun birbirine oranı bize rakip İHA'nın kararlılık katsayısını ( $K_s$ ) verir. Bu değer ne kadar küçük ise hedef o kadar kararlı ve tahmin edilebilir hareket yaptığı anlamına gelmektedir.

$$K_s = \frac{U_F}{U_p}$$

Yarışma alanında birden fazla hedef olacağı için ilk önce kolay takip edilebilen hedefler belirlenecektir. Hedef belirleme işlemi için 3 parametre kullanılır. Bunlar,

- Hedef kararlılık katsayısı ( $K_s$ ),
- Hedef uzaklık katsayısı ( $K_d$ )
- Template Matching algoritması katsayısı ( $K_T$ )

Hedef uzaklığı herhangi bir sensör ya da algoritma ile hesaplanmayacak belirlenen  $K_d$  parametresi ile tahmin edilecektir.



Şekil 22 MiDaS çıktısı

Rakip aracın hedeflediği doğrultuyu belirlemek aracın kuyruk baş ve kanat uçlarının aynı araç tespitinde olduğu gibi supervised learning yöntemiyle eğitilmiş bir yapay zekayla belirlenmesine karar verildi. Bu eğitim YOLO eğitiminde kullandığımız veri seti ile yapılmıştır. MiDaS algoritması yardımıyla uçağın baş kuyruk noktaları bulunduktan sonra bu iki nokta arasına çizilen doğru parçası bize rakip aracın hareketinin doğrultusunu yani 2 boyutlu yönelim doğrultusunu verir. Şekil 22’de gösterilen en uzak noktayla en yakın noktayı bir spektrumun iki ucuna koyup aradaki noktaların uzaklığının bu spektrumdaki yerini verir. Bu veri ile rakip İHA’nın yönü bulunmaktadır. Tek kameralı görüşün doğası gereği bize mutlak derinliği veremez. Ancak bunun için bize bazı yardımcı verileri sağlayabilir. Aşağıda derinlik analizi için kullanacağımız formül verilmiştir.

- ❖ Kanat açıklığı  $k$  (milimetre)
- ❖ Bağlı uzaklık  $K_d$  (milimetre)
- ❖ Objenin büyüklüğü  $l$  (piksel)
- ❖ Sensör yüksekliği  $s$  (milimetre)
- ❖ Odak uzaklığı  $f$  (milimetre)
- ❖ Kameranın görüntüdeki piksel sayısı  $p$ (piksel)

$$Kd = \frac{l * f * k}{s * p}$$

Tek kamerayla yapılan analizin hata payının yüksek olmaktadır. Şekil 22’de görüldüğü üzere rakip aracın kanat açıklığı 1.85 olarak alınmıştır. Bu değer piyasadaki İHA’lar ve yarışma şartnamesinin şartları göz önünde alınarak elde edilen tahmini bir değerdir. Bu değer gövde uzunluğu değil de kanat açıklığı olarak seçilmesinin sebebi ise alternatifine göre daha az standart sapması olan bir değer olmasıdır.

$K_T$  parametresine Otonom takip bölümümde değinilmiştir.

Hedef seçimi belirlenen  $K_s$ ,  $K_d$  ve  $K_T$  değerlerine göre bir hedef puanı (P),

$$P = w1 \times K_s + w2 \times K_d + w3 \times K_T$$

formülü kullanarak hesaplanacaktır.  $w1$ ,  $w2$ ,  $w3$  sabitleri hedef belirleme katsayılarının birbirlerine göre önceliğini vermektedir ve başlangıçta belirlenir. Toplamları 1 olmak zorundadır.

#### 4.1.3 Otonom Kilitlenme

Hedef seçimi tamamlandıktan sonra kilitlenme görevi başlayacaktır. Burada bizden 4 saniye boyunca aracı Şekil 3 te belirtilen hedef vuruş alanında tutulmaya çalışılacaktır. Bu görev hedef hareket doğrusunun  $U_F$  ve  $\alpha_F$  parametreleri kullanılır.  $U_F \cdot \cos(\alpha_F)$  değeri hedefin yatay hareketini,  $U_F \cdot \sin(\alpha_F)$  değeri ise düşey hareketini vermektedir.  $U_F \cdot \cos(\alpha_F)$  değerine göre aracımız yunuslama parametresini,  $U_F \cdot \sin(\alpha_F)$  değerine göre ise yatış ve sapma parametrelerini belirlemektedir.

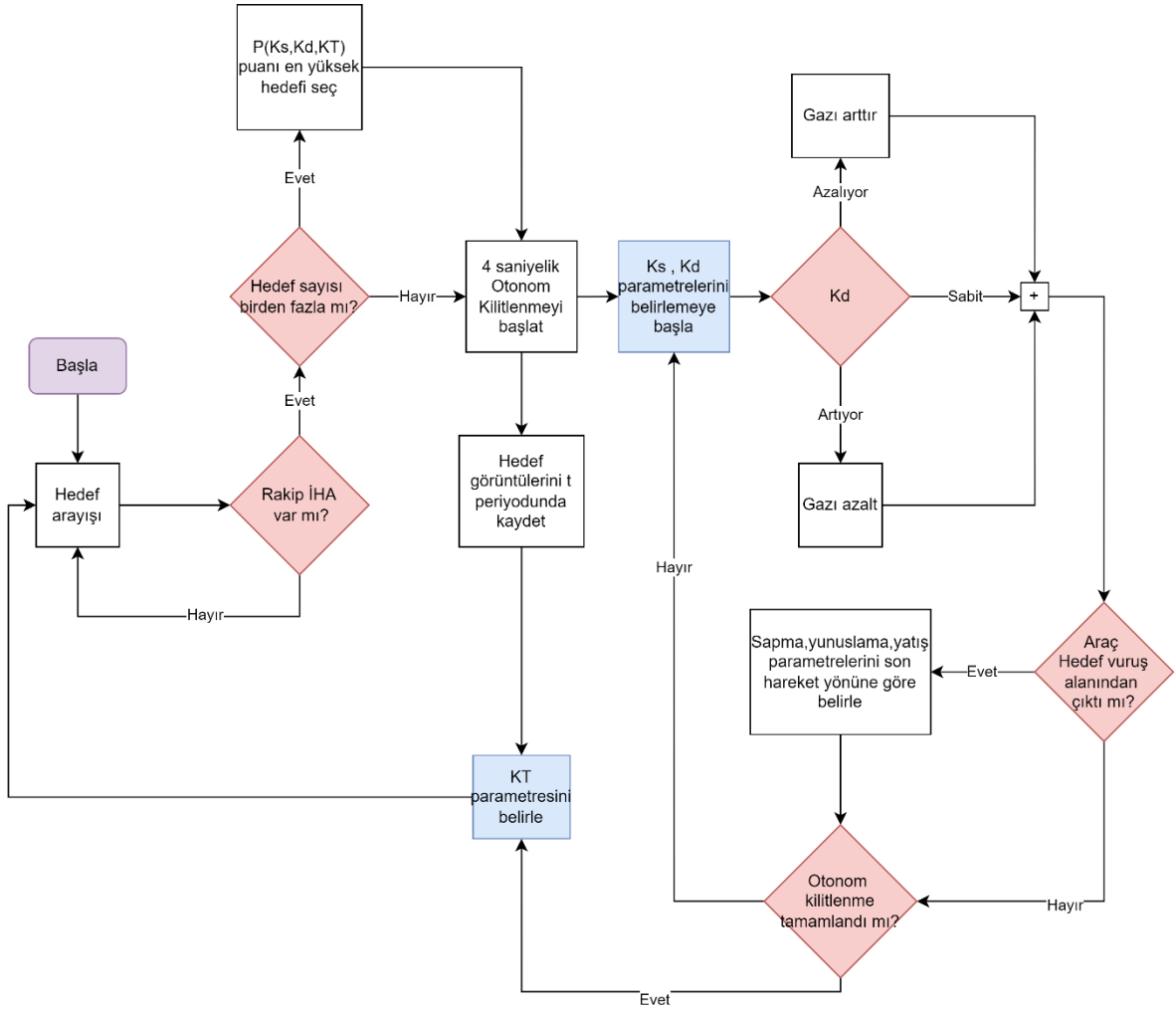
Ayrıca otonom takip esnasında aracımızın gazını ise Otonom kilitlenme aşamasında kullandığımız  $K_d$  parametresi belirlemektedir. Bu parametre belirli bir  $t_K$  periyodunda hafızada tutulur.  $K_d$  parametresinde önceki değerlere göre bir artış söz konusuysa rakip İHA'ya yaklaşmakta olduğumuz anlamına gelmektedir bu yüzden aracın gazı azaltılmalıdır.  $K_d$  parametresi azalmakta ise Rakip İHA'dan uzaklaştığımız anlamına gelmektedir ve bu yüzden de aracın gazı arttırılmalıdır.

$$\text{Gaz} = M \times \frac{\partial K_d}{\partial x}$$

Buradaki M parametresi oransal katsayımızdır ve bu parametre algoritma test sonuçlarına göre elde edilmektedir. Bu algoritma sayesinde rakip İHA ile aramızdaki mesafe korunacak ve olası kaza oluşma sıkıntıları en aza indirgenecektir.

