

**TEKNOFEST İSTANBUL**  
**HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ**  
**SAVAŞAN İHA YARIŞMA**  
**KRİTİK TASARIM RAPORU**



## İÇİNDEKİLER

1.	TEMEL SİSTEM ÖZETİ	3
1.1.	Sistem Tanımı	3
1.2.	Sistem Nihai Performans Özellikleri	4
2.	ORGANİZASYON ÖZETİ	5
2.1.	Takım Organizasyonu	5
2.2.	Zaman Akış Çizelgesi ve Bütçe	6
3.	DETAYLI TASARIM ÖZETİ	10
3.1.	Nihai Sistem Mimarisi	10
3.2.	Alt Sistemler Özeti	11
3.3.	Hava Aracı Performans Özeti	14
3.4.	Hava Aracının Üç Boyutlu Tasarımı	15
3.5.	Hava Aracı Ağırlık Dağılımı	16
4.	OTONOM KİLİTLENME	17
5.	HABERLEŞME	23
6.	KULLANICI ARAYÜZÜ TASARIMI	24
7.	HAVA ARACI ENTEGRASYONU	26
7.1.	Yapısal Entegrasyon	26
7.2.	Mekanik Entegrasyon	27
7.3.	Elektronik Entegrasyon	28
8.	TEST VE SİMÜLASYON	29
8.1.	Alt Sistem Testleri	29
8.1.1.	Solidworks Stres Testleri	29
8.1.2.	Matlab ve Simulink Testleri	30
8.1.3.	Görüntü işleme ve Takip Testleri	30
8.2.	Uçuş Testi ve Uçuş Kontrol Listesi	32
9.	GÜVENLİK	33
10.	REFERANSLAR	34

## 1. TEMEL SİSTEM ÖZETİ

### 1.1. Sistem Tanımı

**Görev tanımı:** Ana görevi otonom bir şekilde rakip İHA'lara takip etmek olan hava aracımız her türlü koşulda yardım almaksızın it dalaşı (dogfight) yapabilme görevini en iyi şekilde yerine getirmek üzere tasarlanmıştır. Aynı zamanda otonom iniş, kalkış ve uçuş yeteneklerine sahip olacaktır.

#### Temel özellikler:

- Otonom olarak iniş, kalkış ve stabil bir uçuş
- Rakip İHA'ları görüntü işleme teknolojileri ile takip etmesine ve onlara kilitlenmesine yardımcı olacak yeterli donanıma ve yazılım
- Rakip İHA'ların kendisini takip etmesine tasarımsal, donanımsal ve yazılımsal teknikler kullanarak yapacağı agresif manevralar ve kurallar dahilinde uygun görülen çeşitli manipülasyon yöntemleriyle engel olacak kabiliyet
- Görev sırasında yer istasyonu ile anlık iletişim becerisi (görüntü ve veri paylaşımı)
- Aksaklıklar karşısında gereken gerekli güvenlik önlemlerine (failsafe) sahip

#### Sistem Bileşenleri

Sistemiz temel iki ana sistemden oluşur: yer istasyonu ve hava aracı. Aşağıda bu ana sistemler tanım ve açıklamalarıyla belirtilmiştir. Bu tanımlar özet şeklindedir. Alt sistemlerin detaylı açıklamaları Bölüm 3.4'te bulunabilir.

**Hava Aracı:** İtki sistemi, Haberleşme sistemi, Kontrol sistemi ve Gövdeden oluşur.

**İtki sistemi:** Motorlar, ESC'ler, batarya ve güç yönetim sisteminden oluşur. Uygun ESC'ler ile kontrol edilen motorlar. En son güçte hava aracımızın toplam ağırlığının üç katından fazla bir itme gücünü kesintisiz olarak verebilen itki sistemi bu sayede aracımıza yeterli hızı ve manevra kabiliyetini sağlar. Batarya ve güç yönetim sistemimiz şartnamede belirlenen yarışma süresi boyunca aracımızın havada kalabilmesi için yeterli gücü depolar ve iletir.

**Haberleşme sistemi:** Mini-bilgisayarı, Kamera, Telemetri ve GPS modülü ve Wifi modülü'nden oluşur. Mini-bilgisayarımız kameradan aldığı görüntüleri ve telemetri verilerini işlenmek üzere minimum gecikme ile Wifi modülü üzerinden yer istasyonuna aktarır.

**Kontrol sistemi:** Uçuş kontrolcüsü ve Kumanda alıcısından oluşur. Uçuş kontrolcüsü Otonom ve Yarı-Otonom Mod'da otonom iniş, kalkış ve uçuşu kontrol eder. Yer istasyonundan gelen komutları telemetri modülü yardımıyla alır ve uygular. Manuel Mod'da kumanda alıcısından gelen komutları uygular.

**Gövde:** Tüm sistemlerin havada taşınmasını sağlar. Aynı zamanda özel tasarımı yardımıyla stabil bir uçuş deneyimi sağlar.

**Yer Kontrol İstasyonu:** Yer Haberleşme sistemi, Görev Takip Bilgisayarı ve Kumanda'dan oluşur.

**Yer Haberleşme sistemi:** Wifi adaptörü, Anten ve Telemetri Modülünden oluşur. Hava aracından görüntü ve telemetri verilerini alarak görev takip bilgisayarına iletir. Aynı zamanda Görev Takip Bilgisayarı'ndan aldığı komutları da Telemetri Modülü ile hava aracına iletir.

**Görev Takip Bilgisayarı:** Temel amacı hava aracımızın diğer araçları otonom takip edilmesini sağlamaktır. Aldığı görüntü ve telemetri verilerini görüntü işleme özel takip algoritması yardımıyla işleyerek oluşturduğu hareket komutlarını telemetri modülüne aktarır.

**Kumanda:** Manuel sürüşü sağlar. Kullanıcıdan aldığı komutları hava aracındaki alıcıya gönderir.

## 1.2. Sistem Nihai Performans Özellikleri

Bu bölümde, nihaleşmiş hava aracı performans değerlerine yer verilmelidir(Ör: Uçuş Hızı, kalkış ağırlığı, tutunma hızı, vb.).

Uçuş süresi: 25 dakika

Maksimum İrtifa: 150 metre

Maksimum seyir hızı: 10 m/s

Kalkış Ağırlığı: 2461 gram

Kamera çözünürlüğü: 720p (60 fps)

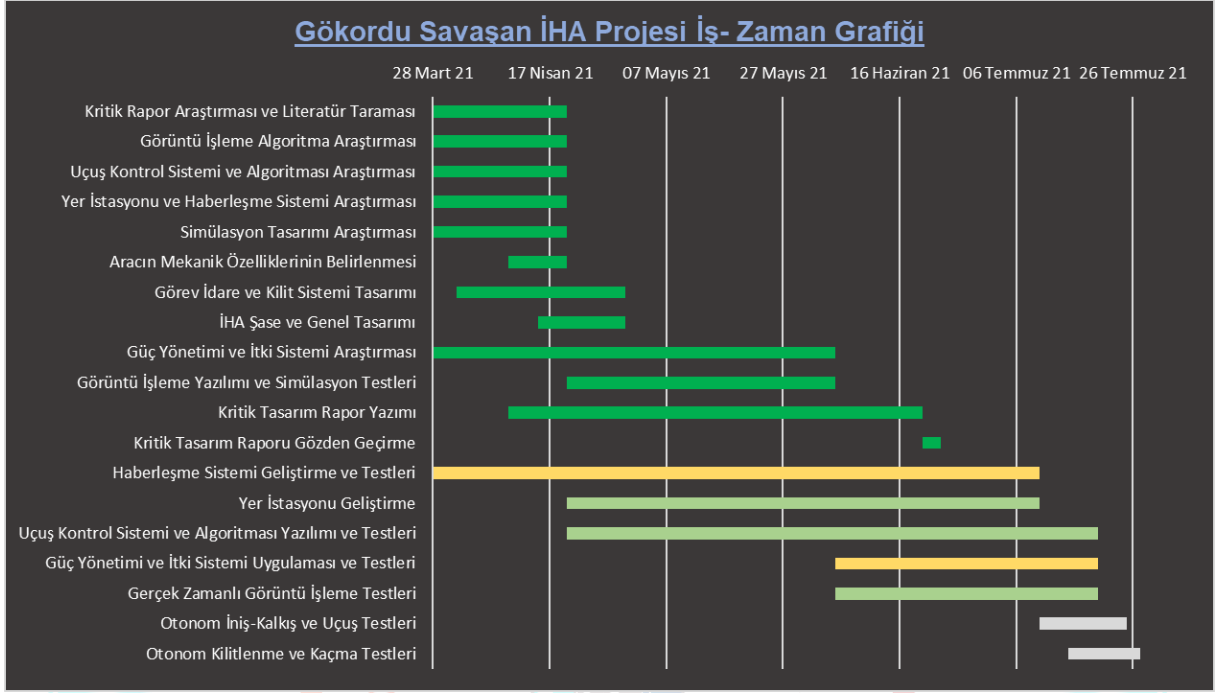
Görüntü işleme bilgisayarının kapasitesi: NVIDIA 2060S Ekran Kartı, video üzerinden ( 40+ FPS ) görüntü işleme ve nesne tanıma yapabilme

## 2. ORGANİZASYON ÖZETİ

### 2.1. Takım Organizasyonu



## 2.2. Zaman Akış Çizelgesi ve Bütçe



Tablo 2 - İş-Zaman Grafiği

## İş Takvimi

No	İş Tanımı	Başlama Tarihi	Son Gün	İş Süresi
1	Kritik Rapor Araştırması ve Literatür Taraması	28 Mart	20 Nisan	23
2	Görüntü İşleme Algoritma Araştırması	28 Mart	20 Nisan	23
3	Uçuş Kontrol Sistemi ve Algoritması Araştırması	28 Mart	20 Nisan	23
4	Yer İstasyonu ve Haberleşme Sistemi Araştırması	28 Mart	20 Nisan	23
5	Simülasyon Tasarımı Araştırması	28 Mart	20 Nisan	23
6	Aracın Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi	10 Nisan	20 Nisan	10
7	Görev İdare ve Kilit Sistemi Tasarımı	1 Nisan	30 Nisan	29
8	İHA Şase ve Genel Tasarımı	15 Nisan	30 Nisan	15
9	Güç Yönetimi ve İtki Sistemi Araştırması	28 Mart	5 Haziran	69
10	Görüntü İşleme Yazılımı ve Simülasyon Testleri	20 Nisan	5 Haziran	46
11	Kritik Tasarım Rapor Yazımı	10 Nisan	20 Haziran	71
12	Kritik Tasarım Raporu Gözden Geçirme	20 Haziran	23 Haziran	3
13	Haberleşme Sistemi Geliştirme ve Testleri	28 Mart	10 Temmuz	104

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2021

14	Yer İstasyonu Geliştirme	20 Nisan	10 Temmuz	81
15	Uçuş Kontrol Sistemi ve Algoritması Yazılımı ve Testleri	20 Nisan	20 Temmuz	91
16	Güç Yönetimi ve İtki Sistemi Uygulaması ve Testleri	5 Haziran	20 Temmuz	45
17	Gerçek Zamanlı Görüntü İşleme Testleri	5 Haziran	20 Temmuz	45
18	Otonom İniş-Kalkış ve Uçuş Testleri	10 Temmuz	25 Temmuz	15
19	Otonom Kilitlenme ve Kaçma Testleri	15 Temmuz	1 Ağustos	17

Koyu yeşil renkli olan işler zamanında başarıyla tamamlanmıştır.

Açık yeşil renkli olan işler üzerindeki çalışmalar planlandığı üzere devam etmektedir.

Gri renkli olan işlerin yapımına planlandığı tarihte başlanacaktır.

Sarı renkli olan işlerin önemli bir kısmı tamamlanmış olup tamamlanamayan kısımlar ise aşağıda belirtilen sebeplerden dolayı belirtilen ileriki tarihlere ertelenmek zorunda kalmıştır. Bu ertelemeler projenin planlanan tarihte bitmesi için problem teşkil etmemektedir.

