

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

TAKIM ADI: GÖK-TEK SİHA

YAZARLAR: Yusuf Karademir, Mustafa Aksoy, Ayberk Başaran, Kayrahan Kara, Rıza Can Kaynak, Mustafa Güler, Enes Kaya , İsmail Dündar, Toprak Hakkı Gülcü



-  @ GOKTEKHAVACILIK
-  @ GOKTEKUAVTEAM
-  @ GÖK-TEK HAVACILIK



İÇİNDEKİLER

1.	TEMEL SİSTEM ÖZETİ (5 PUAN)	3
1.1.	Sistem Tanımı	3
1.2.	Sistem Nihai Performans Özellikleri	3
2.	ORGANİZASYON ÖZETİ (5 PUAN)	3
2.1.	Takım Organizasyonu	3
2.2.	Zaman Akış Çizelgesi ve Bütçe	3
3.	DETAYLI TASARIM ÖZETİ (15 PUAN)	3
3.1.	Nihai Sistem Mimarisi	3
3.2.	Alt Sistemler Özeti	3
3.3.	Hava Aracı Performans Özeti	3
3.4.	Hava Aracının Üç Boyutlu Tasarımı	3
3.5.	Hava Aracı Ağırlık Dağılımı	4
4.	OTONOM KİLİTLENME (15 PUAN)	4
5.	YER İSTASYONU VE HABERLEŞME (15 PUAN)	4
6.	KULLANICI ARAYÜZÜ TASARIMI (10 PUAN)	4
7.	HAVA ARACI ENTEGRASYONU (10 PUAN)	4
7.1.	Yapısal Entegrasyon	4
7.2.	Mekanik Entegrasyon	4
7.3.	Elektronik Entegrasyon	4
8.	TEST VE SİMÜLASYON (15 PUAN)	4
8.1.	Alt Sistem Testleri	4
8.2.	Uçuş Testi ve Uçuş Kontrol Listesi	4
9.	GÜVENLİK (5 PUAN)	5
10.	REFERANSLAR	5

1. TEMEL SİSTEM ÖZETİ (5 PUAN)

1.1. Sistem Tanımı

2022 TEKNOFEST Savaşan İHA görev isterleri; aerodinamik yapı özelliği yüksek, yapay zeka ile desteklenmiş otonom uçuş ve kitlenmeye sahip sırasıyla kalkış, uçuş, hedef tespiti, takip, kilitlenme, kaçış ve iniş görevlerini otonom olarak gerçekleştirebilen ve gerekli verilerin uygun formatta yer istasyonuna ve ana sunucuya iletebilen bir hava aracı tasarlamaktır.

GÖK-TEK Proje ekibi tarafından geliştirilen Göktuğrul-2 Savaşan İHA için bu gereklilikler göz önünde bulundurularak, havada kalma süresi ve faydalı yük kapasitesi gibi avantajları nedeniyle X-UAV TALON 1718mm model uçak gövdesi seçilmiştir. Sistem, otonom şekilde kalkış, iniş ve uçuş görevlerini İHA üzerinde bulunan uçuş kontrol kartı ve yapay zeka kartı sayesinde yerine getirecektir.

GÖK-TEK takımı tarafından tasarlanan sistem, ana sunucudan gelen konum verilerini kullanarak yer istasyonundan en yakın rakip İHA'nın konum verisini, haberleşme sistemi vasıtasıyla İHA'ya iletecektir. Yazılım ekibimiz tarafından geliştirilen "Algılama Yoluyla Takip Algoritması" ile sunucudan gelen telemetri verilerini kullanarak Göktuğrul-2 ve rakip İHA'lar arasındaki mesafe ölçümü tahmini yapılacak ve iletilen konum verisi doğrultusunda üzerinde bulunan "Yönelim Algoritması" ile yönelimini otonom olarak gerçekleştirecektir. Yönelim sırasında kilitlenme kamerası görüş alanına giren rakip İHA, hava aracı üzerinde bulunan yapay zekâ kartı ile GHT (Geliştirilen Hibrit Takipçi) algoritması kullanılarak tespit edilecek ve kilitlenme dörtgeni içerisinde alınacaktır. Tespit edilen rakip İHA yapay zekâ kartı üzerinde çalışan GHT ile takip edilecek ve rakip İHA hedef vuruş alanında tutularak kilitlenme işlemi gerçekleştirilecektir. Yarışma Sunucusundan gelen İHA konum bilgilerine istinaden İHA'nın takip edildiği tespitinde "Kaçış Algoritması" icra edilerek kaçış manevrasına geçilecektir. İHA üzerinde bulunan sensör, donanım ve algoritmalar sayesinde yer istasyonuna gerekli olan tüm telemetri verileri anlık olarak gönderilecektir.

Yer kontrol istasyonu, hava aracına dair bilgileri gösterecek, hava aracına uzaktan müdahaleyi sağlayacak ve yarışma sunucusu tarafından istenilen bilgileri yarışma sunucusuna iletecek olan bileşendir. Bu sistem içinde bulunan yer anteni, hava aracının Wi-Fi modülü ile gönderdiği kamera görüntüsünü alacaktır. Yine bu sistem içerisinde bulunan kumanda gerekli durumlarda hava aracı sisteminin bir pilot tarafından manuel kumanda edilmesini sağlayacaktır. Telemetri'nin yer modülü ise İHA'nın konum, hız, irtifa, doğrultu gibi bilgilerini alıp aynı zamanda yer kontrol istasyonundan verilen komutları ve rakip İHA'ların durumlarına ait bilgileri hava aracı sistemine iletecektir. Yer istasyonuna gelen verilerin, istasyon üzerinde bulunan haberleşme yazılımı sayesinde istenilen formatta ana sunucuya aktarılması sağlanacaktır.

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

Bileşen	Tanım ve Görevi
Hava Aracı Kontrol Sistemleri	Otonom kalkış, uçuş, kilitlenme ve iniş görevlerini, içerisinde bulunan yapay zekâ ve kontrol sistemleri ile gerçekleştirecek, İHA'nın manuel ve otonom komutları gerçekleştirmesini sağlayan, uçuş kontrol kartı, görev bilgisayarı, alıcı, servo motorları, GPS(Global Position System) ve bağlantılarından oluşan birimdir.
İtki Sistemleri	İHA'nın görevleri yerine getirmesi için gerekli itkiyi ve tüm sistem bileşenlerinin gücünü sağlayan, batarya, güç modülü, ESC(Electronic Speed Controller), motor ve pervane bileşenlerinden oluşan birimdir.
Yapay Zekâ Sistemleri	İHA'nın, otonom hedef tespiti ve kilitlenme görevlerini yerine getirmesi için gerekli algoritmaların çalıştırıldığı, yapay zekâ bilgisayardan oluşan sistemdir.
Görüntü Sistemleri	İHA'nın yapay zekâ sistemleri ve otonom görevleri yerine getirebilmesi için hedef tespiti, kilitlenme vb. algoritmalarının içrasında gerekli olan FPV(First Person View) görüntü üreten CSI kamerası birimlerinden oluşan ve gerekli görüntü verilerini sağlayan sistemdir.
Haberleşme Sistemleri	İHA, yer istasyonu ve ana sunucu arasındaki veri ve görüntü aktarımını sağlayan ve Telemetri, Wi-Fi, FPV modülleri, haberleşme antenleri, alıcı-vericilerden oluşan birimdir.
Yer Kontrol İstasyonu	İHA'nın uçuş öncesi, uçuş sırasında ve sonrasında durumunu, parametrelerini ve tüm verilerin haberleşme sistemleri ile aktaracağı, görüntüleneceği ve otonom veya manuel kontrol edileceği birimdir.