Belirlenen yunuslama, sapma, yatış ve gaz değerleri Python MavSDK kütüphanesi kullanarak bir liste şeklinde MAVLINK Protokolü üzerinden PX4 otopilotuna aktarılacaktır. Aktarılan liste otopilot üzerinde önceden belirlenen P.I.D. parametrelerinden geçerek motor ve servolara aktarılacaktır.

Hedef 4 saniye boyunca hedef algılama dörtgeninde tutulurken belirli bir  $t(\text{set})$  zamanında görüntüleri kaydedilecektir. Kaydedilen görüntüler, ileride aynı araç tekrar algılanmaması için Template Matching algoritmasında işlenecektir. Template Matching, basitçe görüntü üzerinde bir fotoğraf arama algoritmasıdır. Elimizde önceden bir nesnenin görüntüsü var ise o nesneyi belirlenen görüntü üzerinde bulmamızı sağlar. Ve bize çıktı olarak bulunan nesnenin, verilen fotoğraftaki nesneye benzerliğini yüzde olarak verir. Bu katsayı  $K_T$  parametresi olarak ifade edilir. Hedef takibi aşaması bittikten sonra aracımız yeni hedef arayışına başlayacaktır.



Şekil 23 Otonom kilitlenme ve takip genel akış diyagramı

Şekil 23'te hedef kilitlenme ve hedef takibi algoritmamızın genel akış diyagramı gösterilmiştir.

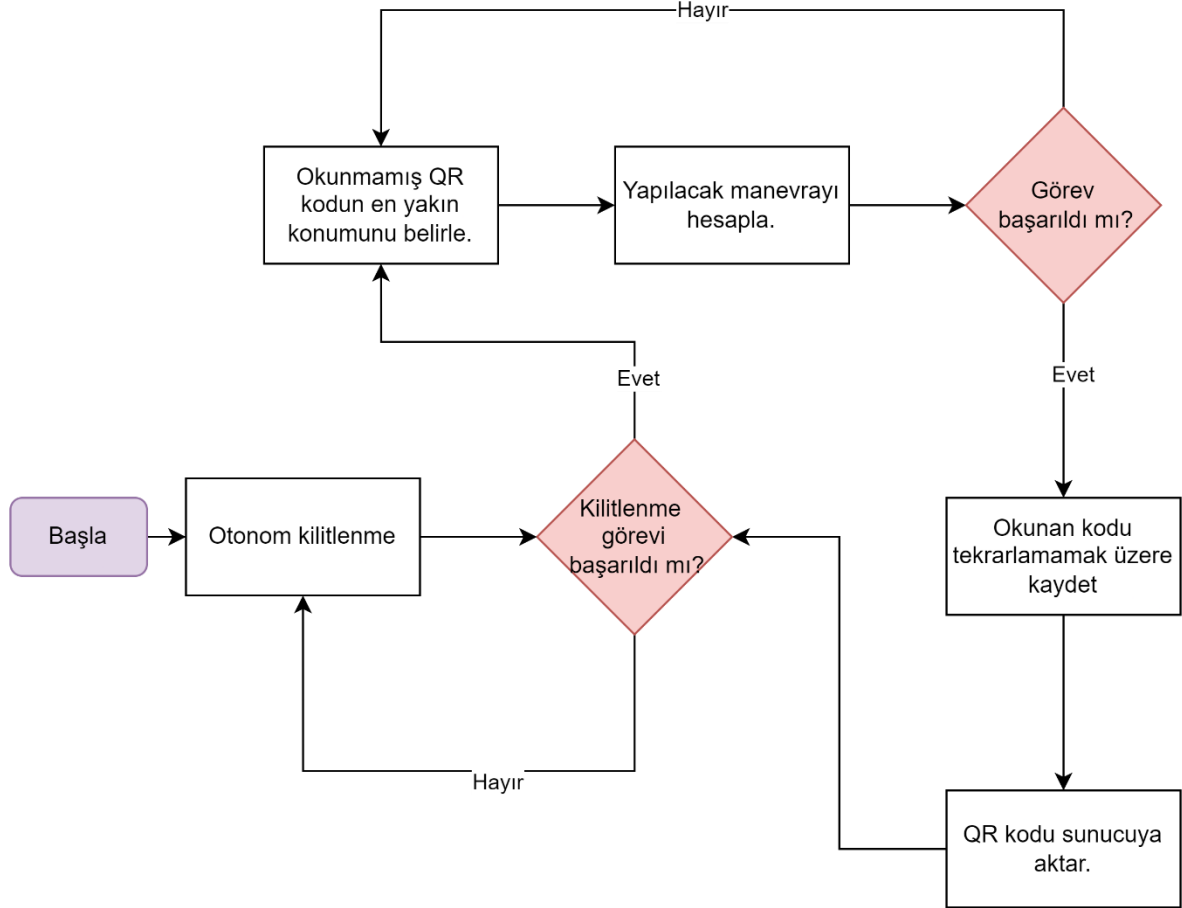
#### 4.2. Kamikaze Görevi

Kamikaze görevi, temelde aracın önceden alana yerleştirilmiş sabit QR kodların tanınması ve sonra aracın bu kodlara doğru dalış hareketi yaparak ön tarafındaki kamerayla bunların görüntüsünü yer kontrol istasyonuna aktarmasıdır.

Belirtilen kodların yerleri daha önceden elimizde olması ve takip etmeye göre daha tahmin edilebilir bir görev olması sebebiyle ilk önce bu görevin yapılmasına karar verildi. Görev için alınan konumu verilen 4 noktaya doğru manevra yapması gerekmektedir. Dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise kamikaze görevi sırasında araçların kazaya çok açık bir durumda olmasıdır. Bu yüzden seçilen konum kriterleri arasında sadece yakınlık değil aynı zamanda hedefin yakınında ne kadar araç olduğu da vardır. Bu yüzden kaza ihtimali minimum tutulmaya

çalışılmalıdır. Ayrıca ön kamerada başka bir aracın ekranın belirli bir oranından fazlasını kapladığı görülürse aksi istikamete doğru yol alınacaktır.

Şekil 24'te kamikaze görevi için karar verme aşamalarının diyagramı verilmiştir.



Şekil 24 Kamikaze görevi çalışma diyagramı

## 5. YER İSTASYONU VE HABERLEŞME

Haberleşme sistemleri gerçekleştirmesi gereken 5 alt haberleşmeyi içerisinde barındırmaktadır. Bunlar;

- 1) Pixhawk üzerinde oluşturulan telemetri verilerinin yer istasyonu ve sunucuya aktarılması,
- 2) Kameradan alınan canlı görüntünün görüntü işleme bilgisayarına ve sunucuya aktarılması,
- 3) Sunucudan alınan rakip iha (gps, irtifa, vb...) verilerinin görüntü işleme bilgisayarına aktarılması,

4) Görüntü işleme bilgisayarında oluşturulan takip bilgilerinin görev kontrol bilgisayarına aktarılması,

5) Manuel kontrol için RC kumanda ile araç arasında bağlantı kurulmasıdır.

Bu alt haberleşmeleri kararlı ve verimli bir şekilde haberleştirmek için sistem sayısı minimum da olacak şekilde düzenleme yapılmıştır. Yapılan düzenleme sonucunda 2 kablosuz haberleşme sistemi ile yukarıda verilen 5 alt haberleşme gerçekleştirilir.

Bunlar;

- 1) Yer istasyonunda Ubiquiti NanoBeam AC ve Araç içerisinde Ubiquiti Bullet AC,
- 2) RC kumanda FrSky QX7 ve alıcısı FrSky RX8R şeklindedir.