Ön Tasarım Raporunda Belirtilen Tarihlerde Yapılan Değişiklikler

NUMARA	DEĞİŞİKLİK
NO 11,13	Kritik Tasarım Rapor'u son teslim tarihindeki değişimden sebebiyle gerekli düzenlemelerin yapılabilmesi için KTR yazımının son günü eski planımızda 6 Haziran tarihinde iken yeni planlama ile 20 Haziran'a kadar uzatılmıştır. Aynı sebepten dolayı Kritik Tasarım Raporu Gözden Geçirme işi de 20-23 Haziran aralığına ertelenmiştir.
NO 13	Haberleşme Sistemi Geliştirilmesi 18 Haziran tarihi itibari ile teorik anlamda tamamen, uygulamada ise kısmen tamamlanabilmiştir. Tamamlanamayan uygulamalı testler farklı kaynaklardan temin edilmiş ve sonuçları rapora eklenmiştir. Yeterli maddi destek bulamamamız sebebiyle 10 Haziran tarihi itibari ile temin edilmesi planlanan Haberleşme Sistemi parçalarının tamamı zamanında temin edilememiştir. Bu nedenle tüm sistemin kurulumu ve gerçek zamanlı genel sistem testleri için başlangıç tarihi 10 Temmuz tarihine ertelenmiştir.
NO 16	Güç Yönetimi ve İtki Sisteminin Geliştirilmesi teorik anlamda 15 Haziran itibari ile tamamlanmıştır. Gerekli uygulama testleri de farklı kaynaklar vasıtası temin edilerek sonuçları rapora eklenmiştir. Yeterli maddi destek bulamamamız sebebiyle 5 Haziran tarihi itibari ile temin edilmesi planlanan Güç Yönetimi ve İtki Sistemi parçalarının tamamı zamanında temin edilememiş bu nedenle gerçek zamanlı uygulama ve testlerin başlangıç tarihi 10 Temmuz tarihine ertelenmiştir.

Tablo 3 – İş Takvimi

**Bütçe**

MALZEME	MODEL	MİKTAR	TOPLAM FİYAT/TL
Gövde ( Frame )	Tarot Iron Man 650	1	1562
Motor	SUNNYSKY V3508 380 kv	4	1636
ESC	LittleBee 30A ESC BLHeli_S	4	570
Batarya	8000 mAh 6S 2P	2	2800
Uçuş Kontrolcüsü	Radiolink Pixhawk	1	1200
GPS	Radiolink Se100 M8n	1	300
Telemetri:	433 Mhz Telemetri Modülü	1	400
Raspberry Pi 3B	3B	1	380
Receiver	Radiolink R12DS	1	350
Wifi dongle	Asus AC56	2	1200
Kamera	Rpi V2	1	380
Pervane	1555	8	600
İHA-Bağlantılar			150
Raspberry Pi 4B	4B 8GB	1	900
İstasyon-Bağlantılar			150
Anten	Özel üretim	1	300
Kumanda	Radiolink AT 10 II	1	1400
Batarya Şarj edici	imax B6 Şarj Cihazı	1	350
<b>TOPLAM</b>			<b>14628</b>

Tablo 4 - Bütçe

Yapılan yeni hesaplamalar ve testler sonucunda satın alınacak malzemelerde çeşitli değişikliklere gidilmiştir. Bu değişiklikler sistem başlıkları altında aşağıdaki gibidir. Değişimlerin sebepleri ile alakalı detaylı açıklamalara Bölüm 3.2'den ulaşabilirsiniz.

**Gövde:** Yeni hesaplamalar ve ekonomik kısıtlamalardan dolayı daha büyük bir gövdenin hazır olarak temin edilmesine karar verilmiştir. Sistemin toplam maliyeti 362 TL artmıştır.

**İtki ve Güç Yönetim Sistemi:** Yeni hesaplamalardan ve testlerden sonra kullanılacak olan motor, pervane, ESC ve batarya yeni uygun modeller ile değiştirilmiştir. Bunun yanında yedek bir adet batarya, bir takım pervane seti ve batarya şarj aleti de bütçeye eklenmiştir. Sistemin toplam maliyeti 3142 TL artmıştır.

**Haberleşme Sistemi:** Araştırmalar sonucunda tespit edilen daha verimli, hızlı ve uygun fiyatlı bir görüntü aktarım sistemi kullanılması sonucunda benzeri performanstaki hazır sistemlere kıyasla 5000 TL'yi aşan bir fiyat avantajı sağlanmıştır. Kullanılacak dijital görüntü aktarım sistemindeki değişim nedeniyle eklenen yeni malzemeler (2 adet Wifi adaptörü, 1 adet anten ve bağlantı malzemeleri) ile birlikte toplam haberleşme sistem maliyeti eski bütçede belirtilen sisteme göre 880 TL artmıştır.

**Kamera:** Farklı kaynaklardan elde edilen testler sonucunda Runcam 2K kamera yerine Raspberry Pi Kamera V2 kullanmanın herhangi bir performans kaybına yol açmadığı sonucuna varılmıştır. Bu durumda kamera bütçesi 420 TL azaltılmıştır.



**Uçuş Kontrol sistemi:** Bu sistemde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

**Kumanda:** Eski bütçede bulunan FrSky Taranis X9D Plus model kumanda, yeterli özelliklere sahip daha uygun fiyatlı Radiolink AT10 II ile değiştirilmiştir. Son durumda bütçe 724 TL azaltılmıştır.

Yukarıda verilen değişimlere ek olarak hali hazırda eski bütçede bulunan ve kullanımına devam edilmesine karar verilen parçaların fiyatında da geçen zaman ile birlikte toplam 1458 TL artmıştır.

Son durumda bütçede

Ürün değişikliklerinden kaynaklı 3240 TL artış.

Fiyat değişimlerinden dolayı 1458 TL artış.

Bu durumda 9930 TL olan bütçemiz toplamda 4698 TL artarak **14628 TL** olmuştur.



## 3. DETAYLI TASARIM ÖZETİ

## 3.1. Nihai Sistem Mimarisi

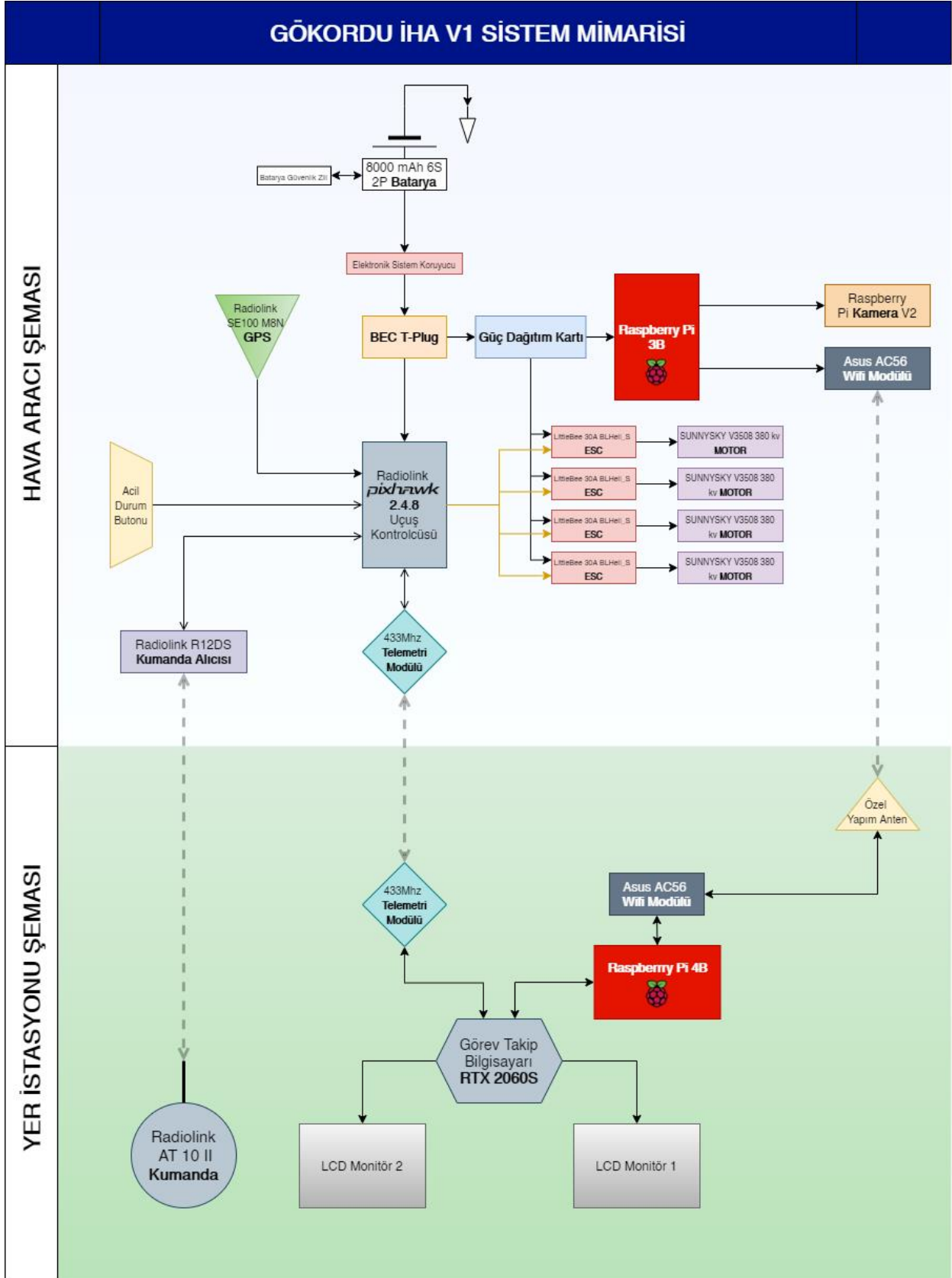


Diagram 1 – Sistem Mimarisi

Tüm malzemeler Tablo 4’de listelenmiştir. Aşağıda yapılan değişikliklerin açıklamaları yer almaktadır.

Haberleşme sistemi mimarisi tamamen değiştirilmiştir. Ön Tasarım Raporunda dijital video iletiminin radyo iletimine göre daha avantajlı olduğu belirtilmiştir. Fakat yüksek güç tüketimi ve maliyetler sebebi ile radyo iletim sistemi kullanılacağı belirtilmişti. Yaptığımız yeni çalışmalar ve araştırmalar sonucunda muadillerine göre uygun maliyetli, yüksek performans ve verime sahip olan OpenHD görüntü aktarım yazılımını kullanan yeni bir görüntü aktarım sistemi tasarlanmıştır. Parçalara ilişkin detaylı değişiklikler Bölüm 3.2’de açıklanmıştır.

İtki ve Güç Yönetim sistemi ve Gövde’de kullanılan malzemeler güncellenmiştir. Ön Tasarım Raporunda bulunan sistemdeki gövde,motor, ESC’ler ve batarya daha uzun uçuş süresi ve manevra kabiliyetini sağlamak amacı ile güncellenmiştir. Parçalara ilişkin detaylı değişiklikler Bölüm 3.2’de açıklanmıştır.

Uçuş kontrol sisteminde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

### 3.2. Alt Sistemler Özeti

Bu bölümde; seçilen alt sistemlerin, araç gereksinimleri ve ön tasarım raporunda belirtilen seçim kriterlerine uyumlulukları açıklanacaktır. Eğer aynı görev için araştırılan birden fazla seçenek varsa, nihai ürünün neden seçildiği de açıklanmalıdır.

Malzeme Türü	ÖTR	KTR	Değişiklik Sebebi
Motor	3508-580KV Turnigy Multistar	SUNNYSKY V3508 380 kv	Yeni gövde seçiminin de etkisi ile ağırlaşan İHA’ımıza gerekli kaldırma kuvvetini sağlayabilmek adına 580kvlik model yerine 380kvlik model tercih edilmiştir.
ESC	30Ax4 Quattro ESC	LittleBee 30A ESC BLHeli_S	Soğutma avantajı nedeniyle 4’lü ESC yerine ayrı ayrı 4 adet ESC tercih edilmiştir. Ayrıca yeni ESC BLHeli_S özelliğine sahiptir.