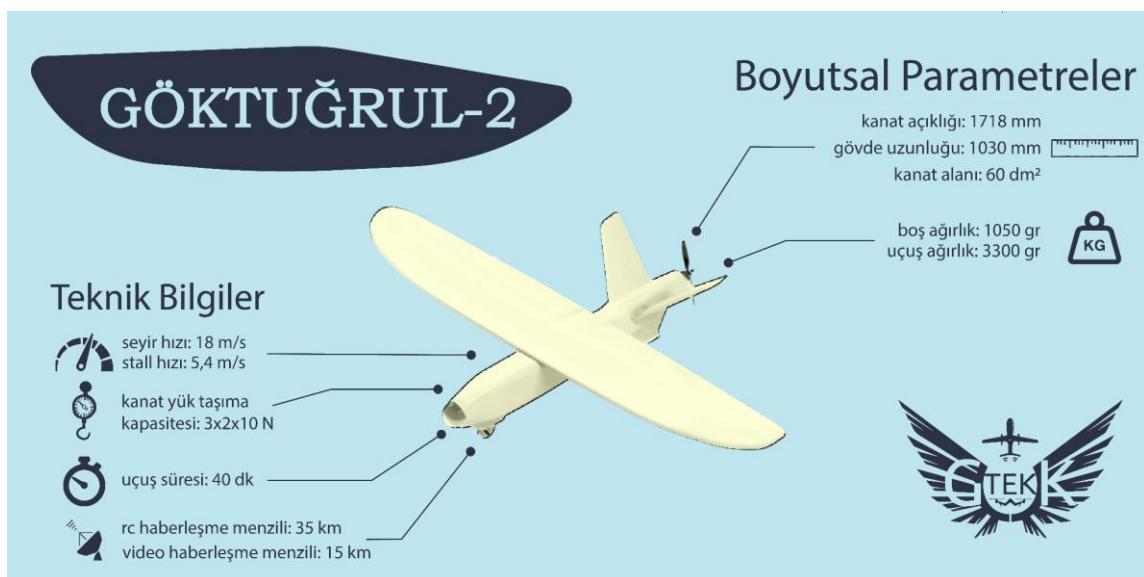
Şekil-1 :Alt Sistem Tanımları Ve Görevleri

1.2. Sistem Nihai Performans Özellikleri

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

ÖZELLİK	DEĞERİ	ÖZELLİK	DEĞERİ
Uçuş Süresi	60 dk.	Batarya Kapasitesi	10000 mAh
Seyir Hızı	60 km/saat	Kamera Çözünürlüğü	8 MP
Maksimum Kalkış Ağırlığı	4.5 kg	Görüntü İşleme Hızı	45 FPS
Kanat Açıklığı	1718 mm	Tırmanma Hızı	2 m/s
Maksimum İrtifa	6000 mt	Motor Özellikleri	1050 kV 963 W
Menzil	10 km+	ESC Özellikleri	2S-6S 80A
Kanat Yüzey Alanı	54.5 dm ²	Pervane Ölçüleri	11x5.5
Tutunma Hızı	35 km/h	İtki Kuvveti	45 N
Rüzgar Toleransı	15 m/s	Çalışma Sıcaklığı	-10 / 70°C

Şekil-2 :Sistem Nihai Performans Özellikleri



GökTuğrul-2, 10.000mAh batarya ve T-motor AT-2820 arkadan itişli tek motoru ile yaklaşık 6000 metre irtifaya kadar çıkabilecek ve yaklaşık 60 dakika uçuş süresine ulaşabilecektir. 3280X2464 px çözünürlüğe sahip 8mp görüntü işleme kamerası ile rakip İHA'ların ve yer hedeflerinin tespitinde başarılı sonuçlar verecektir.

2. ORGANİZASYON ÖZETİ (5 PUAN)

2.1. Takım Organizasyonu

Bu bölümde, takımın organizasyon şeması ve birimlerin görevlerinden kısaca bahsedilir.

Mekanik, Elektronik ve Yazılım ekipleri, iş bölümlerine göre kendi içinde alt gruplara ayrılmıştır;

Proje Koordinatörü: Takım kaptanıdır. Proje kapsamının, takviminin ve bütçesinin planlanmasını oluşturmaktan, bu planların belirlenen projeksiyonda başarıyla ilerlediğini kontrol etmekten, proje yönetim süreçlerini iyileştirmekten ve birimler arası koordinasyondan sorumludur. Aynı zamanda takım pilotudur.

Görüntü İşleme ve Yapay Zeka Birimi: Yapay sinir ağları ile nesne tespiti ve takibi yapan algoritma mimarileri oluşturmak, bu ağları eğitmek için gerekli olan verileri toplamak, çoğaltmak, görüntü işleme kullanarak tespit edilmiş nesnelerin görelî konumsal vektörlerini çıkarmak gibi görevlerini gerçekleştirir.

Elektronik Entegrasyon Birimi: Yarışma isterleri çerçevesinde platform için gerekli aviyoniklerin tespiti ve tercihi, alt sistemlerin entegrasyonu, güç dağıtımının tasarımını ve elektriksel güvenliğin sağlanmasından sorumlu olan birimdir.

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

Mekanik Entegrasyon Birimi: Üretim prosedürlerinin oluşturulması, düşük maliyetli test platformlarının tasarımları, analizi, itki sistemleri ve yarışmada tercih edilecek platformun tercihinden sorumlu olan birimdir.

Haberleşme Birimi: İHA'nın kendi içinde bulunan alt sistemlerin haberleşmesi, İHA sisteminin Yer Kontrol İstasyonu ile olan haberleşmesi ve Yer Kontrol İstasyonu ile yarışma sunucusu arası haberleşme gerekliliklerinin tespitini yapar. Bu gereklilikler çerçevesinde kullanılması gereken donanımsal birimleri, yöntemleri tercih eder ve bunların entegrasyonu için yazılımlar geliştirir.

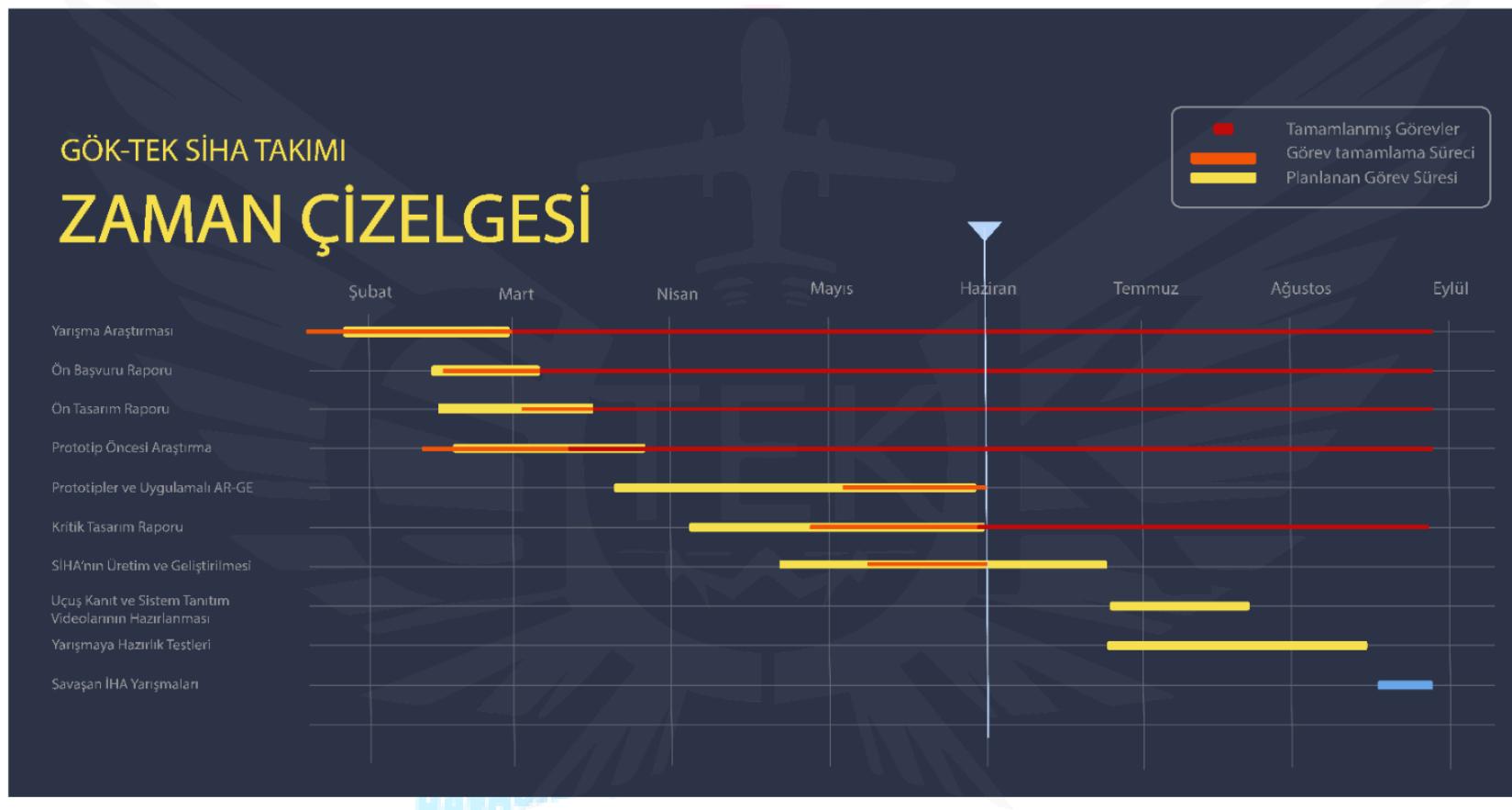
Yer Kontrol İstasyonu Birimi: Yarışma esnasında yer ekibine operasyonel rahatlığı sağlamak adına, hali hazırda açık kaynaklı yer kontrol istasyonlarında arzu edildiği şekilde bulunmayan özellikleri içeren kullanıcı arayüzü paketlerini geliştirme görevini üstlenir.