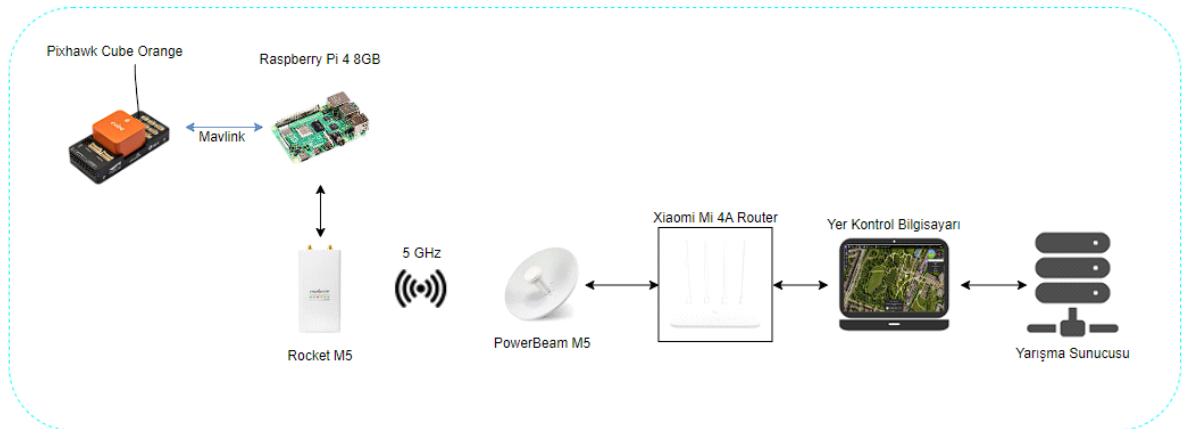
### 5.1 Telemetri Verilerinin Yer İstasyonu ve Sunucuya Aktarılması

Pixhawk cube ve Ardupilot tarafından oluşturulan (anlık konum,hız,irtifa vb...) telemetri verilerinin 3DR 433Mhz 100mW telemetri sistemi ile aktarılmasına aşağıda verilen sebeplerden dolayı vazgeçilmiştir.

- 1-) Telemetri verileri için ayrı sistem kullanılmasının maliyeti arttırması,
- 2-) 3DR 433Mhz 100mW'ın alternatifleri olan 500mW,1000mW'lık versiyonlarına göre mesafenin düşük olması,
- 3-) Sistemin bağlantı güvenliğinin yetersiz görülmesi

3DR 433Mhz 100mW yerine telemetri verilerinin de görüntü verileri ile NanoBeam AC-Bullet AC üzerinden 5 GHz frekansında haberleştirilmesi uygun görülmüştür.

Pixhawk'a MAVLINK Protokolü ile telem kanalından bağlanan görev kontrol bilgisayarı ile veriler anlık kamera görüntüleri ile yer kontrol istasyonuna aktarılacak üzerinde hiçbir işlem yapılmadan sunucuya aktarılacaktır.



Şekil 25 Telemetri verilerinin aktarılması

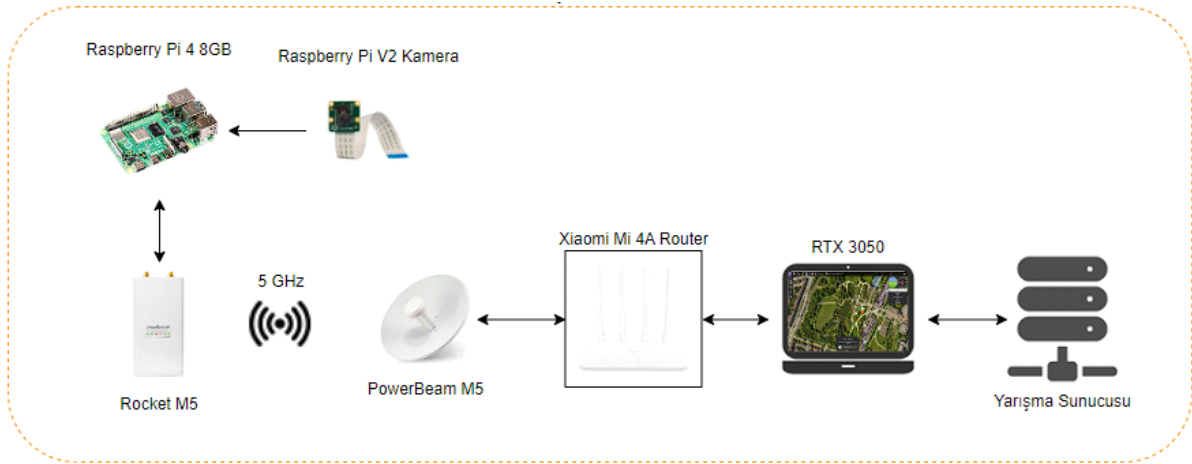
Şekil 25'te telemetri verilerinin sunucuya ve yer kontrol bilgisayarının aktarımı gösterilmiştir.

### 5.2 Yer kontrol istasyonu ile Görev Kontrol Bilgisayarı Haberleşmesi

Yer kontrol istasyonu-görev kontrol bilgisayarının haberleşmesi UDP (User Datagram Protocol) standartı kullanılarak NanoBeam AC-Bullet AC ile yapılacaktır. Alternatif olan TCP (Transmission Control Protocol) standartı yerine UDP'nin seçilme sebebi düşük gecikme ve az kayıp oranlarıdır.

Yer kontrol istasyonunun sabit olması ve aracın gökyüzünde takibinin kolay olması yönlü (directional) anten yapısının kullanılmasına imkân sağlamaktadır. NanoBeam AC'nin yönlü anten yapısı ile spesifik bir yönde (araç yönünde) sinyal seviyesini artırması amaçlanmaktadır.

Araç üzerinde bulunan verici antenin ise aracın yönü yer kontrol istasyonuna göre sabit kalmayacağı için yönlü anten kullanımı uygun değildir. Araç üzerinde çok yönlü (Omnidirectional) antenin kullanılması gerekmektedir. Bullet AC'nin çok yönlü anten yapısı ile aracın yönünden bağımsız olarak sinyal her yönde yayın yapacaktır.



Şekil 26 Görüntünün anlık olarak görüntü işleme bilgisayarına aktarımı

## 6. KULLANICI ARAYÜZÜ TASARIMI

HÜMA HP-1'i otonom kontrolünü ve verilerinin takibini iki farklı arayüz ile sağlamaktayız.

### 6.1 Yer Kontrol İstasyonu

Yer kontrol istasyonu arayüzü, kullanılan otopilot yazılımı ve yer bilgisayarı arasında MAVLINK Protokolü ile veri aktarımını sağlayan yazılımdır. Aracımızda kullandığımız PX4 otopilot yazılımı ile en yüksek uyuma ve kullanım kolaylığına sahip olduğu için yer kontrol istasyonu arayüzü olarak QGroundControl tercih edilmiştir.