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2021

<b>Batarya</b>	ZIPPY Compact 5800mAh 3S 25C Lipo batarya	8000 mAh 6S 2P	Artan ağırlığa rağmen yeterli uçuş süresini sağlayabilmek için batarya boyutu da artırılmıştır.
<b>Görüntü Aktarım Yöntemi</b>	RC	WiFi	Çok daha kaliteli ve az gecikmeli görüntü elde etme imkanı tanınması
<b>Kumanda</b>	FrSky Taranis X9D Plus 16 kanallı 2.4 GHz (Mode 2) ve FrSky X8R	Radiolink AT10II 12 Channels RC Transmitter and Receiver R12DS 2.4GHz Radio Remote Controller (Mode2)	Rapor yazım sürecinde test etme imkanımız olmuş ve özellikleri yeterli bulunmuştur. Daha uygun maliyetlidir.
<b>Kamera</b>	RunCam 2 4K Edition	Raspberry Pi Camera v2	Raspberry Pi'a CSI portu üzerinden bağlanabilmesi. Bu sayede daha az gecikme ile aktarım yapabiliyoruz.
<b>Haberleşme Kiti</b>	Raspberry Pi 3B ve Eachine TS832 Boscam 5.8G 48CH 600mW 7.4-16V kablosuz verici, RC832 5.8G 48CH kablosuz alıcı	Raspberry Pi 3B, Raspberry Pi 4B 8GB, 2 adet Asus AC56 wifi donge ve özel üretim yer istasyonu anteni	Görüntü aktarım yöntemi olarak radyo ile aktarım yerine daha yüksek kaliteli ve az gecikmeli dijital aktarım sistemine geçiş yapıldığı için haberleşme kiti elemanları da yeni sisteme uygun olarak değiştirilmiştir.
<b>Pervaneler</b>	Quanum Carbon Fiber 15x5.5	Quanum Carbon Fiber 15x5.5	
<b>GPS</b>	Neo-M8N GPS	Radiolink Se100 M8n	Rapor yazım sürecinde test edilmiş

			ve yeterli bulunmuştur.
--	--	--	-------------------------

Tablo 5 – Alt sistemler özeti

**Gövde:** Dayanıklı ve dengeli olan drone gövdesi araç üstü sistemlerin yerleştirildiği parçadır

**Motorlar:** Dronun yerden yükselmesini ve havada istenilen şekilde hareket etmesini sağlar

**ESC:** Her motor için ayrı bir ESC bulunur ve motorların yönetiminden sorumludur.

**Batarya:** Araç üstü elektronik sistemlere güç sağlar. Gerekli güvenlik önlemleri alınarak yerleştirilen batarya aracın istenilen uçuş süresi boyunca havada kalmasını sağlar.

**Radiolink Pixhawk:** Drone hareket kontrolünü ve otonom sürüşü yönetir

**GPS:** Aracın GPS verilerini uçuş kontrolcüsü üzerinden yer istasyonu ile paylaşır

**Telemetri:** Aracın telemetri verilerini yer istasyonu ile paylaşır ve yer istasyonundan aldığı sinyallerle aracın otonom sürüşünü sağlar.

**Raspberry Pi 3B (AirPi):** Araç üzerinde bulunan bu kart eklenecek WiFi kartının yardımıyla kameradan aldığı görüntüleri gerçek zamanlı olarak yer istasyonu ile paylaşır.

**Raspberry Pi 4B (GroundPi):** Aracın paylaştığı görüntü sinyallerini üzerindeki WiFi modülü sayesinde alır ve işlemek üzere yer istasyonuna gönderir.

**Kumanda:** Dronun manuel olarak yönlendirilmesine olanak sağlar

**Receiver:** Araç üzerinde bulunan kumanda receiver'ı istendiği zaman aracın manuel sürülmesine imkan tanır.

**Wifi Donge (x2):** Birisi AirPi diğeri GroundPi üzerinde bulunan bu iki WiFi modülü kablosuz ağ üzerinden gerçek zamanlı görüntü aktarımını sağlar.

**Kamera:** CSI portu üzerinden AirPi'ye bağlıdır ve bu sayede USB üzerinden bağlanan kameralara göre daha küçük latency değerleri sağlar. Asıl amacı rakip dronların tespitinin yapılacağı görüntüyü elde etmektir

**Pervane (x4):** Dronun havalanması ve yönlendirilmesi için gereken itki gücünü motorlarla birlikte sağlar

**Anten:** GroundPi'nin WiFi kartına bağlı olan anten, kapsama alanını artırmak ve elde edilebilecek en net görüntünün sağlanabilmesi için özel olarak tasarlanmıştır.

**Kumanda:** Dronun manuel olarak yönlendirilmesine olanak sağlar

### 3.3. Hava Aracı Performans Özeti

Hava aracı için stabil uçuş, manevra kabiliyeti ve 20 dakikalık uçuş süresi hedeflenmiştir. Gereken uçuş süresine ulaşmak için verimliliği yüksek 380kV motorlar tercih edilmiştir. Bu motor ile 15x5.5 pervanesinin veri tablosu incelendiğinde maksimum güçte 1830g itki gücü sağladığı görülmektedir. Hava aracının toplam ağırlığının 2200g olması planlanmaktadır. Buna göre tam güçte İHA ağırlığının 3.3 katı kadar itki gücü elde edilecektir. Böylece, İHA'nın yeterli manevra kabiliyetine sahip olmasını ve motorları düşük RPM'de çalıştırarak güç tüketimini dengelemesi sağlanmıştır.

Hava aracının uçuş boyunca ortalama %75 güçte çalışarak ortalama 4.9A akım çektiği varsayılırsa, bunun yanında Rpi4 ve Pixhawk kontrolcülerinin toplam tükettiği enerjinin 10W'dan düşük olacağı düşünüldüğünde, gerekli dönüşümlerden sonra 21 dakikalık bir uçuş süresi alınacağı hesaplanmıştır. Daha sonra daha detaylı bir hesaplama 'ecalc.ch' sitesinden de yapılarak doğrulanmıştır. Li-Po pil kapasitesinin korunması için hesaplamalar %80 kapasite ile yapılmıştır.

("Sunnysky V3508 380KV 580KV Brushless Motor for Quadcopters Multi Rotors")

Pervane boyu	V	RPM	A	İtiş gücü	W	Verimlilik	Çalışma sıcaklığı
15x5.5	22.2	1470	0.2	100	4	22.52	60°C
		2015	0.5	200	11	18.02	
		2455	0.8	300	18	16.89	
		2810	1.2	400	27	15.02	
		3150	1.7	500	38	13.25	
		3455	2.2	600	49	12.29	
		3690	2.8	700	62	11.26	
		3980	3.5	800	78	10.30	
		4230	4.2	900	93	9.65	
		4420	4.9	1000	109	9.19	
		4800	6.4	1200	142	8.45	
		5227	8.4	1400	186	7.51	
		5580	10.4	1600	231	6.93	
5900	12.4	1830	275	6.65			

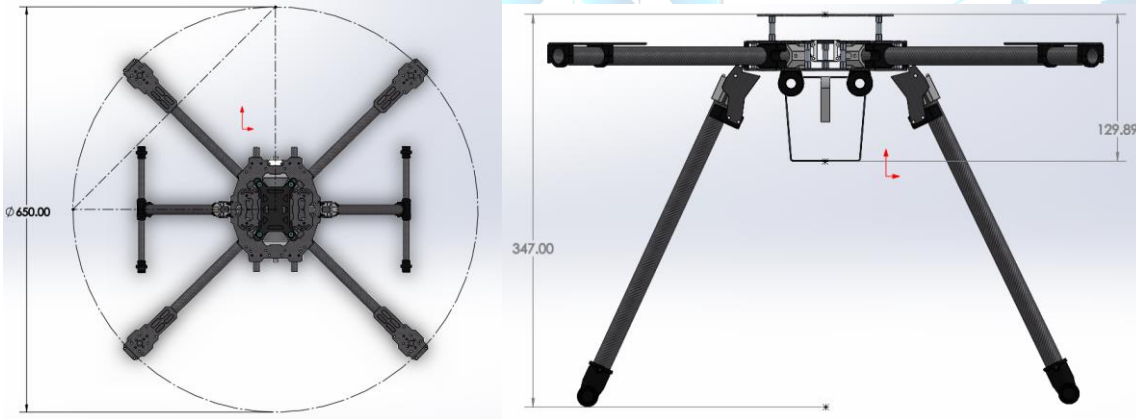
Tablo 6 – Motor Performans Tablosu



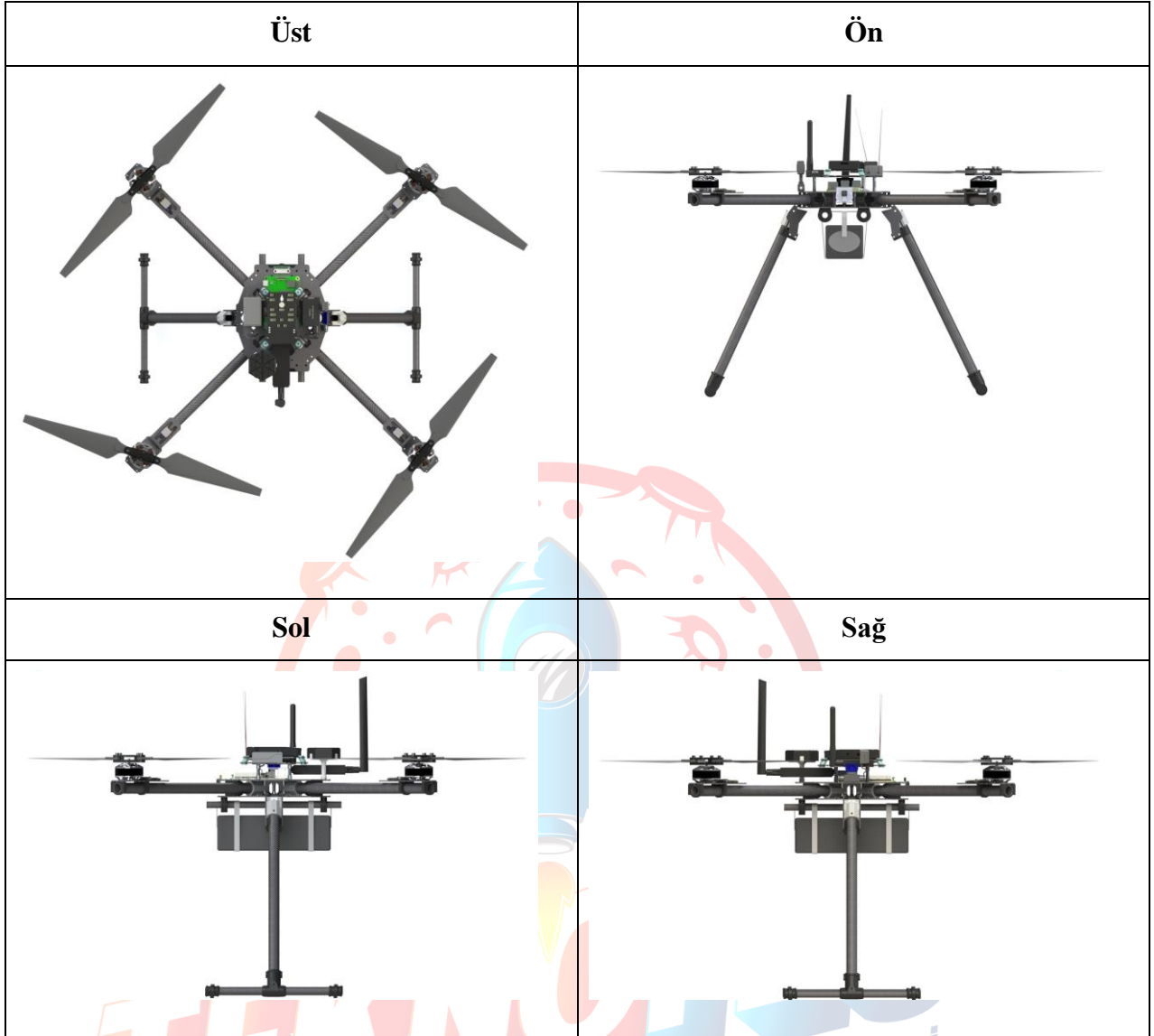
### 3.4. Hava Aracının Üç Boyutlu Tasarımı