Dijital Medya ve Halkla İlişkiler Birimi: Sosyal medya yönetimi, içerik üretme ve geliştirme, organik takip sağlama, sosyal medyada takımın tanıtımını yapma, reklam ve sponsorluk çalışmalarını yönetme, sosyal medya için takım PR(Halkla ilişkiler) çalışmalarını yürütür.



Şekil-4 :Takım Organizasyon Şeması

2.2. Zaman Akış Çizelgesi ve Bütçe



Şekil-5 : Zaman Akış Çizelgesi

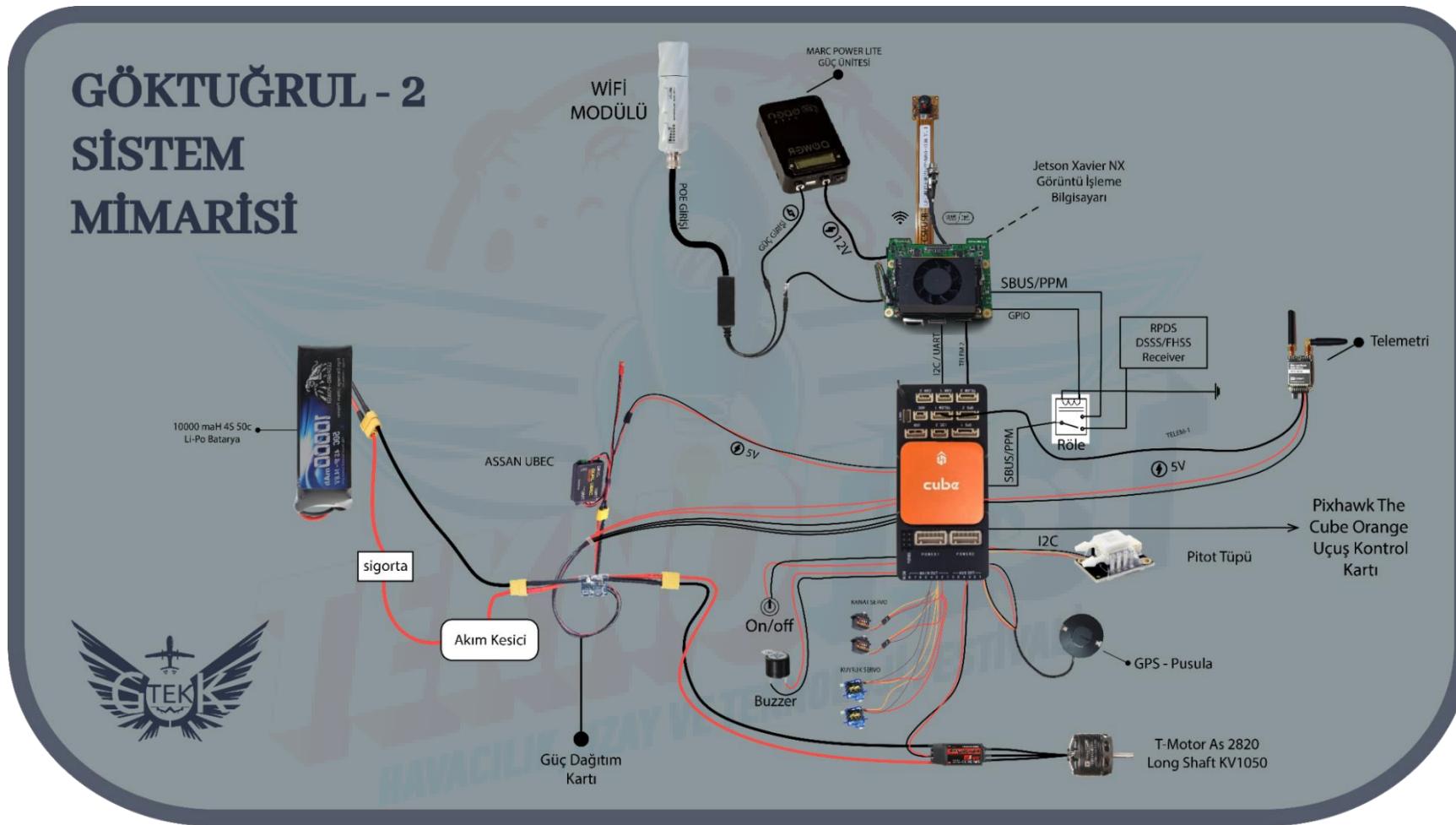
SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

DONANIM TÜRÜ	ÖTR'DEKİ DONANIM ADI	KULLANILAN DONANIM ADI	ADET	MALİYET
Görüntü İşleme Bilgisayarı	NVIDIA Jetson Nano Developer Kit	NVIDIA®Jetson Xavier NX Hazır Yapay Zeka Kiti	1	15.781,03
Otonom Uçuş Bilgisayarı Set Halinde	Pixhawk 2.4.8	Pixhawk The Cube OrangeStandard Set Otopilot Sistemi	1	10.099,00
Hazır Gövde	X-UAV Talon	X-UAV Talon	1	2.532,00
Video Aktarım	TS 832 RC 832	RBGrooveGA-52HPacn Mikrotik RB921GS-5HPacD-15S	—	—
Pitot Tüp-Airspeed Sensörü	PT60 Dijital - APM Pixhawk Pitot Tüpü	HOLYBRO Dijital Airspeed Sensör MS4525DO	1	999,99
Radyo Haberleşme	Kumanda Alıcısı	Ezuhf RX	1	423,21
Telemetri	—	Pixhawk BUNDLE RFD868x Uzun Menzilli Radyo Telemetri Seti	1	6.499,00
FPV Kamera	HD 1000TVL 2.8mm Geniş Açılı FPV Kamera	—	1	—
Kamera	—	Raspberry Pi Kamera Kamera Modülü V2	1	660,00
Fırçasız DC Motor	SunnySKY KV 920 4S Fırçasız Motor	T-Motor As 2820 Long Shaft KV1050	1	880,00
Li-Po Batarya	Leopard 4s 10000mah 25C Lipo Batarya 14.8V	Leopard 4S 10000mAh 50C Lipo Batarya 14.8V	1	2.500,00
ESC Fırçasız Motor Sürücü Hız Kontrol	ZTW Beatles 70A ESC 2-6S	SkyWalker ESC 80A Fırçasız Motor Hız Kontrol Sürücüsü	1	674,50
Kuyruk Servosu	SG90 RC Mini (9gr) Servo Motor	9gr 360 D. Sonsuz Dönüş Servo	3	278,58
Kanat Servosu	EMAX ES3003 17gr Mini Servo	Emax Es08ma II 12g Mini Metal Dışlı Servo	2	220,40
Pervane	APC Tip 12X6 Elektrik Pervane 1260	Kompozit Pervane Prop Cw X1 12X6	1	118,88
Kumanda	Radiolink AT9S PRO Kumanda	FrSky Taranis X9D Plus Kumanda - Silver	1	4.287,06
Güç Modülü	APM Pixhawk Power BEC Modülü 30V 90A	APM Pixhawk Power BEC Modülü 30V 90A	1	378,37
Dönüştürücü	Molix HDMI To AV RCA Dönüştürücü Adaptör	Molix HDMI To AV RCA1080P Destekli Çevirici Dönüştürücü Adaptör	1	103,22
Görüntü Sistemleri	Ardupilot Mini Osd	Ardupilot Mini Osd	1	391,00
Şarj Adaptörü	IMAX B6AC Dahili Adaptörlü LiXX, NiXX, Pb Şarj Aleti (80 W)	IMAX B6AC Dahili Adaptörlü LiXX, NiXX, Pb Şarj Aleti (80 W)	1	722,77
Üretim İçin Gerekliler	Havya,Yapıtırıcı,Dremel, kablolama için...	Havya,Yapıtırıcı,Dremel, kablolama için...	—	1.700
TOPLAM MALİYET		49.248		

Şekil-6 : Bütçe Tablosu

3. DETAYLI TASARIM ÖZETİ (15 PUAN)

3.1. Nihai Sistem Mimarisi



Şekil-7 : Göktuğrul-2'nin Nihaleşmiş Sistem Mimarisi

Sistem Güç Mimarisi: Sistemde servo iletişim modülleri ve diğer 5V ihtiyacı duyan komponentler için Matek Mini Pdb güç dağıtım kartı, uçuş kontrol bilgisayarına güç verebilmek için Pixhawk güç modülü, Jetson Xavier NX yapay zeka kartı enerji ihtiyacı için ve yedekleme güç ünitesi olarak marc power lite güç ünitesi, akım koruması sebebiyle yerleştirilmiş 1 adet 100A sigorta araç dışından hızlı bir şekilde gücün kesilmesini veya açılmasını sağlayan akım kesici, hava aracı ana güç ünitesi sistemin ana enerji ihtiyacını karşılayan 1 adet 4S 10000 mAH 50C Leopard marka Li-Po batarya kullanılmıştır.