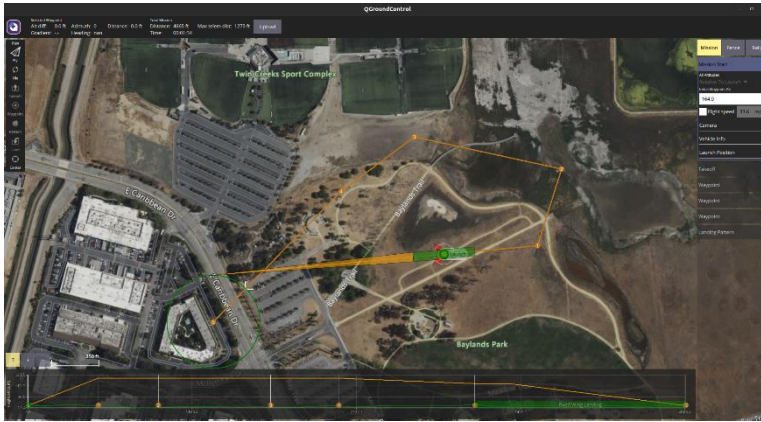


## SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022



Şekil 27 QGroundControl ana ekran arayüzü

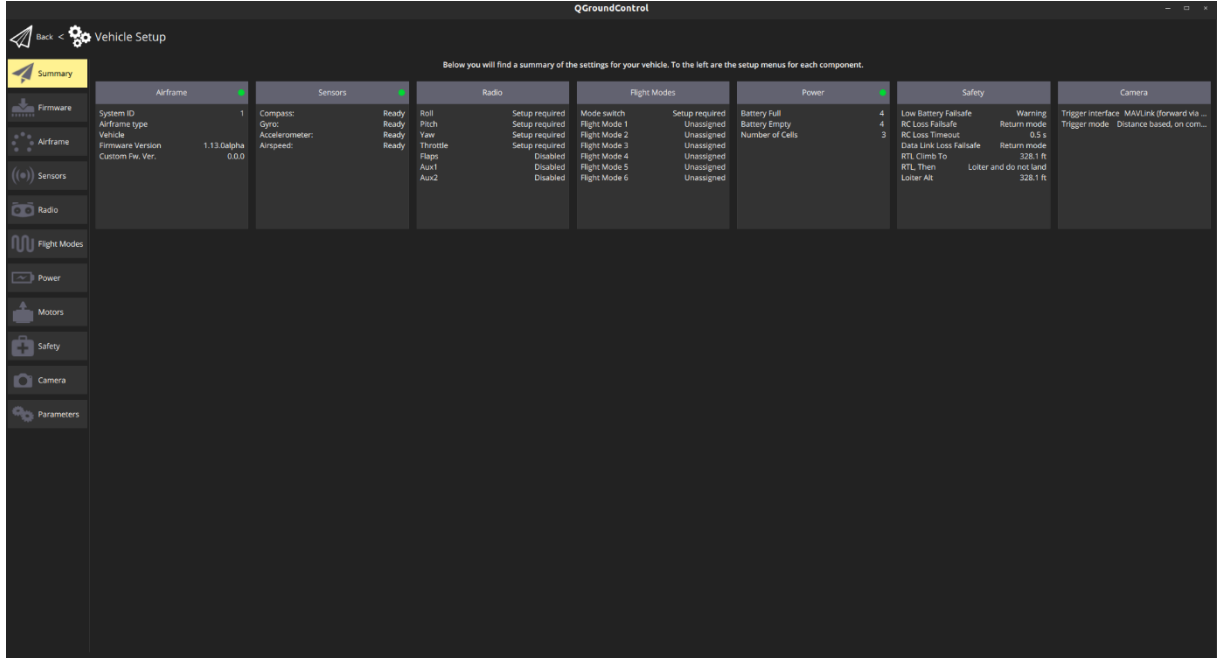
Şekil 27’de QGroundControl yer istasyonu ana ekran arayüzünde, kullandığımız aracın kuşbakışı görünümü yer almaktadır. Arayüzde bulunan;



Şekil 28 Görev tanımlama ekranı

- **1 numaralı bölme**, Şekil 28’de gösterilen görev tanımlama sekmesini açar. Bu sekmeden aracımıza görev rotası belirleyip uçuş kontrol kartımıza bu rotayı tanımlayabiliriz
- **2 numaralı bölme**, aracımıza bağlı fpv (first person view) kameramızın görüntüsünü yansıtır.
- **3 numaralı bölme**, batarya durumu, kullanılan mod ve telemetri bilgilerinin bulundurulur.
- **4 numaralı bölme**, aracın yere ve havaya göre hızı, yüksekliği, toplam kat edilen yol, toplam uçuş süresini barındırır. Ayrıca bulunan kaydırak sayesinde görev başlatılır.
- **5 numaralı bölme**, araç üzerinde bulunan kameranın uçuş esnasında resim çekme ve video başlatma butonlarını bulundurulur.
- **6 numaralı bölme** de aracın dengesini ve yönünü anlamamızı sağlayan pusula ve jiroskop bulunur.





**Şekil 29** Sensör durum ekranı

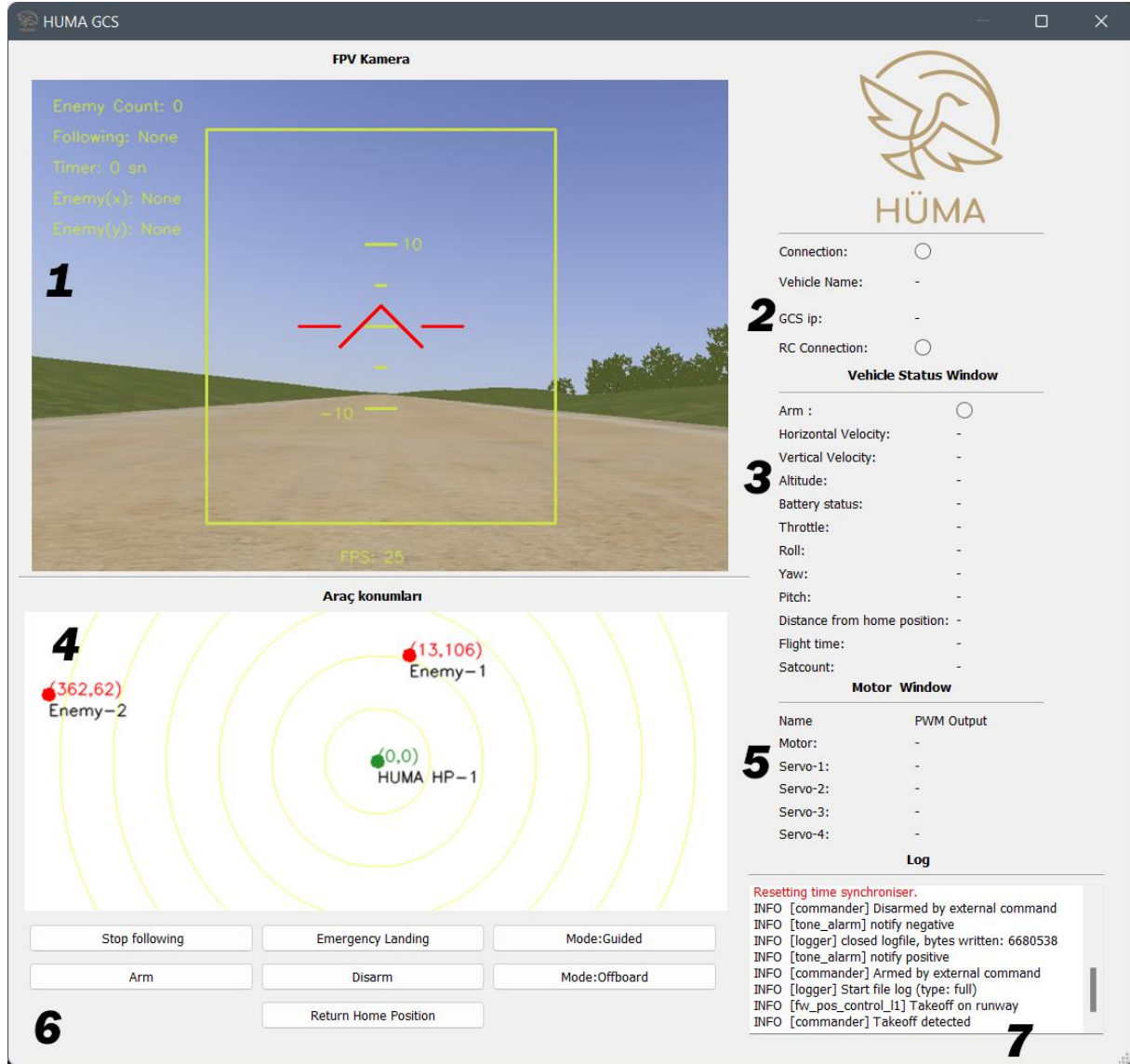
Ayrıca QGround Control arayüzünde Şekil 29’da görülen pencerede aracımıza bağlı sensörlerin verilerini takip edebiliyor ve yazılımsal kalibrasyon ayarlarını yapıyoruz.

## 6.2 Görüntü işleme ve kontrol arayüzü

Görüntü işleme ve kontrol arayüzü, ekibimizin PyQt5 ve OpenCV ile geliştirdiği ve verileri Mavlink üzerinden MavROS ile çektiği yazılımdır. Görüntü işleme arayüzünün kullanım amaçları şu şekildedir;

- HÜMA HP-1’in fvp kamerasından alınan görüntünün işlenmiş halini görmek,
- Aracın manevra ve kaçış kararlarını incelemek,
- Aracın sensör ve motor verilerinin takibini sağlamak,
- Acil durum komutları göndermek,
- PX4 otopilotundan gönderilen durum kayıtlarını incelemek,
- Aracın bağlantı durumunun takip etmek.

## SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022



Şekil 30 Görüntü işleme ve kontrol arayüzü

Geliştirdiğimiz arayüz Şekil 30' de gösterildiği gibi 7 kısımdan oluşmaktadır.

Bunlar:

1. **FPV Kamera:** aracımızın fpv kamerasından gelen görüntünün işlenip yansıtıldığı bölümdür. Burada;
  - Kamera ekranında görünen hedef İHA sayısı,
  - Takip durumu,
  - Takip edilen süre,
  - Görüntünün FPS (Frame Per Second)'i,
  - Hedef İHA' nın görüntü üzerindeki konumu verileri yer almaktadır.