Şekil 1 – İzometrik İHA Tam Gövde



Şekil 2,3 - Drone boyutlarının gösterimi

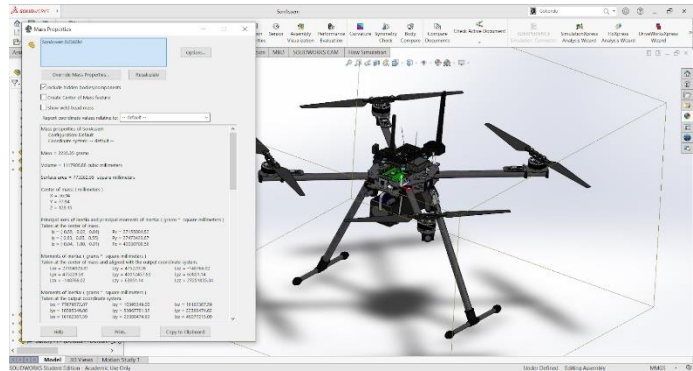


Tablo 7 – İHA'nın farklı açılardan görünümü

### 3.5. Hava Aracı Ağırlık Dağılımı

Kullandığımız elemanların internet siteleri üzerinde belirtilen ağırlık değerlerini baz alarak, Solidworks programı üzerinde tanılama gerçekleştirdik. Daha sonra değerlendirme-kütle komutlarını kullanarak şekilde de belirtilen aşağıdaki sonuçlara ulaştık. X ve Y koordinatlarında bulunan sapmanın engellenmesi için ufak düzenlemeler yapılabileceği gibi Z koordinatında bulunan sapmanın tolere edilmesi için bataryanın -Z yönünde bir miktar kaydırılmasına karar verdik.

X:56,94mm Y:77,94mm  
Z:128,15mm



Şekil 4 – Ağırlık dağılımının gösterimi



#### 4. OTONOM KİLİTLENME

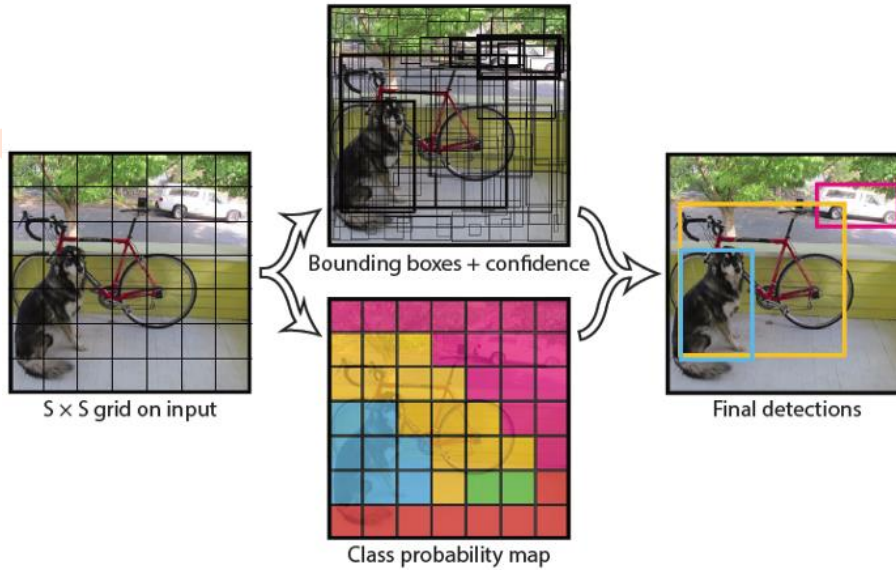
##### Takip Edilecek Hedefin Belirlenmesi

Takip edilecek hava aracının belirlenmesinde yarışma sunucusunun bize sağlayacağı telemetri verileri etkin şekilde kullanılacaktır. Hedef belirlemesi sırasında kendi İHA'mıza en yakın ve görece daha sabit veya tahmin edilebilir hareket desenlerine sahip olan drone kilitlenmek için hedef olarak seçilecektir. Bunu gerçekleştirmek için yer istasyonunda çalışacak bir yazılım tasarlanacaktır.

##### Hedefin Tespit Edilmesi İçin Kullanılacak Algoritma

Nesne tanıma ve bu nesneyi takip etme yeteneği bu kategorinin en önemli ve kompleks kısmını oluşturmaktadır. Tasarladığımız İHA'nın otonom sürüş, hedef tespiti ve takibi gibi görevleri yerine getirebilmesi için görüntü işleme algoritması dikkatle seçilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda algoritma seçimi yapılırken iki değerlendirme ölçütü önemli bir rol oynamıştır. Bunlar görüntü tespitinin hızı ve doğruluk oranıdır. Günümüzde geniş bir görüntü işleme algoritması yelpazesi bulunmaktadır. Bunların içinden doğruluk oranını kaybetmeden görece çok kısa sürelerde işlem yapan YOLOv4 algoritmasının kullanılmasına karar verilmiştir.

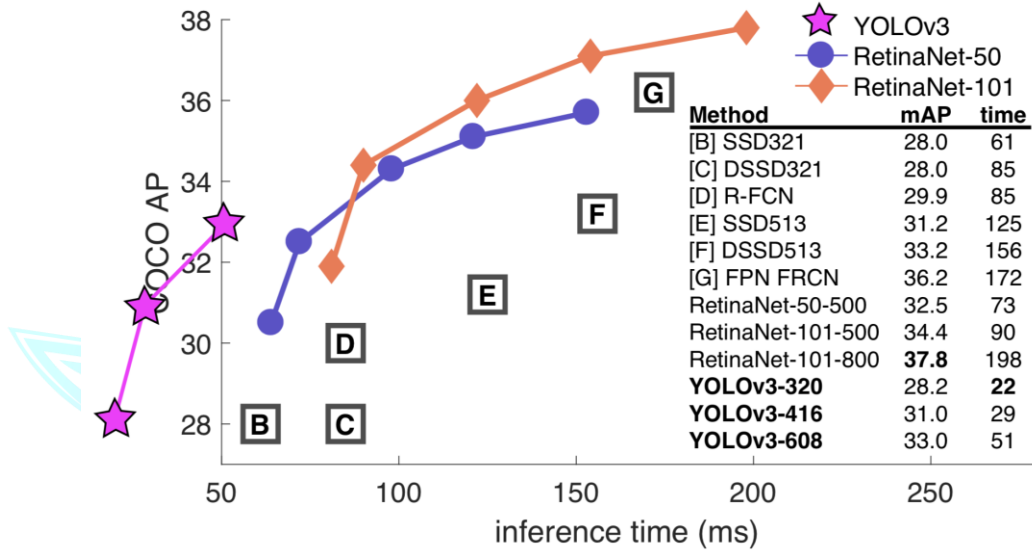
YOLO (You Only Look Once) algoritması adından da anlaşılabilir üzere bütün kareyi tek bir seferde işleme alır.(Redmon et al., n.d.) Tek basamaklı nesne tanıma algoritması kullandığından dolayı bu bakımdan SSD ve RetinaNet gibi yöntemlere benzerken R-CNN, fast R-CNN, faster R-CNN, R-FCN ve Libra R-CNN gibi iki adımlı nesne tanıma yöntemlerinden farklılık gösterir.(Bochkovskiy et al., 2020) YOLO metodu kaynak görüntüyü  $S \times S$ 'lik ızgaralara ayırarak üzerinde sınır çizimi ve olasılık haritası oluşturulması işlemlerini gerçekleştirir. Son basamakta da bu ikisini birleştirerek nesne tanıma işlemini tamamlar.(Redmon et al., n.d.)



Şekil 5 - YOLO algoritması görüntü işleme basamakları (Redmon et al., n.d.)

YOLO algoritmasının göze çarpan en büyük özelliği rakiplerine oranla yüksek hızda ve doğrulukta nesne tanınması yapabilmesidir. YOLO algoritması, gerçek zamanlı görüntü işleme için sınır değeri olarak kabul edilen 30 FPS üzerindeki hızlarda çalışabilir ve rakiplerine oldukça yakın AP (Average Precision) ve mAP (Mean Average Precision) değerlerine ulaşabilir.(Redmon & Farhadi, 2018) Bu özelliklerinin sonucu olarak YOLO, nesne tespit ve takibinde kullanılmak için güçlü bir adaydır. MS COCO ve

dataseti üzerinde yapılan çalışmalar Çeşitli YOLO algoritmalarının ve diğer metotlar arasındaki farkı net bir şekilde göstermektedir.



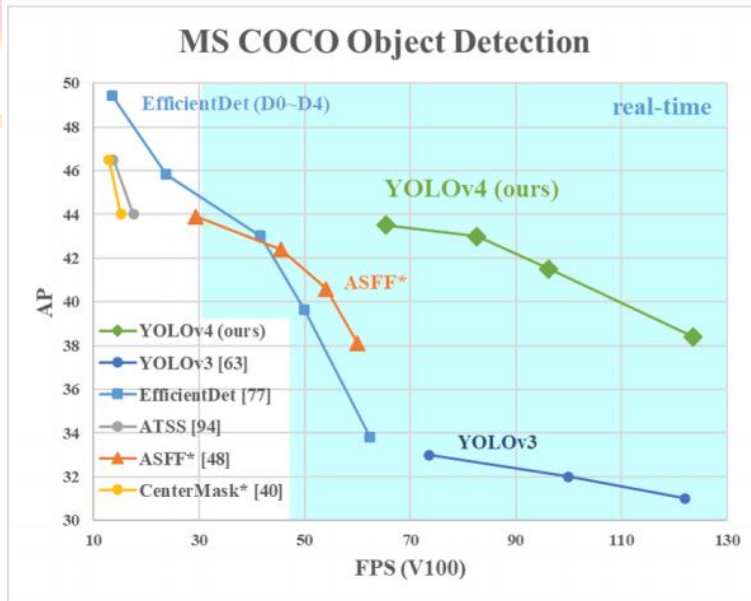
Tablo 8 - YOLOv3 ve diğer metotların MS COCO dataseti üzerinde elde ettiği sonuçlar (Redmon & Farhadi, 2018)

Detection head	Backbone	Input size	Speed (fps)	mAP (%)
SSD	VGG-16	300×300	42	74.2
	ResNet-50	300×300	22	75.3
	DarkNet-53	300×300	24	74.8
	DenseNet-201	300×300	14	73.5
Faster R-CNN	VGG-16	600×600	11	90.6

	ResNet-50	600×600	10	90.4
	DarkNet-53	600×600	10	86.3
	DenseNet-201		FAILED	
YOLOv3	VGG-16	416×416	70	<b>90.8</b>
	ResNet-50	416×416	<b>86</b>	90.6
	DarkNet-53	416×416	72	<b>90.8</b>
	DenseNet-201	416×416	49	90.7

Tablo 9 - Farklı nöral ağlar ve nesne tanımlama algoritmaları kullanılarak uçan objelerin tespiti (Zeng et al., 2021)

Tablo 8 ve Tablo 9'da görüldüğü üzere YOLOv3, benzerlerine kıyasla çok kısa sürede uygulama süresinde rakiplerinin önündedir ve bu başarısını FPS alanında da gösterir. SSD algoritmasından ortalama 3 kat daha hızlıdır.(Redmon & Farhadi, 2018) YOLOv4 ise bu algoritmanın en son sürümü olarak kabul edilebilir YOLOv3'ün AP ve FPS değerlerini yaklaşık %10-12 civarında artırır. (Bochkovskiy et al., 2020)