Uçak İtki Sistemi: Uçağın itkisi için T-motor As-2820 1050Kv, motorun istenilen performanslarda çalışmasının düzenlenmesi ve denetlenmesi için Skywalker marka 80A ESC ile bataryadan doğrudan motora güç aktarımı yapılacaktır.

Uçak Manevra Sistemi: Uçağa yön vermek için geliştirilen bu sistemde güvenilirlik ve fiyat analizleri sonucunda ruddervator Emax ES08MA II Metal Dişlili Analog Servo, aileronlarda da Emax ES3004 Metal Dişlili Analog Servo kullanılmıştır.

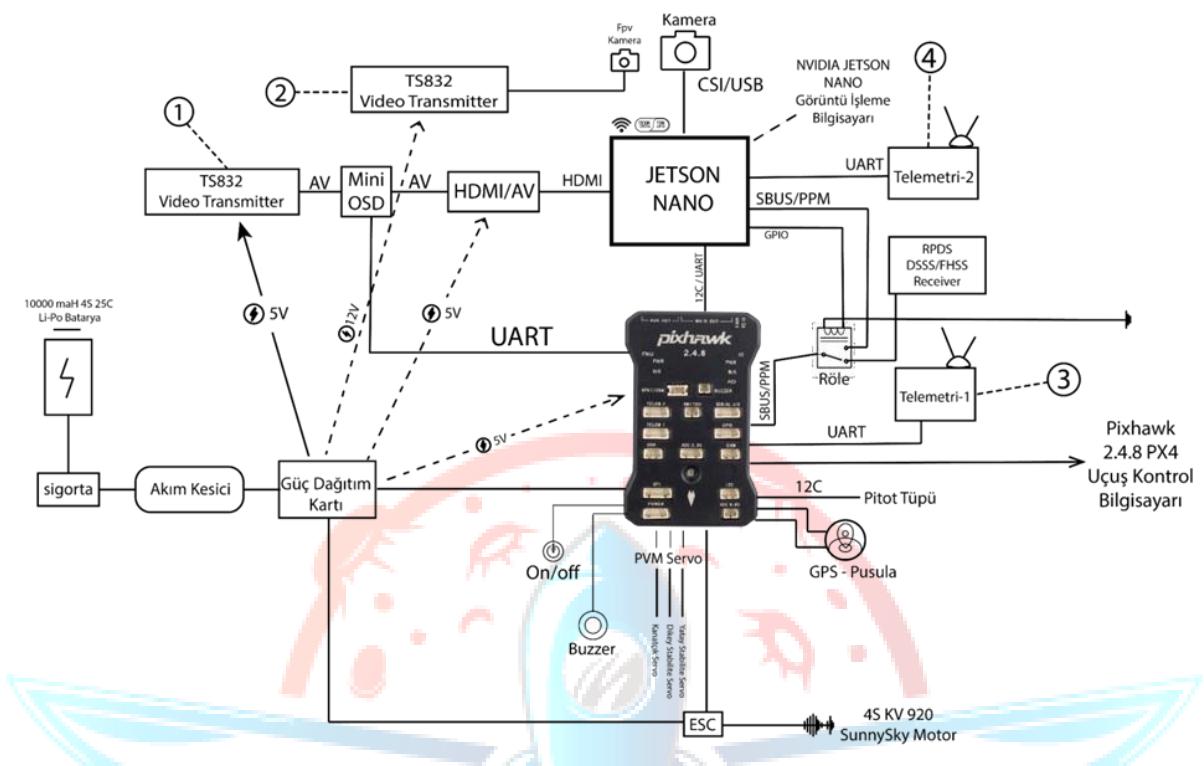
Haberleşme Sistemi: Yer istasyonu ile hava aracının arasındaki haberleşme için çift yönlü iletişim sistemine ve uzun menzile sahip olan RFD-868X 868 Mhz telemetri alıcı-verici kullanılmıştır. Otonom uçuş dışındaki manuel kontrollerin sağlanması için radyo kontrol haberleşmesi kullanılacaktır. Radyo kontrol haberleşmesinde FrSky Taranis X9D Plus Kumanda Seti kullanılmıştır. Radyo haberleşmenin menzilini artırmak için Ezuhf 433 MHz radio transmitter ve Ezuhf 433MHz diversity receiver modülleri kullanılacaktır.

Görüntü Aktarım Sistemi: Uçağın önündeki konumlandırılmış Jetson Xavier NX yapay zeka kartına bağlı CSI kameradan alınan görüntü verisi ve sunucunun istediği uçuş verileri yapay zeka bilgisayarı tarafından birleştirilir. Bu video GrooveA 52 wifi modülü üzerinden yer istasyonundaki Mikrotik OmniTIK 5 Access point modülüne ilettilir. Yer istasyonundaki bilgisayar tarafından alınan görüntü yarışma sunucusuna ilettilir.

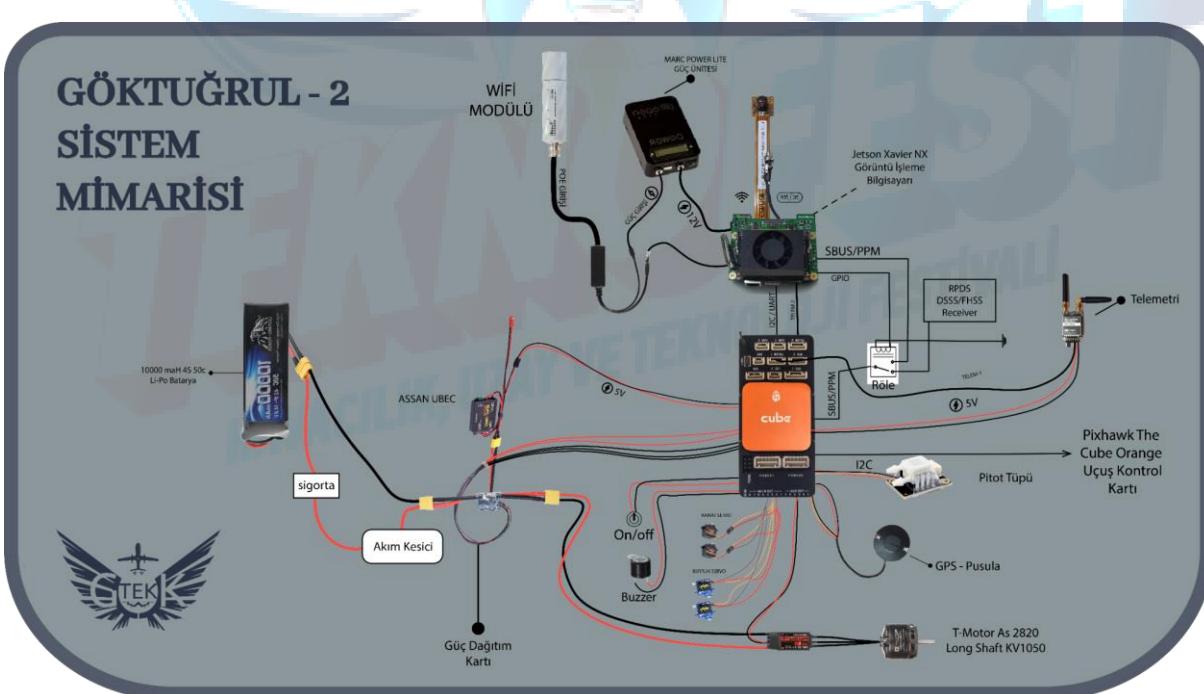
Uçuş Kontrol Sistemi: Uçağın otonom hareketlerinden sorumlu, kendi içerisinde bulundurduğu barometre, altimetre, pusula gibi sensörlerden ve harici olarak sisteme hava hızı bilgisi için eklenen hava hızı sensörü gibi sensörlerden gelen verileri okuyan ve istemcilere gerekli sinyalleri göndererek uçağı kontrol eden 1 adet Pixhawk the Orange Cube uçuş kontrol bilgisayarı; sisteme hava hızını okumak için 1 adet Pitot Tüpü, sistem durumunun dinlenmesi için 1 adet buzzer, hava aracının yer bilgisini hesaplayıp sisteme aktarmak için 1 adet Here 3 GPS bulundurmaktadır.

Kilitlenme ve Görüntü İşleme Sistemi: Görüntü işleme bilgisayarı olarak Nvidia Jetson Xavier NX modeli kullanılacaktır. Görüntünün sağlanması için de LI-IMX219-MIPI-FF-NANO-H136 model CSI kamera kullanılacaktır.