2. **Bağlantı Paneli:** Arayüzün bağlantı durumu, bağlanılan araç isminin takip edildiği bölümdür.
3. **Araç Durum Paneli:** Bağlanılan aracın hız, konum, irtifa, uçuş süresi ve açı değerlerinin takip edildiği bölümdür.
4. **Araç Konumları:** Belirlenen hedef İHA'ların bir düzlem üzerinde gösterildiği bölümdür.
5. **Motor Durum Paneli:** Bağlanılan araca bağlı motorların PWM çıkışlarının takibinin yapıldığı bölümdür. Bu veriye göre motorların çalışma durumları incelenmektedir.
6. **Kontrol Paneli:** Bağlanılan İHA otonom uçuş yazılımı komutları dışına çıktığında ya da diğer yazılımsal hatalar ile karşılaşıldığında hızlı müdahale etmemizi sağlamaktadır.,
7. **Kayıt Paneli:** PX4 otopilotunun aldığı her komutta tuttuğu kayıtların gösterildiği ekrandır. Buradan verdiğimiz komutlara karşılık otopilotun verdiği tepki izlenmektedir.

## 7. HAVA ARACI ENTEGRASYONU

### 7.1. Yapısal Entegrasyon

Hava aracında kullanılan yapısal malzemeler üretilebilirlik, rahat şekilde taşınabilirlik, sağlamlık ve hava aracının iniş, kalkış ve seyir anında araca etki eden hava dirençlerine karşı oluşturduğu etkiler göze önüne alınarak modüler olarak planlanmaktadır.

Malzemeleri seçimini tercih ederken hafiflik ve dayanım göz önüne alınmıştır. Savaşan İHA'nın imalatında PETG, Fiber Glass, Cam Elyaf, epoksi ve karbonfiber çubuk olmak üzere 5 malzeme tercih edilmiştir.

#### Kanat

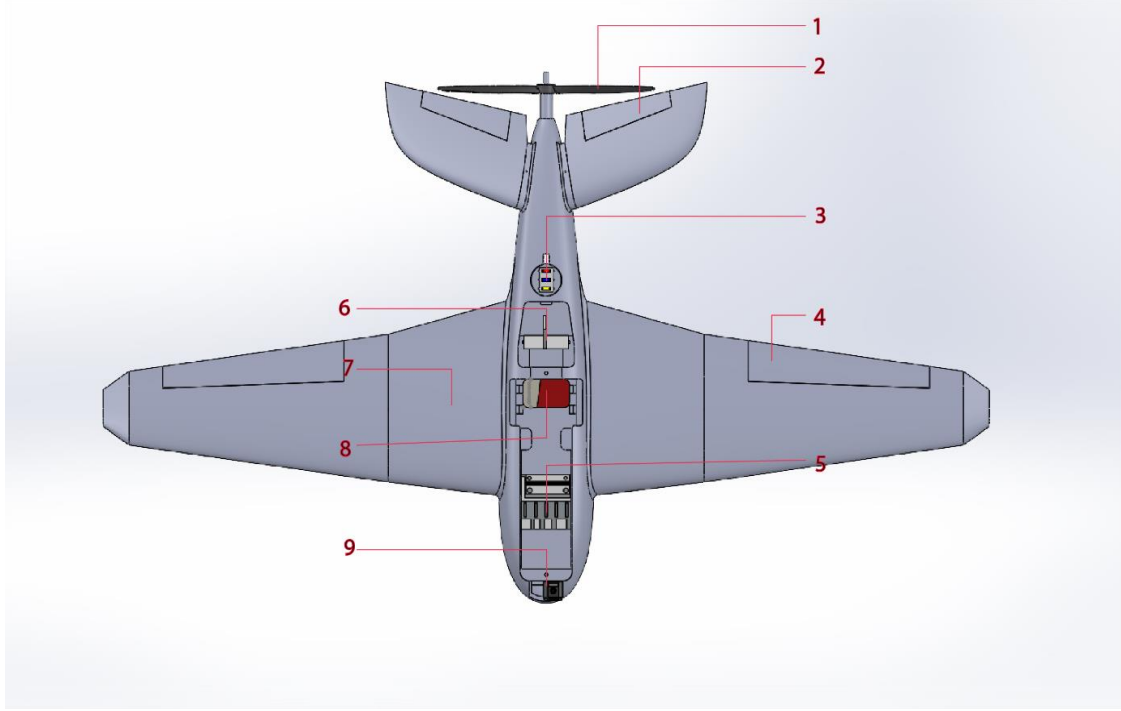
Kanatların ve gövdenin hava basıncında deforme olmasını azaltmak ve mukavemeti arttırmak için, karbon fiber çubuk olan spar kullanılacaktır. Tasarlanan kanat profili PETG filament üzerine Cam Elyafı ve epoksi karışımı olan kompozit malzeme ile kaplanması düşünülmektedir.

Kanat profillerin arasına karbon fiber çubuklar koyularak dayanımın artması sağlanmıştır. Profillerin arasına, elektronik malzemelerin rahatça konumlandırılması için filamentten taban yapılmıştır. Her bir kanada 2 adet olmak üzere toplam 4 adet karbon fiber boru ile profiller desteklenmiştir ve yüksek mukavemetli bir yapı ortaya çıkmıştır. Bu sayede hava aracında uçuş sırasında kanatların üzerine binecek olan yüklenmeler engellenmiş olunacaktır.

#### Gövde

Savaşan İHA'nın gövdesi darbelere karşı mukavemetli olabilmesi için polimer malzeme tercih edilecektir ve gövdenin içine elektronik komponentlerin koyulabilmesi için yuva yerleri oluşturulacaktır.

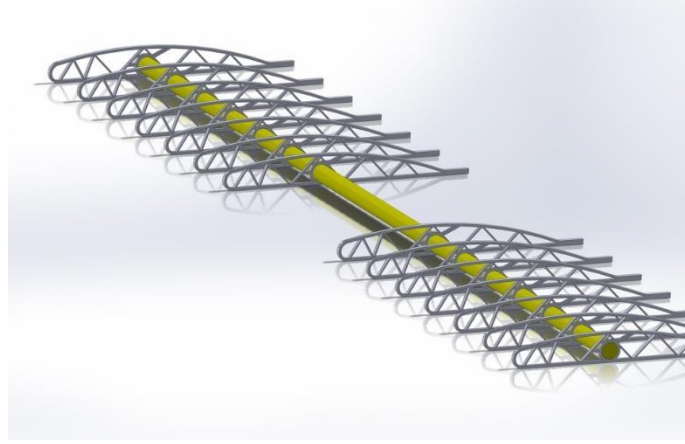
## 7.2. Mekanik Entegrasyon



Şekil 31 Hava aracı Mekanik Entegrasyonu

- 1) Pervane, 42 cm çapında hesaplamalar sonucunda uygun itkiyi elde edebilmek için maliyet ve performans açısından uygun olarak belirlenmiştir. 10 mm çapında iç dış çapı olan mil İHA'nın içinde mil motora bağlanması için çapı yekpare olarak arttırılmasına karar kılınmıştır.
- 2) Elevatorler hareketleri için Tower Pro Mg90s Servo Motor kullanılmıştır. Buna ek olarak Elevatorler Epoksi Reçine ile kaplanmıştır.
- 3) Aracımızda sigorta batarya ile güç dağıtım kartı arasında bulunmaktadır. Uçaktaki aviyonik malzemeleri ani aşırı akımdan korumaktadır.
- 4) Aileronlar hem Flap olarak kullanabilmek için hem maddiyat hem de Performans açısından Pitch hareketini sağlamak ve aynı zamanda Flap görevi ile basıncı kanat altında depolama görevini aynı anda görebilmesi için Flaperon uygun görülmüştür.
- 5) Görev kontrol bilgisayarı ağırlık merkezini en iyi şekilde ayarlayabilmek adına ön tarafta uygun olarak konumlanıp entegre edilmiştir.
- 6) Anten gövdeye entegre edilmiştir.
- 7) Şekil 32' de NACA 4412 olarak belirlenen kanat profili için öncelikle tasarlanmış spar ve ribler kanat açıklığına göre montajlanacaktır.