Tablo 10: YOLOv4 algoritmasının benzer yöntemlerle karşılaştırması(Bochkovskiy et al., 2020)

GeForce RTX 2080 Ti:

Network Size	Darknet, FPS (avg)	tkDNN TensorRT FP32, FPS	tkDNN TensorRT FP16, FPS	OpenCV FP16, FPS	tkDNN TensorRT FP16 batch=4, FPS	OpenCV FP16 batch=4, FPS	tkDNN Speedup
320	100	116	202	183	423	430	4.3x
416	82	103	162	159	284	294	3.6x
512	69	91	134	138	206	216	3.1x
608	53	62	103	115	150	150	2.8x
Tiny 416	443	609	790	773	1774	1353	3.5x
Tiny 416 CPU Core i7 7700HQ	3.4	-	-	42	-	39	12x

Tablo 11: YOLOv4 ile farklı ortamlardan elde edilen FPS değerleri (Alexey, 2020)

### Görüntü İşleme Algoritmasının Çalışacağı Ortamın Belirlenmesi

Görüntü işleme yöntemi aynı zamanda görüntünün nerede işleneceğini de belirlemede bize yardımcı olur. Geliştirdiğimiz algoritmanın çalışacağı ortamı seçmek için elimizde iki seçenek vardır ve her seçenek kendine has avantaj ve dezavantajlara sahiptir. İlk seçenek kameradan alınan görüntünün havada araç üzerinde işlenmesidir. Bu yaklaşım her ne kadar küçük latency oranları sunsa da aynı zamanda bazı kısıtlamalara sahiptir. Araç üzerine konumlandırılacak herhangi bir cihaz günümüz modern ekran kartlarının ulaşabildiği işlem hızına yaklaşmamaktadır. Havada işlem yapan bir kartın Tablo 11'deki FPS değerlerine ulaşması çok zordur. Ayrıca görüntünün havada işlenmesi, güç tüketimini ve cihaz maliyetini artırarak drone'un verimliliğini düşürmektedir.

Bunun sonucu olarak ikinci seçenek olan yer istasyonunda görüntü işleme yöntemi benimsenmiştir. Bu metodu kullanmanın önündeki bir engel drone ile yer istasyonu arasındaki iletişim hızının düşük olabilme ihtimalidir. Kullandığımız OpenHD yöntemi, yazılım bileşenleri ve RTX 2060 ekran kartının gücü sayesinde buradaki sorunun önüne geçerek düşük gecikme değerleri elde etmeyi bekliyoruz. YOLO algoritmasının uygulandığı ortam verimlilik üzerinde çok büyük bir etkiye sahiptir. MS COCO (yaklaşık 90 bin görsel) ve VOC (yaklaşık 20 bin görsel) datasetleri birçok etiketlenmiş görseli bünyesinde barındıran geniş setlerdir ve genellikle nesne tanıma algoritmalarının eğitilmesi ve performanslarının karşılaştırılması için sıklıkla kullanılırlar. (Stein et al., 2019)

YOLOv3 - COCO - RTX 2060	No TensorRT (Baseline)		Loop Fusion + Kernel Tuning Optimizations				LF + KT + FP16 Quantization			
	Time / Inf (ms)	mAP	Time / Inf (ms)	Speedup Multiplier	mAP	mAP Change	Time / Inf (ms)	Speedup Multiplier	mAP	mAP Change
320	27	52.48%	10	2.70x	35.35%	-32.64%	6	4.50x	35.37%	-32.60%
416	33	54.59%	16	2.06x	38.37%	-29.71%	8	4.13x	38.37%	-29.71%
608	64	55.16%	26	2.46x	38.60%	-30.02%	11	5.82x	38.60%	-30.0%

Tablo 12 - YOLOv3 algoritması ve NVIDIA RTX2060 ekran kartı üzerinde elde edilen sonuçlar (Stein et al., 2019)

YOLOv3 - COCO - Jetson Nano	No TensorRT (Baseline)		Loop Fusion + Kernel Tuning Optimizations				LF + KT + FP16 Quantization			
	Time / Inf (ms)	mAP	Time / Inf (ms)	Speedup Multiplier	mAP	mAP Change	Time / Inf (ms)	Speedup Multiplier	mAP	mAP Change
320	323	52.48%	249	1.30x	35.36%	-32.62%	154	2.10x	35.36%	-32.62%
416	500	54.59%	392	1.28x	38.24%	-29.95%	248	2.02x	38.24%	-29.95%
608	909	55.16%	805	1.13x	38.60%	-30.02%	501	1.81x	38.60%	-30.02%

Tablo 13 - YOLOv3 algoritması ve NVIDIA Jetson Nano kartı üzerinde elde edilen sonuçlar (Stein et al., 2019)

Tablo 12 ve Tablo 13'e bakılarak iki kart arasındaki hız farkı net bir şekilde gözlemlenebilmektedir. Aynı dataset üzerinde yapılan bu araştırma görüntüyü havada işlemenin istenilen sürenin çok üzerinde bir sonuç verdiğini göstermiş ve bundan dolayı görüntünün yerde işlenmesi kararlaştırılmıştır.

## Dataset Seçimi

Drone tespit yazılımını eğitilmesinde en önemli faktörlerden birisi kullanılacak datasetinin büyüklüğü ve istenilen amaca uygunluğudur. Dataseti çeşitlilik açısından ne kadar zengin olursa drone tespit ihtimali o kadar artmaktadır. Ancak bu alanda yapılan araştırmalara bakıldığında drone tespiti için herkes tarafından kullanılabilir büyük bir dataset bulunmamaktadır. Bu amaç doğrultusunda kullanılabilir bazı datasetleri ya çok küçük boyutlardadır veya askeri amaçlarla kullanılmaktadır. Bazıları ise özel izin alınması ile kullanılabilir hale gelmektedir. Bundan dolayı yapılan birçok çalışma kendi datasetini oluşturma yolunu kullanmıştır. (Svanström, 2020)

Yazılımımızı eğitmek için kullanabileceğimiz bazı yöntemler şunlardır:

### 1) UAVData: A dataset for unmanned aerial vehicle detection

13.803 adet drone ve balon görseli içeren bu dataset henüz açık erişime sahip değildir. Erişime açılması halinde kullanılması düşünülmektedir. (Zeng et al., 2021)



## 2) Safeshore dataset

Kuş-Drone ayrımı projesi kapsamında oluşturulan bu dataset 5 MPEG videosu içermektedir. Ancak bu datasete erişmek için özel izin alınması gerekmektedir. (*SafeShore*, n.d.) (Coluccia et al., 2017)

## 3) The USC-GRAD-STDdb

25.000’de fazla HD etiketlenmiş drone görüntü içeren bu dataset özel izin ile erişime mümkün hale gelmektedir. (Mera, 2019)

## 4) Erişilebilir diğer datasetlerini kullanmak

Her ne kadar diğerlerine kıyasla daha küçük olsa da bu datasetler drone tespit algoritmasını eğitmek için kullanılabilir.

## 5) Kendi data augmentasyonunu yapmak

Bu alanda yapılan birçok araştırmanın yaptığına benzer şekilde, kendi topladığımız verilerden oluşturduğumuz dataseti data-augmentation ile büyütmek de seçeneklerin arasındadır.

## Hedef Takip Algoritması

Yapısı gereği dronelar hızlı hava araçlarıdır ve kullanılacak takip algoritması tespit edilen nesnenin yüksek hızlarda ve doğruluk oranında takibini sağlamak zorundadır. YOLO algoritması ile drone tespiti yapıldıktan sonra bu nesnenin takip edilmesi için KCF(Kernelized Correlation Filter) metodu kullanılmaktadır. KCF metodu dolaşım matriksinin özelliklerini kullanarak işlem hızını artıran yeni bir takip sistemidir. (*OpenCV: cv::TrackerKCF Class Reference*, n.d.) Bu metot önceden kendisine işaretlenerek verilen nesnenin gerçek zamanlı takibini mümkün hale getirmektedir. KCF yöntemi yüksek FPS değerlerinde nesne takibini doğruluk payından taviz vermeden sağlamaktadır.

	Algorithm	Feature	Mean precision (20 px)	Mean FPS
<b>Proposed</b>	KCF	HOG	<b>73.2%</b>	172
	DCF		<b>72.8%</b>	<b>292</b>
	KCF	Raw pixels	56.0%	154

	DCF		45.1%	278
<b>Other algorithms</b>	Struck		65.6%	20
	TLD		60.8%	28
	MOSSE		43.1%	615
	MIL		47.5%	38
	ORIA		45.7%	9
	CT		40.6%	64

Tablo 14 - 50 adet videodan oluşan dataset üzerinde yapılan deney sonucu elde edilen hız ve doğruluk değerleri (Henriques et al., 2015)

## 5. HABERLEŞME

Aşağıda bulunan tüm haberleşme türlerini içeren Diagram 1 de belirtilmiştir.

**1-)WI-FI Haberleşmesi:** Video aktarımında OpenHD sistemi kullanılacaktır. OpenHD normal bir wifi bağlantısının aksine, wifibroadcast bir analog bağlantının avantajlı özelliklerini taklit etmeye çalışır (zarif sinyal bozulması, tek yönlü veri akışı, cihazlar arasında ilişki olmaması gibi) ve Raspberry Pi üzerine kurulan bir video aktarım sistemidir bu sayede 720P, 60fps kalitesinde bir görüntüyü 40ms olan düşük bir gecikme süresi ile yer istasyonumuza aktarabileceğiz.Görüntü aktarım sistemimiz drone üzerinde bir Raspberry Pi 3B+ (AirPi) ve buna bağlanan Asus AC56 Wifi Dongle ve Rpi Cam V2 adlı kameradan oluşmaktadır bu sayede yer istasyonuna görüntü aktarımı yapabiliyoruz.Yer istasyonumuz Raspberry Pi 4(GroundPi) buna bağlanan 2317mhz frekanslı biquad anten,anlık olarak takip edebilmemizi sağlayan iki monitör ve ethernet kablosu bağlantısı ile görüntü işleme algoritmasını çalıştıran 2060S ekran kartlı bilgisayara bağlanmaktadır. (*OpenHD/Open.HD*, 2021) (Günther et al., 2014)

### Anten yapımı

Görüntü aktarımının 2.4GHz bant genişliğinde, 10 Mbps hızında ve düşük gecikmeyle gerçekleştirilebilmesi için Asus Wifi modülündeki antenin yetersiz kalacağı görülmüştür. Bu sebeple maliyeti de düşük olduğu için antenin kendi yapımımız olması uygun görülmüştür. Anten, biquad olacak ve 11dBi gain'e sahip olacaktır. Yapılacak antenin, 8km menzilde dahi

düşük gecikmeye ve yüksek hızlara ulaşabilmesi planlanmaktadır. (*Biquad Antenna Construction*, n.d.)

**2)Telemetri Haberleşmesi** İHA ile yer istasyonunun haberleşmesi, telemetri ve yer istasyonuna bağlı Raspberry Pi 3b+ üzerindeki Asus AC56 Wifi Dongle üzerinden sağlanacaktır. Telemetri modülü 433MHz frekans bandında kullanılacak olup hava aracının maksimum uzaklığının 1.2km civarında olacağı düşünüldüğünde kullanılan telemetri modülünün yeterli olacağı görülmektedir. İHA kurulumundan sonra bu uzaklık saha testleri ile kontrol edilecektir.

Görüntü yer bilgisayarında işlendikten sonra hava aracının değiştirmesi gereken koordinat ve heading verileri hava aracına telemetri verisi olarak aktarılacaktır. Yer istasyonunda çalıştırılan Python scripti, DroneKit yardımıyla MAVLink protokolü üzerinden İHA ile haberleşmeyi sağlayacaktır. Bu iletişim, yer bilgisayarı ile Pixhawk Telem-2 Portuna bağlı telemetri modülü arasında olacaktır.