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022



Şekil-8 : Teknofest 2021 GökTuğrul-1 Sistem Mimarisi



Şekil-9 : Teknofest 2022 GökTuğrul-2 Sistem Mimarisi

Kavramsal Mimari ile Arasındaki Farklılıklar

Planlanan ve sonuçlanmış sistem mimarileri arasındaki farklar şunlardır;

- Pixhawk 2.4.8 yerine Pixhawk Orange Cube seçilmiştir. Sistem mimarisinde yapılan bu değişiklik maddi kaynaklarda yaşanan değişimler sebebiyle daha güçlü bir uçuş kontrol kartı tercih edilmiştir.
- Ön tasarım raporunda yapay zeka bilgisayarı olarak Nvidia Jetson Nano kullanılacağı belirtilmiştir. Ancak yine bütçede yaşanan bir takım değişimler dolayısıyla daha gelişmiş bir yapay zeka bilgisayarı olan Nvidia Jetson Xavier NX kullanılmaya karar verilmiştir.
- Leopard 4S 10000 mAh 25C Lipo Batarya kullanılacağı ön tasarım raporunda belirtilmiştir. C değeri yüksek bir batarya kullanmanın yüksek akım ihtiyacını karşılayabileceğinden 4S 10000 mAh 50C Lipo Batarya kullanılmasına karar verilmiştir.
- Ön tasarım raporunda belirtilen 433 MHz 3DR telemetri modülünün değiştirilip BUNDLE RFD 868X telemetri modülünün tercih edilmesinin sebebi bu modülün hem alıcı hem verici olarak kullanılarak iki farklı telemetri sisteminden bizi kurtarması ve yarışma esnasında yoğun olarak kullanılacak olan 433 MHz frekansındaki dalgalarдан etkilenmeyerek 868MHz frekansındaki dalgaya daha stabil çalışmasıdır.
- Ön tasarım raporunda bulunan Sunnysky X- 920Kv motor yerine T- Motor At-2820' nin kullanılmasının sebebi uçağın üretim sırasında yaşanan yapı eklemeleri ve güçlendirme çalışmaları sırasında yaşanan kütle artışından kaynaklıdır. Kütle arttığı için daha yüksek itki üretebilen bir motor kullanılmasına karar verilmiştir.
- Motora bağlı olarak RTW Beatles 70A 2-6S yerine Skywalker 80A ESC kullanma mecburiyetinde kalınmıştır.

3.2. Alt Sistemler Özeti

- **Yapay Zeka Bilgisayarı:**

YAPAY ZEKA BİLGİSAYARI		NVIDIA JETSON NANO		ODYSSEY TEK KART BİLGİSAYAR		NVIDIA JETSON XAVIER NX	
01	Bellek boyutu	01	4GB	01	8GB	01	8GB
02	Pin sayısı	02	40	02	40	02	40
03	Grafik İşlemci	03	128 çekirdekli Maxwell™ GPU	03	Intel® UHD Graphics 600	03	NVIDIA Volta™ GPU
04	Bellek tipi	04	LPDDR4	04	LPDDR4	04	LPDDR4x
05	Arayüz	05	Linux tabanlı	05	windows	05	Linux tabanlı
06	Bellek Hızı	06	25,6 GB/sn	06	29,2 GB/sn	06	59,7 GB/sn
07	Çekirdek sayısı	07	4	07	4	07	6
08	İşlemci	08	ARM® Cortex®-A57 CPU	08	Intel® Celeron® J4105	08	NVIDIA Carmel ARM®
09	CPU frekansı	09	1.4GHz	09	2.5GHz	09	1,9 GHz
10	Fiyat	10	4570 TL	10	5006 TL	10	15781 TL

Şekil-10 : Yapay Zeka Bilgisayarı Karşılaştırma Tablosu

Yapay zeka bilgisayarı hava aracımızın hedef tespiti ve hedef vuruşu için gerekli manevra hareketinin yapıldığı bileşendir. Yapay zeka bilgisayarı seçimi evresinde bellek boyutu, hafıza, çekirdek sayısı, piyasa stok durumu, fiyatı ve benzeri özellikler bakımından karşılaştırılmıştır. Seçeneklerimiz arasında gerek bellek hızı olarak gerekse çekirdek sayısı bakımından yapay zeka bilgisayarı NVIDIA Jetson Xavier NX olmuştur.

- **Motor:**

MOTOR		SUNNYSKY X3120		SUNNYSKY X2820		T-MOTOR AS 2820	
01	Ağırlık	01	157 gr	01	138 gr	01	144 gr
02	Motor direnci	02	20 mΩ	02	19 mΩ	02	23,2 mΩ
03	Güç	03	1050 W	03	880 W	03	763 W
04	Maksimum sürekli akım	04	70A/30S	04	60A/15s	04	67A/30s
05	Motor vücut uzunluğu	05	42 mm	05	61 mm	05	62,2 mm
06	Fiyat	06	830 TL	06	1156 TL	06	830 TL

Şekil-11 : Motor Karşılaştırma Tablosu

Hava aracımızın gövde, kanat, kuyruk ve benzeri yapıları dikkate alınarak en uygun motor ve pervane seçilmesine özen gösterilmiştir. Bunun için seçeneklerimiz arasında olan motor modelleri farklı boyutlarda pervaneler ile test edilmiştir. Yaptığımız analizler sonucu T-Motor As2820 Long Shaft KV 1050 motoru seçilmiştir.

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

• ESC:

Elektronik hız kontrolcüsü seçimi belirlediğimiz motor ve pil göz önüne alınarak yapılmıştır. Ayrıca ağırlık, boyut gibi parametrelerde ESC seçimi konusunda oldukça önemli kriterlerdir. Sonuç olarak Skywalker ESC 80A Fırçasız Motor Hız Kontrol Sürücüsü kullanılacaktır.

ESC		ZTW BEATLES 70A	ZTW BEATLES 80A	SKYWALKER 80A
01	Ağırlık	01 80 gr	01 82 gr	01 82 gr
02	Boyut	02 68mm*37mm*14mm	02 68mm*37mm*14mm	02 86mm*38mm*12mm
03	Dahili bec devresi	03 Var	03 Var	03 Var
04	Sürekli akım	04 70A	04 80A	04 80A
05	Fiyat	05 906 TL	05 1055 TL	05 677 TL

Şekil-12 : ESC Karşılaştırma Tablosu

• Batarya:

Hava aracımıza gereken güç hesaplamaları yapılmış ve bu doğrultuda yukarıdaki tabloda verilen bataryalar karşılaştırılmıştır. Leopard 4S 10000 mAh 50C Lipo Batarya kullanılmasına karar verilmiştir.

BATARYA		PROFUSE 14,8V	LEOPARD-POWER 4S 10000MAH 25C	LEOPARD-POWER 4S 10000MAH 50C
01	Voltaj	01 14,8V	01 14,8V	01 14,8V
02	Kapasite	02 10000 mAh	02 10000 mAh	02 10000 mAh
03	Ağırlık	03 1197 gr	03 833 gr	03 907 gr
04	Boyut	04 176mm*67mm*55mm	04 170mm*59mm*37mm	04 177mm*42mm*58mm
05	Pil türü	05 Li-Polimer	05 Li-Polimer	05 Li-Polimer
06	Konfigürasyon	06 4S	06 4S	06 4S
07	Sürekli deşarj akımı	07 65C(650A)	07 25C(250A)	07 50C(500A)
08	Fiyat	08 2470 TL	08 2462 TL	08 2625 TL

Şekil-13 : Batarya Karşılaştırma Tablosu

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

● Pervane:

Gök-Tuğrul 2'de kullandığımız T-motor -1050 Kv As-2820 motora göre baz alınan testlerde pervanelerin sağladığı performanslar yukarıda gösterilmiştir. Yaklaşık 3 kilogram olan uçak için uçağın kütlesine yakın itki değeri sağlayabilen bir motor ve bu değeri üretebilmesi için motora uyumlu bir pervane istenmiştir, bu durumda istenilen değerlere en uygun olan APC 11*5,5 pervane seçilmiştir.

PERVANE	
01	Sağladıgı İtki
02	Akım
03	Sağladıgı Uçuş süresi
APC 11*5,5	
01	2821 gr
02	57,33A
03	18,4 dk
APC 11*8	
01	2625 gr
02	66,71A
03	15,8 dk
APC 13*6,5	
01	2421 gr
02	50,16A
03	21,1 dk
APC 12*6	
01	2176 gr
02	42,88A
03	24,6 dk

Şekil-14 : Pervane Karşılaştırma Tablosu

● Uçuş Bilgisayarı:

Görev isterleri için yapılan çalışmalar sonucunda uçuş kontrol kartı seçerken işlemci, bellek, uyumluluk, sensörler gibi temel kriterler baz alındı. Yapılan araştırmalar sonucu en öne çıkan 3 uçuş kontrol kartı birçok açıdan karşılaştırılmıştır. Özellikle kıyas tablosu üst kısmında bulunmaktadır. Özellikle uçuş performansı bakımından ön plana çıkmayı başaran Pixhawk The Orange Cube kullanılmasına karar verilmiştir.