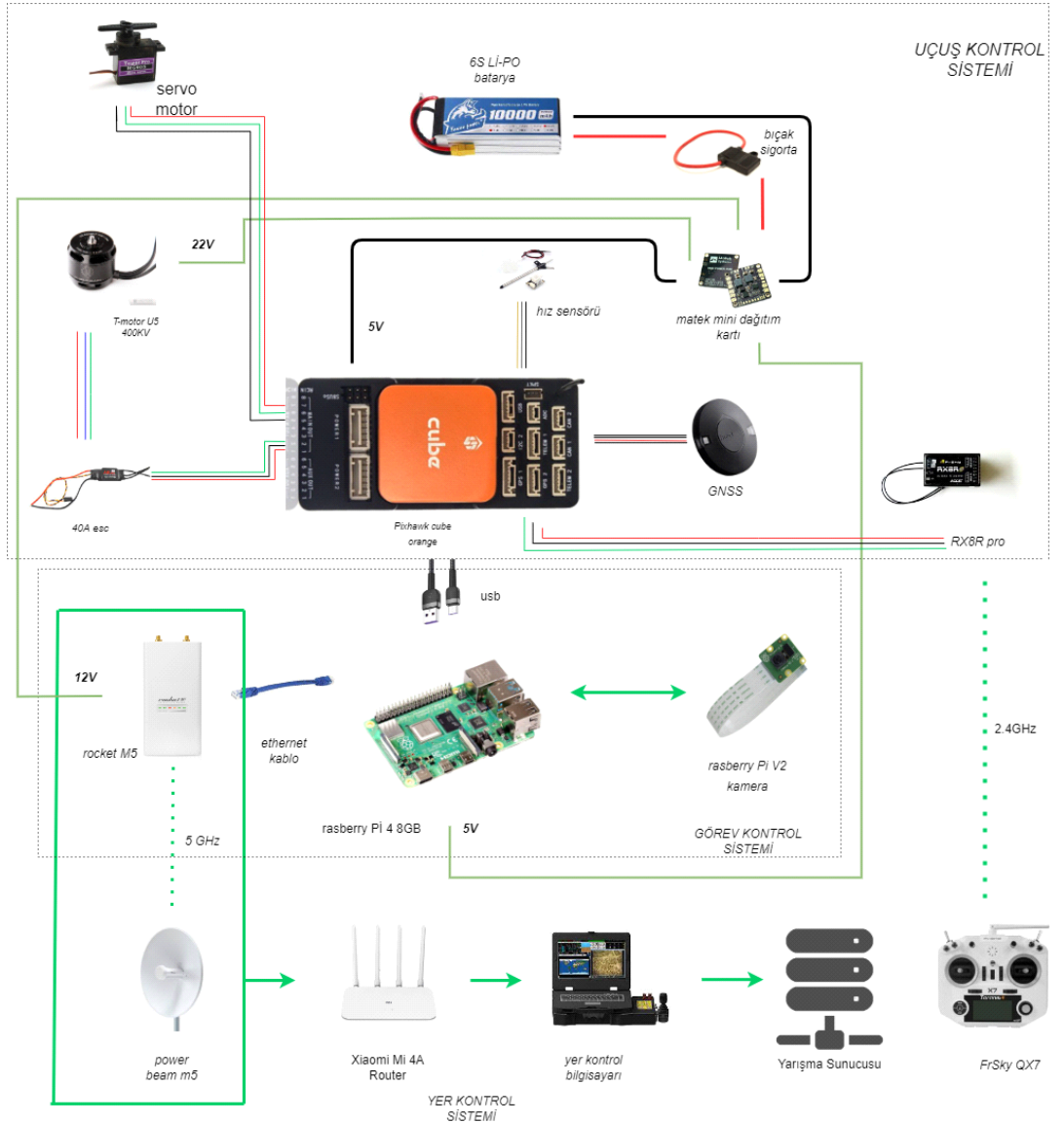
- 8) Batarya ağırlık bakımından en fazla olan araç olduğundan mümkün olduğunda ağırlık merkezini saptırmayacak şekilde gövdeye entegre edilmiştir.
- 9) Kamera olarak Raspbery Pi V2 seçilmiştir. Bu seçimin temel sebepleri araçtaki bilgisayarla uyumlu olması ve aynı yüksek görüş açısıyla bize büyük bir alanı tarama imkânı vermesi.



**Şekil 32** Rib ve Sparlar

Şekil 32’de bilgisayar ortamında tasarlanmış olan Rib ve Sparlar başlangıçta gövdeden 15 derece ve ardından 7 derecelik açı ile devam edecek şekilde tasarlanmıştır.

### 7.3. Elektronik Entegrasyon



Şekil 33 Elektronik Entegrasyon

Şekil 33' de belirtilen elektronik entegrasyon aşamaları aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

1-Sistem uçağın beyni konumunda olan uçuş kontrol kartı üzerine kurulmuştur. Bunun için pixhawk cube orange seçilmiştir. Pixhawk üzerindeki I2C2 soketine Holybro hız sensörü, CAN1 soketine ise GNSS bağlanacaktır.

2- Uçuş Kontrol Sistemine gerekli gücü sağlamak için 10000mAh 6S Li-Po pil kullanılacaktır. Batarya, güç dağıtım kartı ile sistemin ihtiyacı olan gücü dengeli bir şekilde dağıtacaktır. Ani akım yükselmelerinde modüllerin zarar görmemesi için sigorta ile korunacaktır.

3- ESC, Pixhawk üzerinde bulunan main out soketine bağlanacaktır. Motor ise ESC ve güç dağıtım kartına bağlı olacaktır. Güç dağıtım kartı, motora gerekli 22 voltu sağlamaktadır. Servo motorlar, Pixhawk' ın PWM çıkışlı 6 numaralı outputa bağlanacaktır.

4- Kumanda vericisi RX8R PRO Pixhawk üzerinde bulunan RCIN soketine bağlanacaktır. Kumanda vericisi 2.4GHz kablosuz frekans ile FrSky QX7 kumandaya bağlıdır.

5- Görev kontrol bilgisayarı olarak Raspberry Pi 4 8GB seçilmiştir. Bu modüle görüntü almak için Raspberry Pi V2 kamera USB ile bağlanacaktır. Raspberry görüntü aktarımını sağlamak için Ethernet kablosu ile Rocket M5 modülüne bağlanacaktır. Rocket M5 modülü görüntü ve telemetri bilgilerini alıcı olan Powerbeam M5 modülüne 5GHz frekans ile bağlıdır. Yer kontrol bilgisayarı, gelen görüntüyü Xiaomi Mi 4A Router aracılığı ile almaktadır. Gelen veriler yarışma sunucusuna kablosuz olarak aktarılacaktır. Raspberry Pi 4 8GB (5V) ve Rocket M5 (12V) gerekli gücü güç dağıtım kartından almaktadır.