(2019, Savaşan İHA, Döner Kanat, ESOĞU PHOENIX)

### 3)Kumanda Haberleşmesi

Hava aracını manuel yönetebilmek için Radiolink AT10-II kumanda ve Radiolink R12DS alıcı kullanılacaktır. Kumanda ve alıcı, 4km'ye kadar iletişim kurabilmektedir. Receiver, 2.4GHz ISM bandında, 2400 ve 2483.5Mhz arasında çalışmaktadır.

## 6. KULLANICI ARAYÜZÜ TASARIMI

Arayüzde iki farklı monitör kullanılacağı için iki tane arayüzümüz bulunmakta bunlardan birisi görüntü işleme algoritmasının çalıştığı ekranken diğeri Simulink üzerinde kullanılacak arayüz ekranıdır.

**1-Uçuş Arayüz Ekranı:**Drone hakkındaki bilgiler (pil durumu),görüntü aktarım hakkında bilgiler(görüntünün kalitesi,fps,gecikme süresi) ve anlık drone lokasyonu gibi bilgileri açık ve anlaşılır bir şekilde göstermektedir ayrıca arayüzün sol tarafında mod (otomatik,yarı otomatik,manuel) değişim ekranı vardır bu bizim anlık olarak dronea müdahale etmemizi kolaylaştıracaktır.

Görüntü işleme üzerinde kullanılacak arayüz (1.Monitör için)



Şekil 6 – Görüntü işleme arayüzü



**2-)Simulink Arayüz Ekranı:** Bu ekranda simulink üzerinden drone hakkında anlık olarak bir çok farklı data almaktayız bu sayede drone hakkında daha fazla bilgi edinmemiz mümkün oluyor.

Simulink üzerinde kullanılacak arayüz. (2. Monitör için)

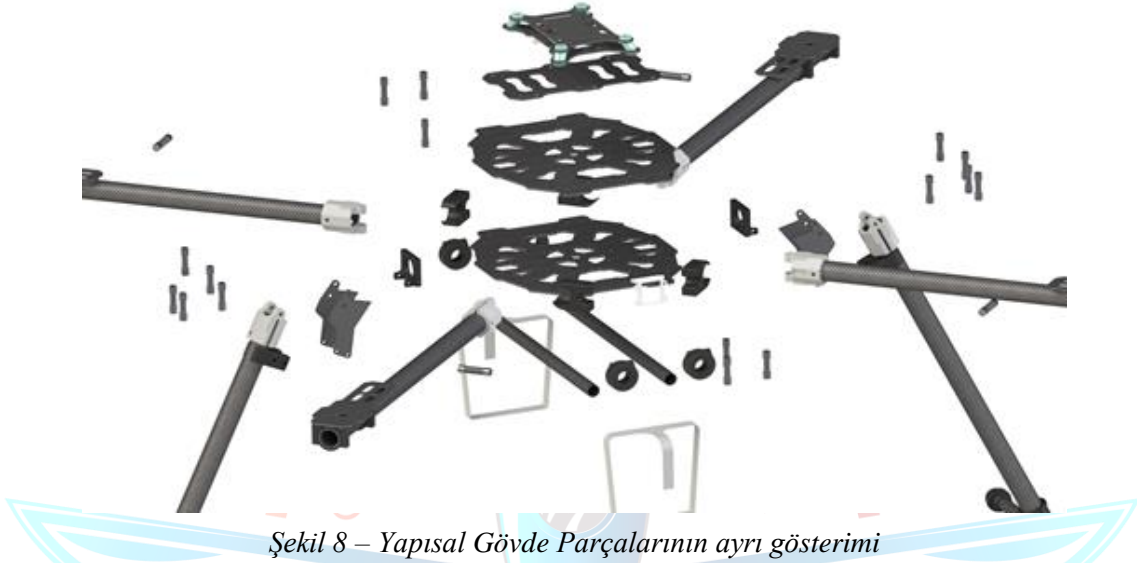


Şekil 7 – Simülük Arayüz Ekranı görseli (Flight Instrument Gauge Visualization for a Drone - MATLAB & Simulink, n.d.)

## 7. HAVA ARACI ENTEGRASYONU

### 7.1. Yapısal Entegrasyon

Tasarlanan İHA gövdesi, Tarot Drone Frame'i üzerine inşa edilmiştir. Bundan dolayı iskelet kısmının tamamı Tarot Frame'inin montaj adımları takip edilerek kurulacaktır



Şekil 8 – Yapısal Gövde Parçalarının ayrı gösterimi



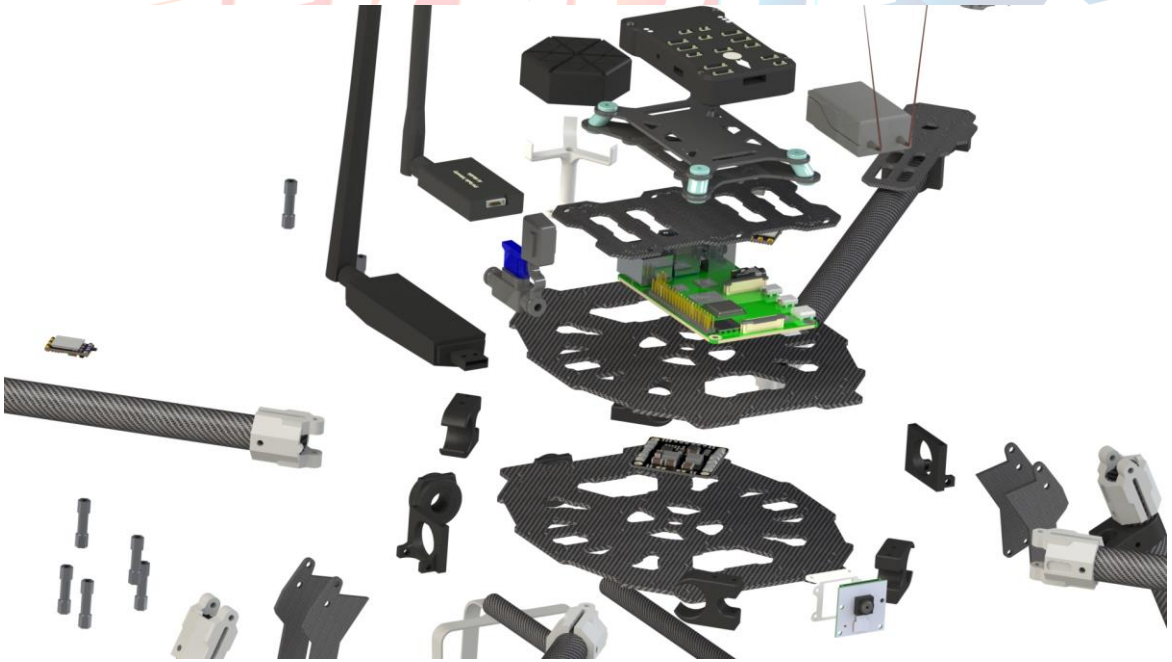
Şekil 9 – Gövde birleşim noktaları gösterimi

## 7.2. Mekanik Entegrasyon

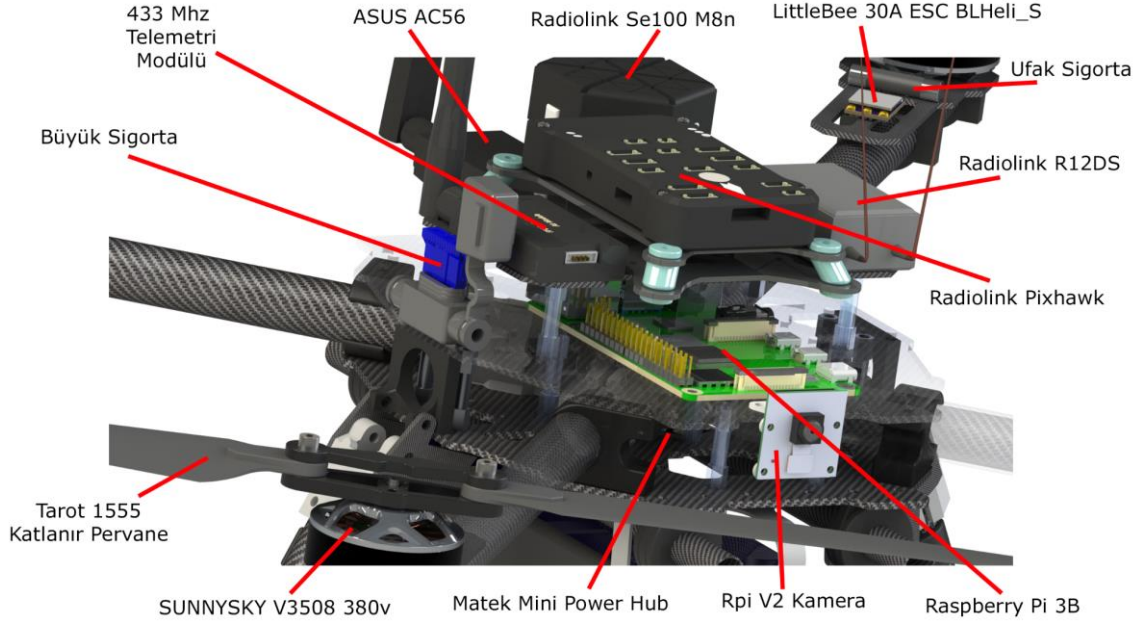
Gövde kısmının kurulmasının ardından elektronik malzemeler yerleştirilecektir. Bundan dolayı gövde üzerinde yaptığımız modifikasyonlar elektronik malzemelerin özellikle orta kısımda birbiriyle uyumlu ve uçuş sırasında yerinden hareket etmesini önleyen bir şekilde yerleştirilmesini sağlayacaktır. Şekillerde elektronik aksamın nasıl yerleştirileceği net bir şekilde gösterilmektedir.



Şekil 10 – Tüm parçaların ayrı gösterimi



Şekil 11 – İHA gövdesi montajının gösterimi



Şekil 12 – Elektronik parçaların İHA üzerinde gösterimi

### 7.3. Elektronik Entegrasyon

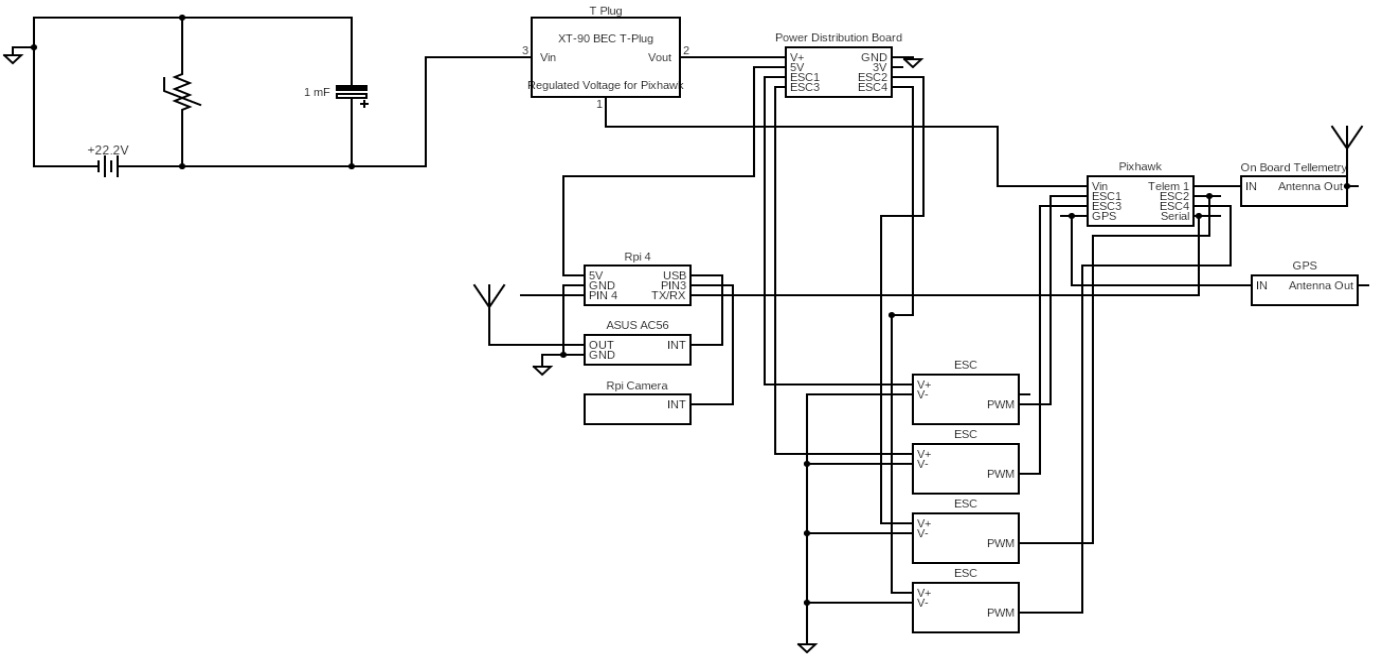


Diagram 2 – Elektronik Entegrasyon Şeması

Elektronik modüller görseldeki gibi bağlanacaktır. Görsele ek olarak, yüksek akım ve voltaj koruyucu devreden sonra hava aracına giden tüm elektriği kesen şalter ve sigorta konumlandırılacaktır.