UÇUŞ KONTROL BİLGİSAYARI	
01	Ağırlık
02	Barometre sayısı
03	RAM
04	İşlemci
05	Fiyat
NAVIO 2	
01	75 gr
02	1 adet
03	2 adet
04	BCM283780
05	5602 TL
PIXHAWK 2.4.8	
01	38 gr
02	1 adet
03	1 adet
04	STM32F427
05	3064 TL
PIXHAWK ORANGE CUB	
01	76 gr
02	2 adet
03	3 adet
04	STM32H753
05	6741 TL

Şekil-15 : Uçuş Bilgisayarı Karşılaştırma Tablosu

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022

● Gövde:

Yarışma isterleri göz önünde bulundurularak, havada kalma süresi ve faydalı yük kapasitesi gibi avantajları nedeniyle X-UAV TALON 1718mm model uçak gövdesi seçilmiştir.

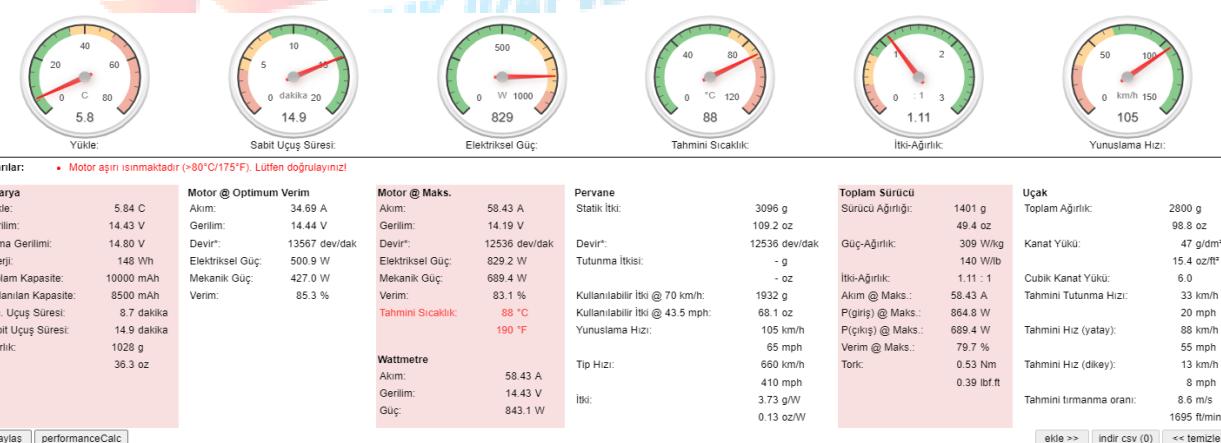


Şekil-16 : Gövde Karşılaştırma Tablosu

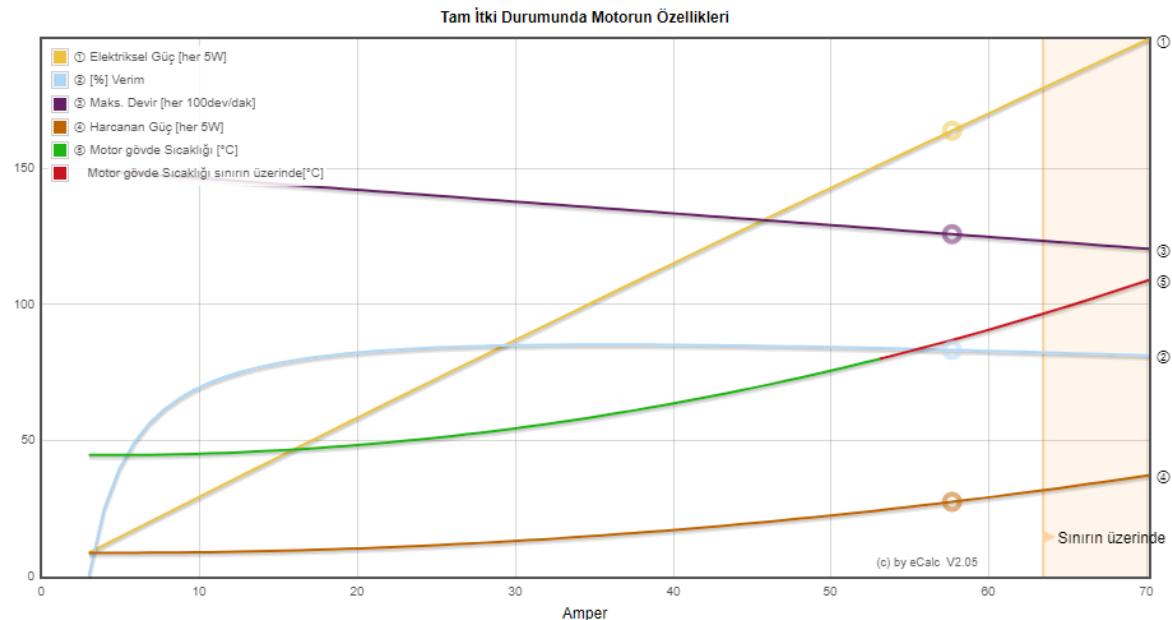
3.3. Hava Aracı Performans Özeti

Göktuğrul-2'nin sistem özelliklerine en yakın konfigürasyonları ve sistem bileşenlerini kullanarak eCalc (<https://www.ecalc.ch/index.htm>) sitesinden uçakla ilgili performans testleri yapıldı ve uçağın gerçek hesaplamalarına yakın sonuçlar elde edildi. eCalc hesaplayıcısının piyasadaki kullanılan elektronik bileşenleri tamamen içermemiği için birebir sistem bileşenlerini kullanarak test yapılmadı.

Sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.



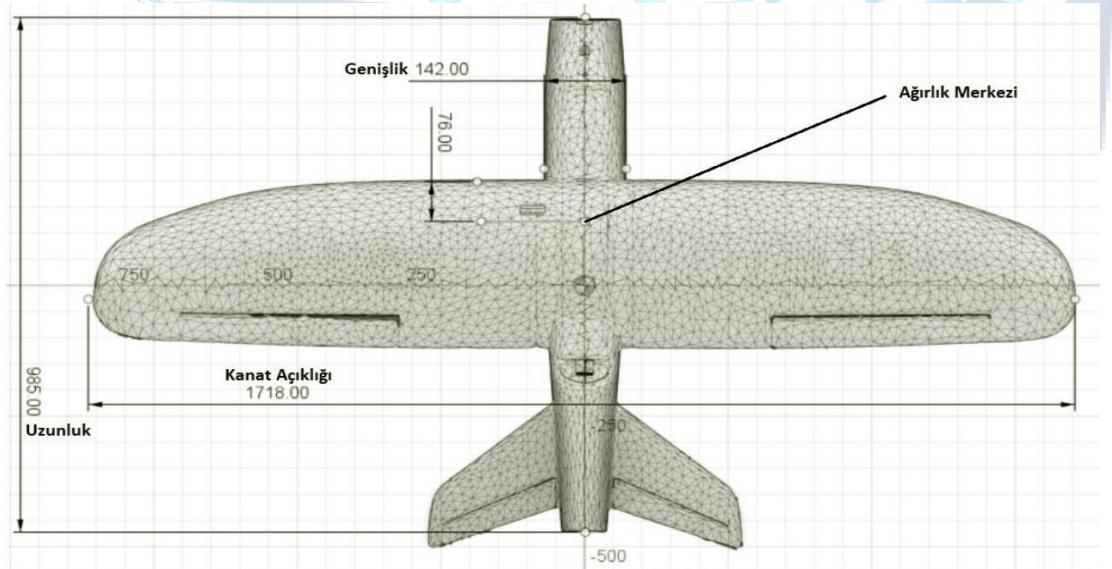
Şekil-17 : Hava Aracı Performans Çıktısı