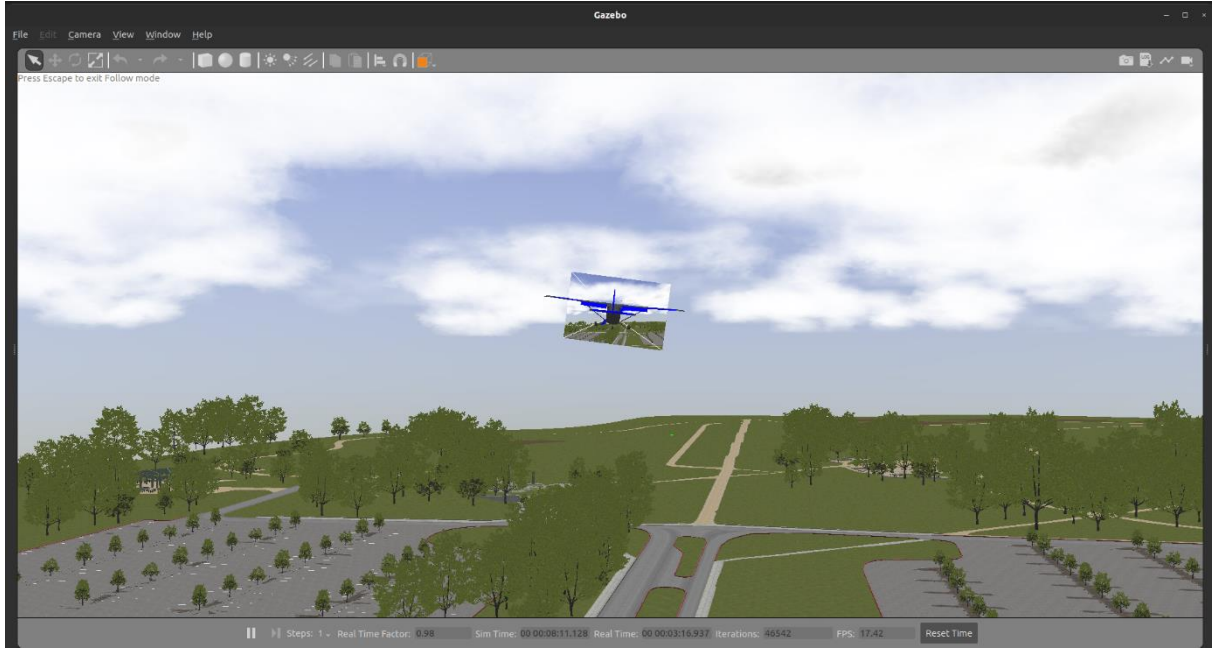
## 8. TEST VE SİMÜLASYON

### 8.1. Alt Sistem Testleri

#### Otonom uçuş simülasyonu testi

HÜMA HP-1'in otopilot yazılımını test edebilmemiz için bir ortama ihtiyaç duyulmuştur. Bu ortam Gazebo simülasyon programı kullanılarak oluşturulmuştur. Gazebo tercih edilmesinin sebebi, ROS (Robot Operating System) ile en uyumlu çalışan simülasyon ortamıdır. ROS yazılımı ise otonom uçuş esnasında kullandığımız tüm yazılımları tek bir çatı altında toplayıp güvenilir ve hızlı bir haberleşme sistemi oluşturmak için kullanılmaktadır. ROS, bu yazılımlar arasındaki haberleşme sistemini UDP (User Datagram Protocol) portunu kullanarak master/slave yöntemi ile oluşturmaktadır. Bu sayede oluşturulan yazılımlar birbirleri ile seri ve hızlı bir şekilde haberleşmekte ve istenilen veriye rahat bir şekilde ulaşılmaktadır.

Gazebo ortamında oluşturduğumuz simülasyon SİHA'mızda bulunan PX4 otopilot yazılımı, QGroundControl yer istasyonu yazılımına UDP ile bağlanmakta ve 14550 portundan Mavlink ile veri alışverişini sağlamaktadır. Ayrıca kullandığımız otonom manevra ve kaçış yazılımımıza da UDP kullanarak 14030 portundan bağlanmaktadır.



**Şekil 34** Otonom uçuş simülasyonu

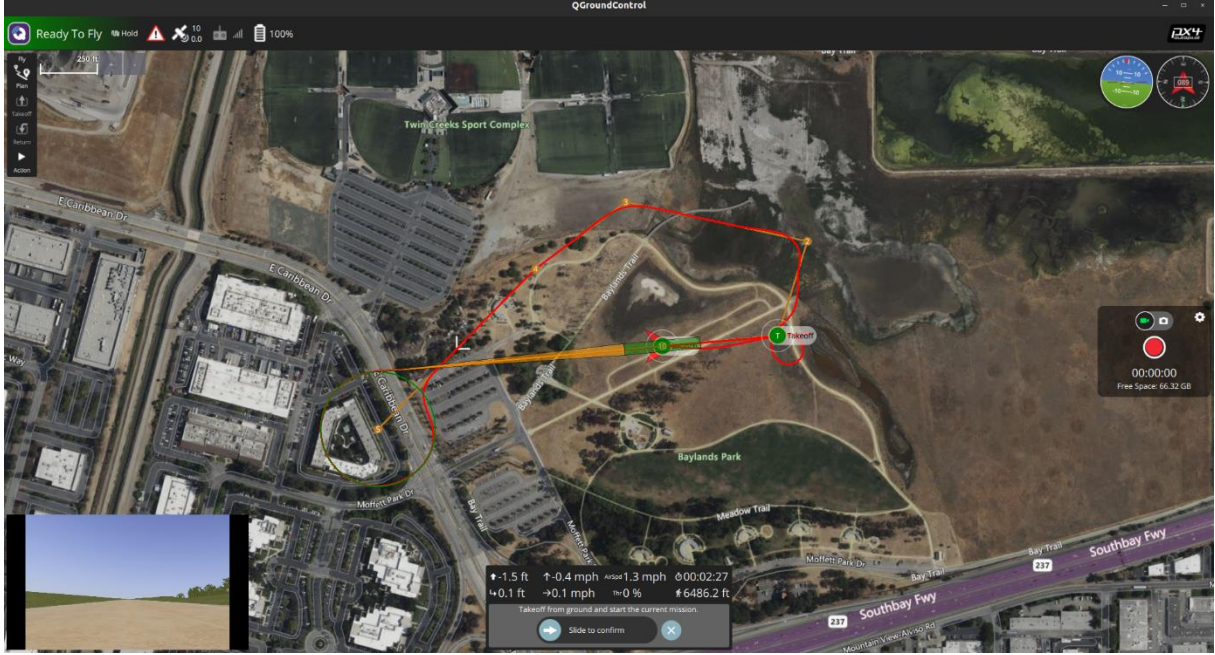
Şekil 1’de Gazebo ortamında kullandığımız simülasyon alanı ve simülasyon uçağımız gösterilmektedir. Simülasyon aracımızın önünde bulunan fpv kamera ile simülasyon görüntüsü Mavlink Protocol üzerinden yer istasyonuna aktarılmakta ve aktarılan görüntü yer istasyonundan MavROS ara yazılımı ile çekilmektedir. MavROS, PX4 otopilot yazılımının yer kontrol istasyonuna Mavlink kullanarak gönderdiği verileri ROS’ a aktaran bir ara yazılımdır.

ROS üzerinden Python koduna çekilen görüntü, OpenCV ve YOLOv5 algoritmamız ile işlenerek MavSDK kütüphanesi üzerinden tekrar otopilot yazılımına aktarılmaktadır. Böylece otonom manevra ve takip işlemi gerçekleştirilmektedir.

### **Guided Mod Simülasyon testi**

Aracın QGroundControl üzerinden önceden belirlenen rotada hareket ettiği moda Guided Mod denmektedir. Şekil 2’de gösterilen testte aracımız bu rotayı 2,27 dakikalık bir sürede tamamlayıp güvenli bir şekilde iniş yapmıştır. Bu simülasyon maksimum 40 metrelik bir irtifada gerçekleştirilmiştir.

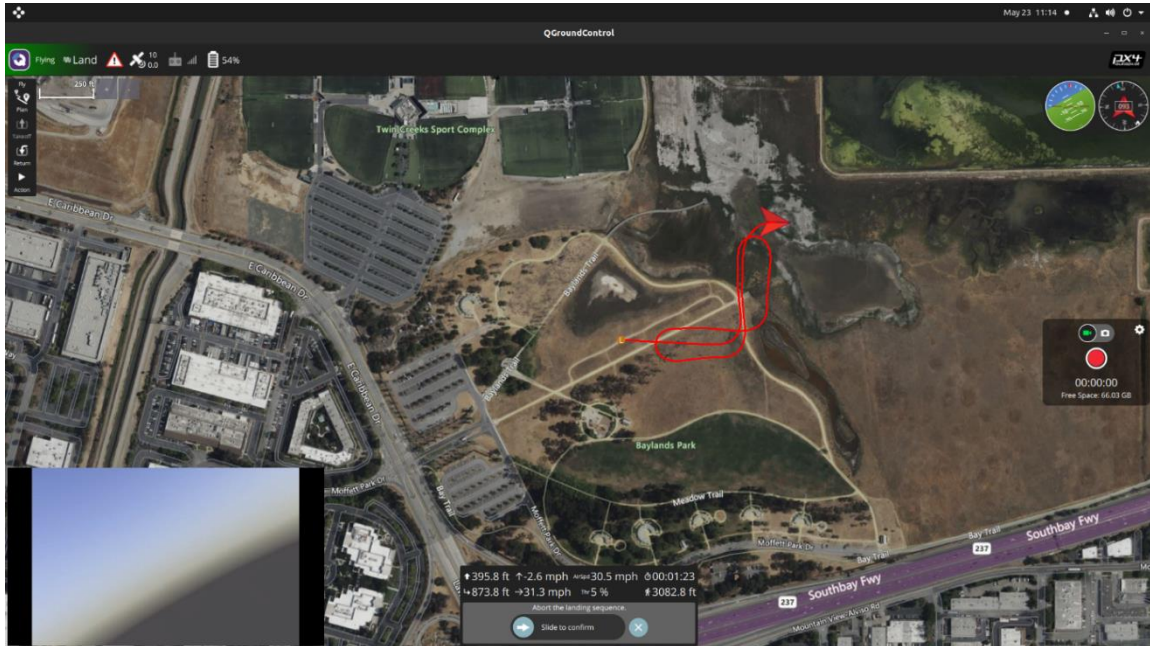




Şekil 35 Belirli bir rotada simülasyon testi

### Offboard Mod Simülasyon testi

Aracın MavSDK kütüphanesi ile Python kodu üzerinden kontrol edildiği moda Offboard mod denmektedir. PX4 otopilot yazılımına Mavlink üzerinden araç throttle, roll, yaw, pitch parametreleri gönderilmektedir. Şekil 3'te simülasyon ortamında offboard modda çalıştırılan aracın hareket ettiği rota görülmektedir. Burada araç sırasıyla kuzey, güney, doğu ve batı yönlerine eşit mesafede hareket etmektedir.