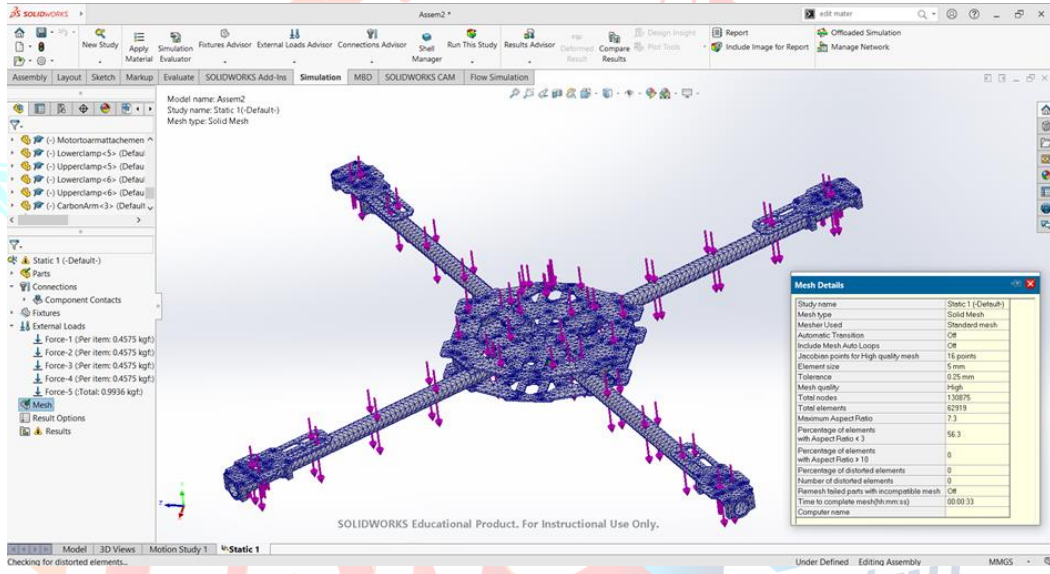


## 8. TEST VE SİMÜLASYON

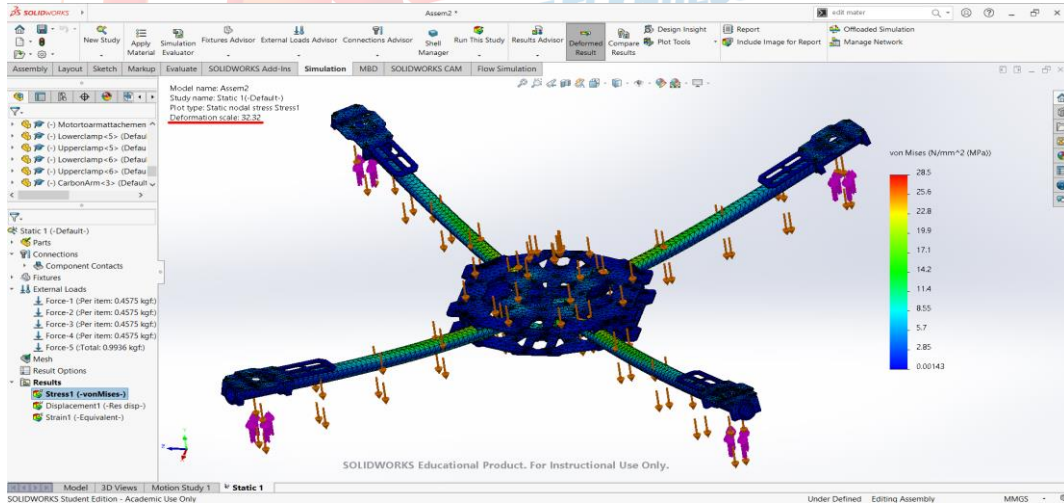
### 8.1. Alt Sistem Testleri

#### 8.1.1. Solidworks Stres Testleri

İHA üzerinde kullanılan elemanların gövde ile beraber çalışması durumunda oluşabilecek kırılma ve esneme gibi problemlerin tespiti için; Solidworks 2020 programında gövde üzerine mesh en-boy oranı 8'in üstüne çıkmayacak şekilde 5mm temel, 0.25mm tolerans değerine sahip yüksek kalitede mesh ile statik analiz testi yapılmıştır. Bu test sırasında elde edilebilecek maksimum motor itme kuvveti her bir uçtan uygulanmış ve tersi yönde havanın uygulayacağı ortalama direnç kuvveti ( $S=0,04142 \text{ m}^2$   $K=0,24$   $V=10 \text{ m/s}$  baz alınmıştır) girdilere eklenmiştir. Sonuç olarak elde edilen maksimum gerilme kuvveti değerinin gövdenin yapısında bulunan 3K karbon fiberin akma mukavemeti değerinin altında kaldığı ve seçilen elemanlar ile sorunsuz çalışacağı tespit edilmiştir.



Şekil 13 – SolidWorks Stres testleri 1



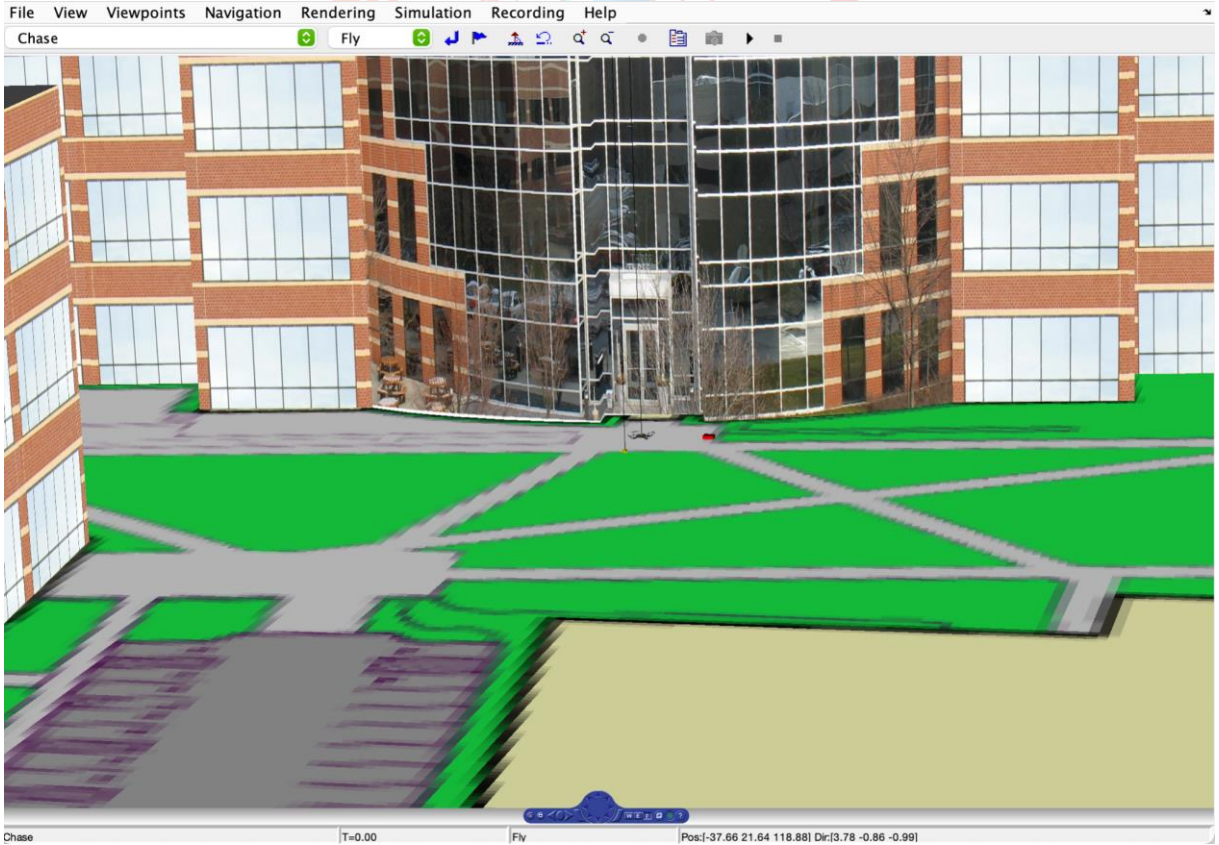
Şekil 14 - SolidWorks Stres testleri 2

### 8.1.2. Matlab ve Simulink Testleri

Hava aracının beklenen performansı göstermesi için 2 aşamalı uçuş testi yapılacaktır. İlk adımda sahada test yapılacak, Mission Planner sistemine girilen rota ile hava aracı 10 dakika otonom uçuş yapacaktır. İkinci adımda, Mission Planner üzerinden alınan MAVLink uçuş kayıtları Matlab'e girilecek ve uçuş rotası, gps, batarya ve barometre gibi araçların kayıtları incelenecektir.