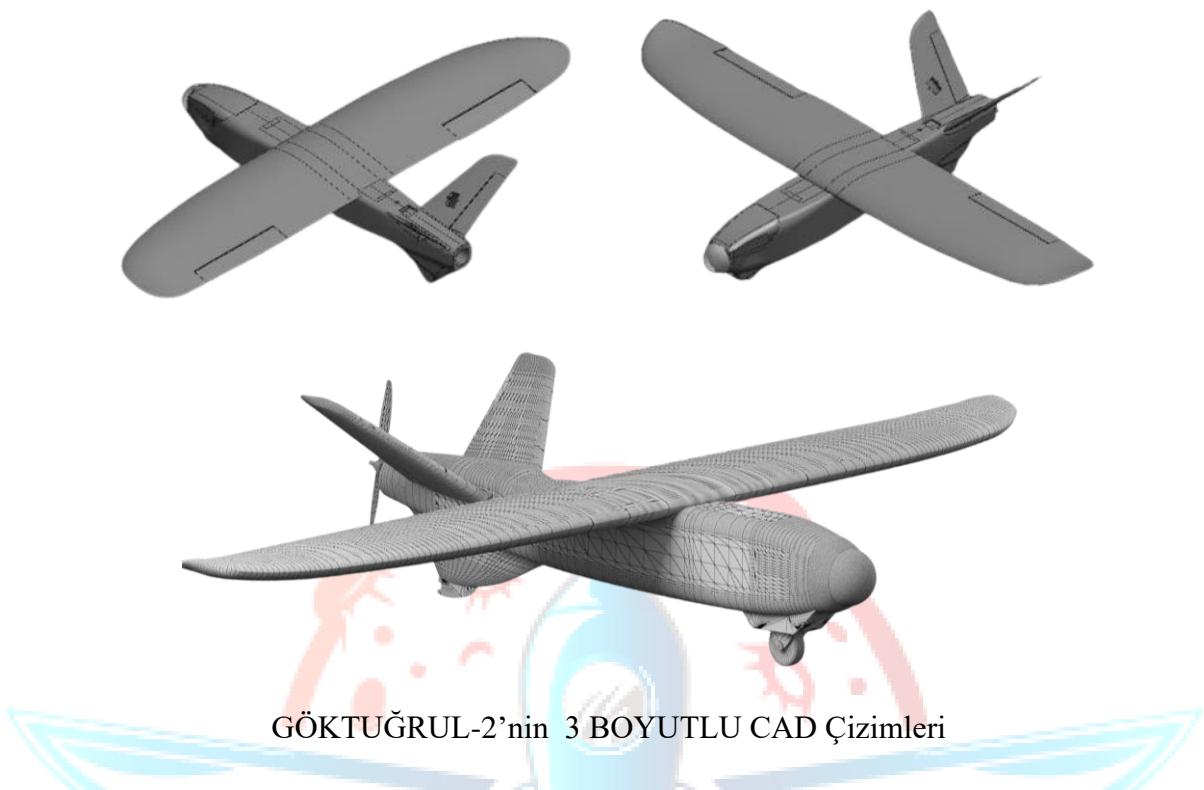
Şekil-18 : Tam İtki Durumda Motorun Özellikleri Grafiği

(Şekil-17) ve (Şekil-18) ile belirtilen tablolarda uçağın performans özelliklerine yakın uçuş şemaları paylaşılmıştır.

3.4. Hava Aracının Üç Boyutlu Tasarımı

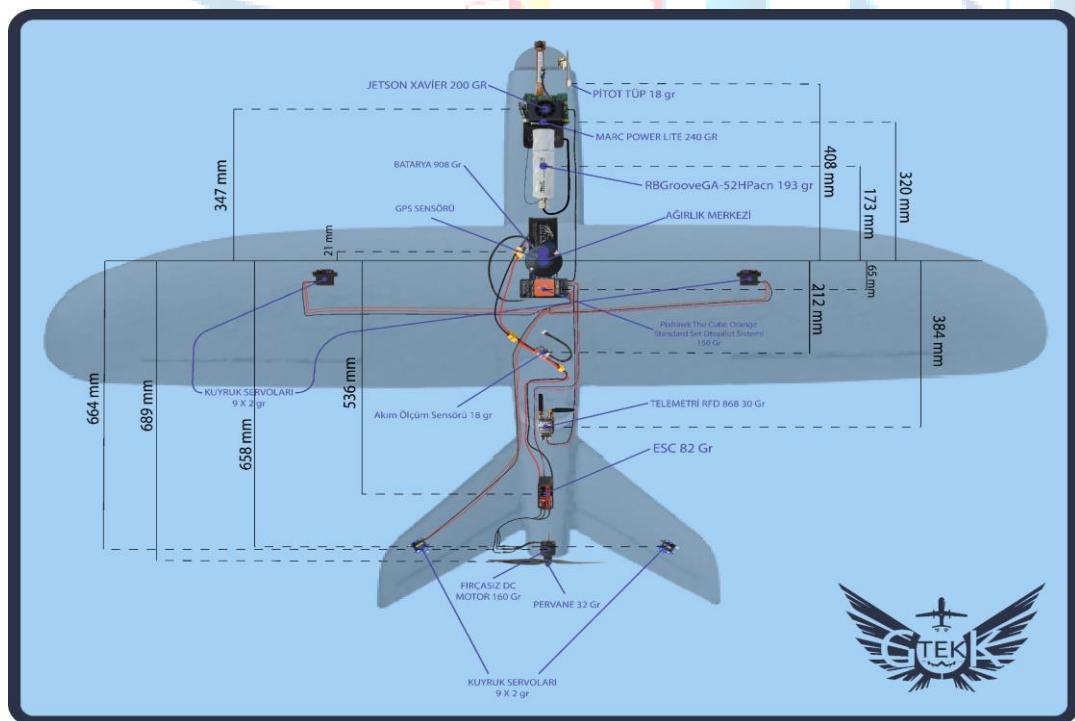


GökTuğrul-2'nin boyut ölçütleri yukarıda gösterilmiştir.



3.5. Hava Aracı Ağırlık Dağılımı

İnsansız Hava Aracı GökTuğrul-2'nin Hava Aracı Ağırlık Dağılımı ve Sistem Ağırlık ve Konumlandırma Tablosu aşağıda verilmiştir.



Şekil-19 : Hava Aracı Ağırlık Dağılımı

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022

DONANIM TÜRÜ	KULLANILAN DONANIM ADI	AĞIRLIK (gr)		X	Y
Görüntü İşleme Bilgisayarı	NVIDIA®Jetson Xavier NX Hazır Yapay Zeka Kiti	240		+347	0
Otonom Uçuş Bilgisayarı	Pixhawk The Cube OrangeStandard Set Otopilot Sistemi	150		-65	0
Hazır Gövde	X-UAV Talon			0	0
Pitot Tüp-Airspeed Sensörü	HOLYBRO Dijital Airspeed Sensör MS4525DO	15		+408	+52
Video Aktarımı	RBGrooveGA-52HPacn	193		+173	0
	Mikrotik RB921GS-5HPacD-15S (Yer istasyonunda)	-	yer kontrol istasyonunda	-	-
Radyo Haberleşme	Ezuhf RX	20		-210	0
Jetson Xavier Güç Modülü	MARC Power Lite	240		+320	0
Telemetri	Pixhawk BUNDLE RFD868x Uzun Menzilli Radyo Telemetri Seti	40		-332	0
Kamera	Raspberry Pi Kamera Kamera Modülü V2	5		+496	0
Fırçasız DC Motor	T-Motor As 2820 Long Shaft KV1050	160		-664	0
Li-Po Batarya	Leopard 4S 10000mAh 50C Lipo Batarya 14.8V	908		+21	0
ESC Fırçasız Motor Sürücü Hız Kontrol	SkyWalker ESC 80A Fırçasız Motor Hız Kontrol Sürücüsü	82		-536	0
Pervane	Kompozit Pervane Prop Cw X1 12X6	32		-689	0
Akım Ölçüm Sensörü	APM Pixhawk Power BEC Modülü 30V 90A	18		-212	0
Görüntü Sistemleri	Ardupilot Mini Osd	8		+248	-34
Kuyruk Servosu	9gr 360 D. Sonsuz Dönüş Servo (Mikro Servo)	12	Sol Kanatçık	-658	-434
			Sağ Kanatçık	-658	+434
Kanat Servosu	Emax Es08ma II 12g Mini Metal Dişli Servo	9	Sol Rudder	-40	-232
			Sağ Rudder	-40	+232
Konum Saptama Elemanı	GPS	49		0	0
Sistem Güç Elemanı	Asson Dual Ubec	48		-52	-22

Şekil-20 : Sistem Ağırlık ve Konumlandırma Tablosu

4.OTONOM GÖREVLER(15 PUAN)

4.1 Otonom Kilitlenme

Günümüz teknolojisi otonom sistemlere doğru evrilerek otonom robotlara, insanız hava araçlarına, arabalara vb. olan talep son yıllarda büyük ölçüde artmaktadır. Görsel nesne takibi, kameradan alınan görüntülerden takip edilmesi istenen nesnenin konumunun belirlenmesi işlemidir. Nesne takibinin insansız hava araçlarıyla takip ve gözetleme, güvenlik kamerası sistemleri, trafik gözetleme gibi birçok farklı alanda uygulamaları mevcuttur. Bilgisayarlı görüde temel bir problem olan ve araştırmacılar tarafından üzerinde çok çalışılan nesne takibi, kontrollü ortamlarda tatmin edici sonuçlar verse de ışıklandırma değişikliği, hızlı kamera ve nesne hareketleri, örtüşme, karışık arka plan gibi pratik uygulamalarda sıkılıkla karşılaşılan problemlere hala çözüm getirememesi nedeniyle güncelliğini korumaktadır.