Şekil 36 Offboard Mod Simülasyon Testi

# SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

## 8.2. Uçuş Testi ve Uçuş Kontrol Listesi

### Uçuş Kontrol Listesi

Uçuş güvenliğini sağlamak ve elde edilen analizleri daha düzenli tutmak için Şekil 37 ve Şekil 38’de gösterilen toplamda 2 sayfalık bir dosya oluşturulmuştur.

Test NO:	
İHA Adı:	
Hava durumu:	
Rüzgâr hızı:	
Test yapılacak yer:	

Test yapılmasının sebebi:

	Test sorumlusu	Pilot	Yazılım sorumlusu	Mekanik sorumlusu	Aviyonik sorumlusu
İsim					
İmza					

**İHA Malzeme Kontrol Listesi**  
Alınan malzemeleri işaretleyiniz.

Uçuş Kontrol Kartı	Rocket MS	Komanda alıcısı
Güç Bilgisayarı	Gözet	Komanda vericisi
ESC	2xKanat	GNSS
T-Motor	Pervane	Pilot tüpü
Kamera	Güç dağıtım kartı	PowerBeam MS
Batarya	4xServo	Voltaj Reglâtörü
Komanda	Komanda alıcısı	

**Güvenlik Önlemi**

Batarya kabı	Yangın söndürme tüpü	İlk yardım kiti
--------------	----------------------	-----------------

**Uçuş Kontrol Listesi**  
Uçuşa başlamadan önce bu tabloyu doldurun.

Mekanik bağlantılar kontrol edildi.	Yer kontrol istasyonu bağlantısı sağlandı.
Aviyonik bağlantıları kontrol edildi.	Pervane sabitlendi.
Kullanılacak yazılım simüle edildi.	Araç dengesi kontrol edildi.
Batarya sabitlendi.	Sensör kalibrasyonları yapıldı.
Komanda ve alıcı haberleşmesi sağlandı.	Araç sabit bir konuma yerleştirildi.

Sonuç ve analiz:

Toplam uçuş süresi	Kullanılan yazılım
Kat edilen mesafe	Maksimum irtifa

**Kullanılan PID parametreleri**

	P	I	D
Roll			
Yaw			
Pitch			
K			

- Uçağı atölyeye bıraktıktan sonra İHA Kontrol listesinde bırakılan malzemeleri bir daha işaretleyin.
- Test alanında malzeme bırakmayın.
- Atık malzemeleri atık kutularına atın.

Şekil 37 Uçuş Kontrol Listesi Sayfa 1

Şekil 38 Uçuş Kontrol Listesi Sayfa 2

## 9. GÜVENLİK

Muhtemel yaşanacak riskler tespit edilip alınan önlemler Tablo 7’de belirtilmiştir.

Risk	Açıklama	İhtimal	Maruziyet	Şiddet	Risk Puanı	Önem
Üretim ve test sürecinde yaşanan kaza ve yaralanmalar.	Ekip üyeleri üretim sürecinde yaralanabilir.	1	1	3	3	Atölye ve test alanında gerekli güvenlik ekipmanları bulunmaktadır. Testler danışman hoca kontrolünde yapılmaktadır.
İtki sisteminde yaşanabilecek problemler.	Pervane sağlam bağlanmayarak küçük titreşimlerle uçağın havadaki dengesini bozabilir. Aynı etki kanatlar sağlam bağlanmazsa da yaşanabilir.	2	2	3	12	Aracın itki sistemi ve kanatları uçuş esnasında önce tekrar kontrol edilecek ve ilk başta alçak irtifa uçuşlar yapılarak gerçek uçuşa başlanacaktır.
ESC’nin yanması	Motor ESC’den olması gerektiğinden fazla akım çekebilir. Ve bu ESC’yi zorlayarak yanmasına sebep olabilir.	2	1	3	6	ESC donanımı motor için en optimal olacak şekilde seçilmiştir.
Araç ile yer istasyonu arasında bağlantı kaybı	Yarış esnasında çok fazla araç olacağından ya da hava koşullarından sinyal kayıpları olabilir.	2	1	2	4	Yüksek frekansa sahip bir haberleşme donanımı seçilmiştir. Ve yer istasyonunda bulunan anten de bu frekansa ve kayıpları önlemek için seçilmiştir.

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

Aviyonik donanımların bataryadan fazla akım çekerek bataryaya zarar vermesi.	Güç dağıtım kartı fazla akım çekerek bataryayı ısıtır ve patlamasına sebep olabilir.	2	1	3	6	Fazla akım çekmesine karşın batarya ile güç dağıtım kartı arasına bir sigorta konmuştur.
Kablo ve soket bağlantılarının yanlış yapılması.	Aviyonik donanımların birbirleri ile kablo ve soket bağlantıları yanlış bağlanması ya da kablolarda kopukluk olması durumu araçta uçuş esnasında fark edilemeyen büyük zararlara yol açabilir.	3	1	2	6	Bağlantılar yapılmadan önce kabloların iletkenliği avometre ile kontrol edilecektir.
Kalkış ve iniş esnasında rüzgâr etkisi	İklim koşullarından dolayı kanatlar kalkış ve iniş esnasında kırılabilir.	2	1	3	6	Aracın mekanik bileşenleri hava koşullarına daha dayanıklı olması için epoksi ile kaplanacaktır.
Otopilota veri gitmemesi ya da otopilot yazılımı tarafından kaynaklanan hatalar.	Kullanılan görev kontrol bilgisayarı ve uçuş kontrol kartı arasında veri kaybı yaşanabilir.	3	1	2	6	Uçuş öncesinde yazılımlar simülasyon ortamında test edilerek uçuşa gidilecektir.

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

Aviyonik bileşenlerin çalışmaması ya da hatalı çalışması	Kullanılan aviyonik bileşenler arızalı olabilir.	2	1	3	6	Araç uçuş öncesinde her aviyonik donanım, yazılımsal cevap ve kalibrasyon testine tabi tutulacaktır.
Aracın fail-safe moduna geçmemesi	Araç manuel ya da otonom şekilde fail-safe moduna geçmeyebilir.	2	1	3	6	Araçta hem uçuş kontrol kartında hem kumanda da hem de kontrol yazılımında olacak şekilde birden fazla güvenlik yazılımı bulunmaktadır.

**Tablo 7** Risk analiz tablosu

## 10. REFERANSLAR

- 1.García, J., & Molina, J. M. (2020). Simulation in real conditions of navigation and obstacle avoidance with PX4/Gazebo platform. Personal and Ubiquitous Computing, 1-21. (tarih yok).
- 2.Jabbar, W. A. (2018). Design of Interface System With Hmi (Human Machine Interface) Based For Monitoring System of Generator With 3dr Telemetry 433mhz Communication. International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS), 4(2). (tarih yok).
- 3.Koubâa, A. (Ed.). (2017). Robot Operating System (ROS) (Vol. 1, pp. 112-156). Cham: Springer. (tarih yok).
- 4.Lee, J., Spencer, J., Paredes, J. A., Ravela, S., Bernstein, D. S., & Goel, A. (2021). An adaptive digital autopilot for fixed-wing aircraft with actuator faults. arXiv preprint arXiv:2110.11390. (tarih yok).
- 5.Ramirez-Atencia, C., & Camacho, D. (2018). Extending QGroundControl for automated mission planning of UAVs. Sensors, 18(7), 2339. (tarih yok).
- 6.Shahrulnizam, M., & Saleh, S. J. M. M. (2021). Study on UAV Performance using eCalc Software. Research Progress in Mechanical and Manufacturing Engineering, 2(2), 137-141. (tarih yok).
- 7.Tan, L., Huangfu, T., Wu, L., & Chen, W. (2021). Comparison of RetinaNet, SSD, and YOLO v3 for real-time pill identification. BMC medical informatics and decision making, 21(1), 1-11. (tarih yok).
- 8.Zhang, Z., Rebecq, H., Forster, C., & Scaramuzza, D. (2016, May). Benefit of large field-of-view c. (tarih yok).