### 8.1.3. Görüntü işleme ve Takip Testleri

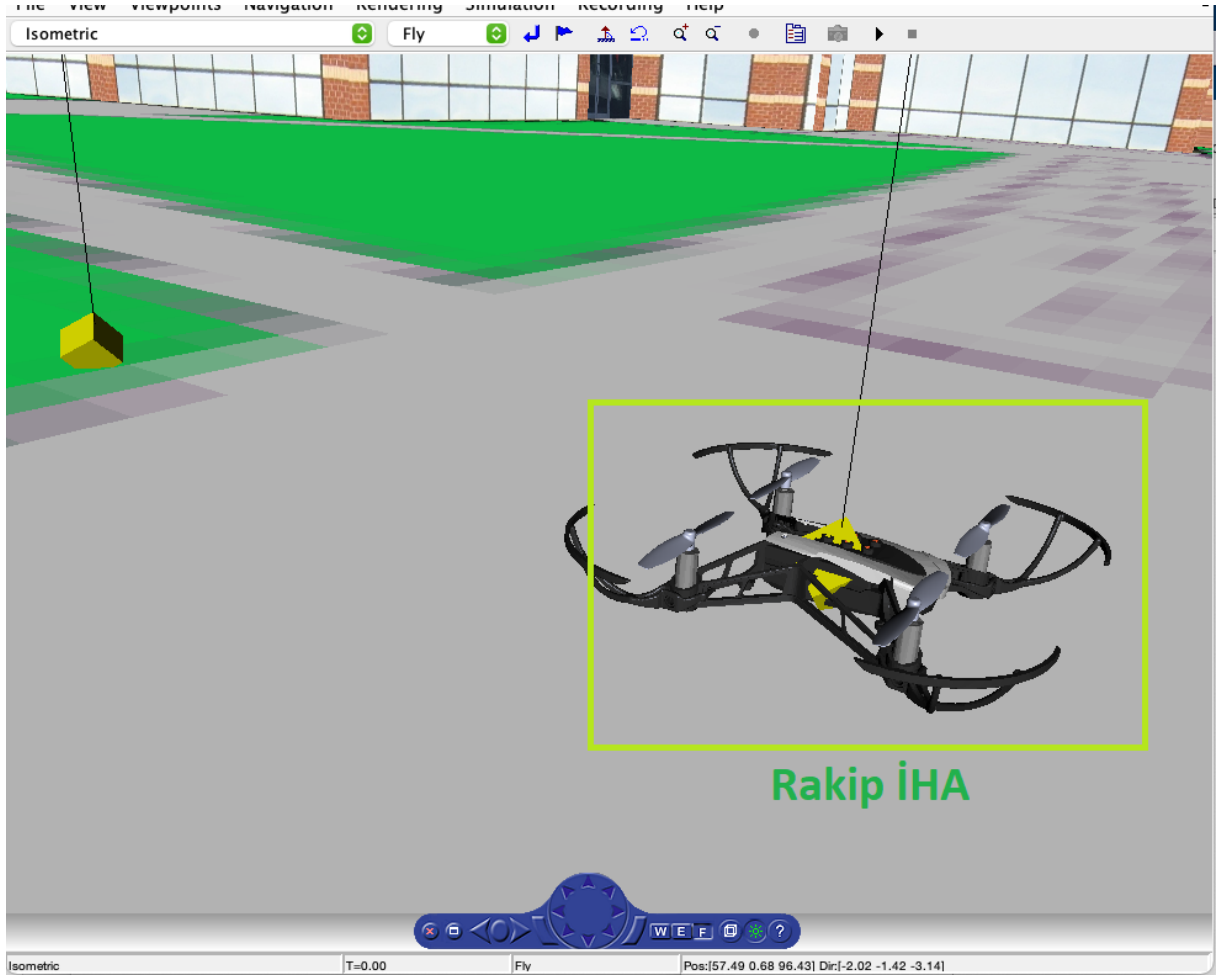
İHA görüntü işleme ve takibinin simülasyon ortamında yapılabilmesi için ve Hava araçları için hazır simülasyon kütüphaneleri bulundurması sebebiyle Simulink tercih edilmiştir. Simülasyon ortamına birden fazla hava aracı eklenecektir. Bu hava araçlarına rastgele rotalar verilecektir. Aerospace Blockset'in içerisindeki simülasyon aracı sayesinde rota planlaması ve kamera görüntüsü alınabilmektedir. Bu araç kullanılarak alınan görüntü verisi, Tensorflow modelimiz ile işlenecektir. Bununla beraber rakip hava araçlarının 'zayıflık' değerleri çıkartılacak, zayıflık hesaplama algoritması geliştirilecektir.



Şekil 15 – Simulink Test Görseli

Görüntü işleme için hareket halinde, belirli bir rota izleyen hava aracı görüntüsü

# SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2021



Şekil 16 - Simulink Görüntü işleme ekran görüntüsü



Şekil 17 -Rota hazırlama aracı arayüzü

(Quadcopter Project - MATLAB & Simulink, n.d.)



(Visualize Custom Flight Log - MATLAB & Simulink, n.d.)

(Downloading and Analyzing Data Logs in Mission Planner — Copter documentation, n.d.)

## Dronekit-SITL

Drone'un güzergah ve strateji testlerinin yapılabilmesi için Dronekit Software in the Loop simülasyon ortamı tercih edilecektir. Buradaki uçuştan alınan MAVLink log'ları Simulink'te incelenecek ve gerekli düzenlemeler hava aracı fiziksel zarar görmeden yapılacaktır.

### 8.1.5 Uçuş Kontrol Modülü Testleri

Testleri gerçekleştirebilmek amacıyla Pixhawk uçuş kontrol kartı, GPS modülü ve telemetri modülleri geçici olarak temin edilmiştir.



Şekil 18 – Pixhawk ve GPS test görseli

Yapılan testler sonucunda Uçuş kontrol ünitesinin jiroskop modülünde ve GPS'te kayda değer herhangi bir sapma tespit edilememiştir. Yazılımsal uyumluluk testleri sonunda uçuş kontrol ünitesinin sistemimizin geri kalanı herhangi bir yazılımsal uyumsuzluğu yoktur.

### 8.2. Uçuş Testi ve Uçuş Kontrol Listesi

Henüz parçalar temin edilemediğinden dolayı uçuş testleri yapılamamıştır.

#### Uçuş Kontrol Listesi

1. Görsel olarak tüm sistem kontrol edilir.
2. Bataryanın yeterli güçte olduğu ve güvenli olduğu kontrol edilir
3. Uçuş alanı güvenliği ve hava durumu kontrol edilir.
4. Haberleşme sistemi bağlantıları kontrol edilir.



5. Kablo bağlantıları ve sigorta kontrol edilir.
6. Kumanda ve bağlantıları kontrol edilir. Gazın sıfırda olduğundan emin olunur.
7. Pervanelerin serbest dönüşü kontrol edilir.
8. LED'ler ve bildirim zilleri kontrol edilir.
9. Kamera kontrol edilir.
10. Mission planner üzerinden kumandanın tüm eksenlerde doğru verileri ilettiği kontrol edilir. Gerekliyse tekrar kalibrasyon yapılır.
11. Hava aracının pervanelerinin yanında cisim veya insan olmadığından emin olunur.

## 9. GÜVENLİK

- 1) İHA'nın tüm bileşenleri civatalar ve somunlar civata sabitleyiciler ile sıkılmış ve sarsılmayacak şekilde İHA'nın uygun kısımlarına yerleştirilmiştir.
- 2) ESC'lerin tek modül yerine her bir motor için ayrı modüller olarak tercih edilmesi ve kanat bölümlerinde hava akımı alacak şekilde konumlandırılması aşırı ısınmayı engeller.
- 3) Yarışma şartnamesinde belirtilen güvenlik ihtiyaçları göz önüne alınarak cihazın gövdesinin üzerine (kolayca ulaşılabilir bir bölgesine) ana güç kesme anahtarı monte edilecektir.
- 4) Motorlarımız, ESC'lerimiz ve lipo-pillerimiz birbirleriyle akım voltaj vb. bakımdan uyumlu olacak şekilde seçilmiştir.
- 5) Yedek piller dış şartlardan (sıcaklık, fiziksel zarar vb.) korunması için özel lipo pil çantalarında saklanacaktır.
- 6) Kontrolcünün telemetri veya RC kumanda ile bağlantısını kaybetmesi halinde İHA fail-safe uçuş moduna otomatik olarak geçecektir. Bu modda İHA bataryası kritik seviyeye gelene kadar havada aynı konumda kalacak ve yeniden bağlanmayı bekleyecektir. Batarya seviyesi kritik seviyenin altına düştüğünde İHA kalkış konumuna dönüş yapacaktır.
- 7) Elektronik sistemlerin ve bataryanın güvenliğini sağlamak için devre koruyucu olarak PTC termistör ve 50V voltaj rating'i olan 2 adet 1000uF kapasitör kullanılacaktır. Kapasitörler direkt olarak Matek Mini Power Hub'a lehimlenecektir. Ek olarak, ESC'lerin zarar görmesini engellemek için her ESC için 1 adet olmak üzere toplam 4 adet 30A seramik sigorta kullanılacaktır. Kullanılacak sigortalar 300V gerilimde çalışabilmektedir.

## 10. REFERANSLAR

Alexey. (2020, August 21). *AlexeyAB/darknet*. GitHub. <https://github.com/AlexeyAB/darknet>

*Biquad Antenna Construction*. (n.d.). Martybugs.net. Retrieved June 23, 2021, from <https://martybugs.net/wireless/biquad/>

Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., & Liao, H.-Y. (2020). *YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection*. <https://arxiv.org/pdf/2004.10934v1.pdf>

Coluccia, A., Ghenescu, M., Piatrik, T., De Cubber, G., Schumann, A., Sommer, L., Klatte, J., Schuchert, T., Beyerer, J., Fraunhofer, Farhadi, M., Arkainvent, R., St, J., Aker, C., Kalkan, S., Saqib, M., Sharma, N., Makkah, K., & Blumenstein, M. (2017). *Drone-vs-bird detection challenge at IEEE AVSS2017*. <https://open.metu.edu.tr/bitstream/handle/11511/36297/index.pdf>

*Downloading and Analyzing Data Logs in Mission Planner — Copter documentation*. (n.d.). Ardupilot.org. Retrieved June 23, 2021, from <https://ardupilot.org/copter/docs/common-downloading-and-analyzing-data-logs-in-mission-planner.html>

*Flight Instrument Gauge Visualization for a Drone - MATLAB & Simulink*. (n.d.). Www.mathworks.com. Retrieved June 23, 2021, from <https://www.mathworks.com/help/uav/ug/flight-instrument-gauge-visualization-for-a-drone.html>

Günther, S., Leclaire, M., Michaelis, J., & Carle, G. (2014). *Analysis of Injection Capabilities and Media Access of IEEE 802.11 Hardware in Monitor Mode*. <https://www.net.in.tum.de/fileadmin/bibtex/publications/papers/NOMS-2013-GuLeMiCa-80211InjectionMAC.final.pdf>

Henriques, J., Caseiro, R., Martins, P., & Batista, J. (2015). *IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE 1 High-Speed Tracking with Kernelized Correlation Filters*. [https://www.robots.ox.ac.uk/~joao/publications/henriques\\_tpami2015.pdf](https://www.robots.ox.ac.uk/~joao/publications/henriques_tpami2015.pdf)

Mera, B. B. (2019, February 3). *Brais Bosquet Mera / USC-GRAD-STDdb*. GitLab. <https://gitlab.citius.usc.es/brais.bosquet/USC-GRAD-STDdb>

*OpenCV: cv::TrackerKCF Class Reference.* (n.d.). Docs.opencv.org. Retrieved June 23, 2021, from [https://docs.opencv.org/3.4/d2/dff/classcv\\_1\\_1TrackerKCF.html](https://docs.opencv.org/3.4/d2/dff/classcv_1_1TrackerKCF.html)

*OpenHD/Open.HD.* (2021, June 23). GitHub. <https://github.com/OpenHD/Open.HD>

*Quadcopter Project - MATLAB & Simulink.* (n.d.). Www.mathworks.com. Retrieved June 23, 2021, from [https://www.mathworks.com/help/aeroblks/quadcopter-project.html?s\\_tid=srchtitle](https://www.mathworks.com/help/aeroblks/quadcopter-project.html?s_tid=srchtitle)

Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (n.d.). *You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection.* <https://arxiv.org/pdf/1506.02640v1.pdf>

Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). *YOLOv3: An Incremental Improvement.* <https://arxiv.org/pdf/1804.02767.pdf>

*SafeShore.* (n.d.). Safeshore. Retrieved June 23, 2021, from <http://safeshore.eu/>

Stein, E., Liu, S., & Sun, J. (2019). *Real-Time Object Detection on an Edge Device (Final Report).* [https://cs230.stanford.edu/projects\\_fall\\_2019/reports/26261995.pdf](https://cs230.stanford.edu/projects_fall_2019/reports/26261995.pdf)

“Sunnysky V3508 380KV 580KV Brushless Motor for Quadcopters Multi Rotors.” *Www.hobby-Wing.com*, [www.hobby-wing.com/sunnysky-v3508-380kv-brushless-motor-for-quadcopters-multi-rotors.html](http://www.hobby-wing.com/sunnysky-v3508-380kv-brushless-motor-for-quadcopters-multi-rotors.html). Accessed 23 June 2021.

Svanström, F. (2020). *MASTER THESIS Drone Detection and Classification using Machine Learning and Sensor Fusion.* <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1434532/FULLTEXT02.pdf#page100>

*Visualize Custom Flight Log - MATLAB & Simulink.* (n.d.). Www.mathworks.com. <https://www.mathworks.com/help/uav/ug/visualize-custom-flight-log.html>

Zeng, Y., Duan, Q., Chen, X., Peng, D., Mao, Y., & Yang, K. (2021). UAVData: A dataset for unmanned aerial vehicle detection. *Soft Computing*, 25(7), 5385–5393. <https://doi.org/10.1007/s00500-020-05537-9>