Otonom sistemimiz, İHA üzerinde ön kısma yerleştirdiğimiz kamera ve görev bilgisayarı ile hedef İHA'ların otonom gerçek zamanlı görsel tespiti ve takibini yüksek başarım oranı ile sunmaktadır. Bu projede geliştirilen ve son teknoloji derin öğrenme ve bilgisayarlı görü yöntemlerine dayanan algoritmalar, hareket halindeki bir İHA'yı otonom olarak tespit edip takip ederek Nvidia Xavier NX üzerinde gerçek zamanlı olarak çalışmaktadır.

4.1.1. Algoritmaların Seçimi ve Geliştirilmesi

Otonom sistemimiz iki ana bölüme ayrılabilir: Algılama ve takip. Algılama, YOLOv3 algoritmasını ve kayan pencere (sliding window method) yöntemini temel alır. Takip, GOTURN (Regresyon Ağlarını Kullanarak Genel Nesne İzleme) algoritmasına dayanmaktadır, nesneleri yüksek hızda izlemeyi sağlar. Otonom izlemeyi gerçekleştirmek ve doğruluğu artırmak için GOTURN (Generic Object Tracking Using Regression Networks) ve YOLOv3 birlikte kullanılarak hibrit bir “Algılama Yoluyla Takip” kombinasyonu geliştirilmiştir.

GÖKTUĞRUL-2 SİHA projemiz ile insansız hava araçlarının takibini gerçek zamanlı olarak yürüten hibrit bir yöntem geliştirilmiştir. Amaç doğrultusunda literatürde yüksek hızıyla öne çıkan GOTURN (Regresyon Ağlarını Kullanarak Genel Nesne İzleme) yöntemi ile nesne konumlandırma problemine hızlı ve iyi sonuçlar veren yöntemlerden biri olan YOLOv3 (You Only Look Once) birlikte kullanılmıştır. Ayrıca YOLOv3 yönteminin eğitilmesi ve tasarlanan yöntemin test edilmesi için farklı İHA'ları içeren veri seti oluşturulmuştur.

A. YOLO (You Only Look Once)

Redmon ve arkadaşları, giriş olarak ham görüntü piksellerini kullanıp nesneyi çevreleyen pencerenin koordinatlarını ve sınıf olasılıklarını tahmin eden baştan-başa eğitilebilir tek aşamalı bir yapay sinir ağı tasarlamışlardır. Bundan dolayı, YOLO aşırı miktarda hızlı nesne konumlandırma algoritmasıdır. Takip amacıyla YOLO kullanıldığından karşılaşılan sorunlara bakılırsa, takip görevi için gönderilen imgé, hedef nesneden birden fazla içeriyorsa, algoritma doğası gereği hepsini tespit etmeye çalışacaktır bu da genel görsel takip uygulamalarının usulüne uygun degildir. Ayrıca ekran kartı üzerinde çalıştığında ne kadar hızlı sayılsa da, Jetson gibi işlemciler üzerinde 100+ fps hızı ulaşabilen bir yöntem değildir ve fazla hesaplama kaynağı gerektirir. Ek olarak takip edeceği nesneyi bir sonraki frame'de tahmin edememesi olasılık dahilinde olduğundan sürekli sonuç üretmesi kesin değildir.

B. GOTURN (Generic Object Tracking Using Regression Networks)

Çoğu izleme algoritması çevrimiçi olarak eğitilir. Başka bir deyişle, izleme algoritması, izlemekte olduğu nesnenin görünümünü çalışma zamanında öğrenir. Bu nedenle, birçok gerçek zamanlı izleyici, genellikle derin öğrenme tabanlı bir çözümden çok daha hızlı olan çevrimiçi öğrenme algoritmalarına güvenir.

GOTURN, genellikle çok yavaş çalışan ve gerçek zamanlı uygulamalar için pratik olmayan, nesne izleme için sinir ağları kullanan önceki yöntemlere göre çok daha hızlıdır. GOTURN, çevrimiçi eğitim gerektirmeden basit bir ileri besleme ağı kullanır, nesne hareketi ile görünüm arasındaki genel ilişkiyi öğrenir ve eğitim setinde olmayan yeni tanımlanabilir nesneleri de izleyebilir. İzleme için sinir ağlarını kullanmaya yönelik önceki denemelerin yürütülmesi çok yavaştır ve gerçek zamanlı uygulamalar için pratik değildir. Buna karşılık GOTURN, çevrimiçi eğitim gerektirmeyen basit bir ileri beslemeli ağ kullanır ve izleyicimizin test süresi boyunca 100 fps'de çalışmasına olanak tanır.

C. Geliştirilen Hibrit Takipçi (GHT)

Yukarıdaki yöntemlerin avantajları ve dezavantajları ele alındığında, bahsedilen algoritmaların birbirinin kusurlarını örttügü gözlenmiştir. GOTURN yönteminin kötü durum kurtarıcısına ihtiyacı varken, YOLO algoritmasının da sadece takip edilecek hedefe odaklanmaya ve tek kartlı bilgisayarlarlarda daha hızlı çalışması için optimize edilmeye ihtiyacı vardır. Bu sebeple Geliştirilen Hibrit Takipçide (GHT), YOLO ilk frame'de nesnenin konumunu belirlemede ve takip edicinin başarısız olduğu durumlarda kullanılırken, GOTURN yöntemi ise diğer durumlarda nesneyi takip amaçlı kullanılmıştır. Bu şekilde hem YOLO konumlandırıcısını hem de GOTURN takipçisini kullanan yeni bir hibrit takip edici sistem oluşturulmuştur. Bunu gerçekleştirmek için öncelikle YOLO ağı, İHA imgelerinden oluşturulan veri seti ile eğitilmiştir.

Hızdan taviz vermemek için YOLO yöntemini C dilinde yazılmış orjinal implementasyonun derlenmiş dinamik kütüphanelerindeki fonksiyonları, Python dilinde çağrılarak kullanılmıştır. Bu kısımdan sonra GOTURN ve YOLO yöntemleri için sırasıyla, takipçi ve algılayıcı sözcükleri kullanılmıştır. Sonuç olarak, Geliştirilen Hibrit Yöntem GOTURN'den hız, tek hedefe kilitlenme ve sürekli sonuç üretme avantajlarını alırken, YOLO'yu da takipçide oluşturacak kötü durumları kurtarması ve en-boy oranını dinamik olarak güncellemesi için kullanmıştır.

Videodan nesne takibi için OTB (Object tracking benchmark), VOT (Visual object tracking) gibi birçok veri seti bulunmasına rağmen sadece İHA lardan oluşan veri seti bulunmamaktadır. Bu sebepten dolayı kendi spesifik problemimiz için yaklaşık 7500 imgé etiketlendirilerek veri seti oluşturulmuştur. Bu veri setinin yaklaşık 2000 imgelik kısmı YOLOV3'ün eğitimi için, 15 videodan oluşan yaklaşık 5500 imgelik kısmı ise test için ayrılmıştır. Şekil 21'de oluşturulan veri setinden örnekler mevcuttur.

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022



Şekil-21 :YOLO İle Alakalı Veri Setinden Seçilmiş Fotoğraf Örnekleri

YOLOv3 yönteminin eğitilmesi ve tasarlanan yöntemin test edilmesi için oluşturulan veri setinden seçilmiş örnek kareler.

Geliştirilen Yöntem ile Literatürdeki Yöntemlerin İHA Veri Seti Üzerinde Performanslarının Karşılaştırılması (Sırasıyla Kırmızı, Yeşil ve Mavi Renkler En Yüksek Skorları Göstermektedir.)

Yöntem	Başarı	Hassasiyet	Hız (fps)
GHT	0.561	0.773	53.5
GHT-Tiny	0.524	0.737	69.2
YOLOv3	0.485	0.653	16.5
YOLOv3Tiny	0.461	0.630	47.1
CSRT	0.232	0.402	111
GOTURN	0.205	0.265	20.1
MIL	0.215	0.379	12.3
KCF	0.126	0.196	115
BACF	0.213	0.339	25.8

Şekil-22 :Veri Seti Karşılaştırma Tablosu

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022

Oluşturulan veri seti üzerinde literatürdeki yöntemlerin sonuçlarının karşılaştırılması (sırasıyla siyah, kırmızı, mavi, yeşil ve sarı renkli çerçeveler, nesnenin gerçek pozisyonu, GHT, GHT-Tiny, CSRT ve GOTURN yöntemlerini temsил etmektedir).

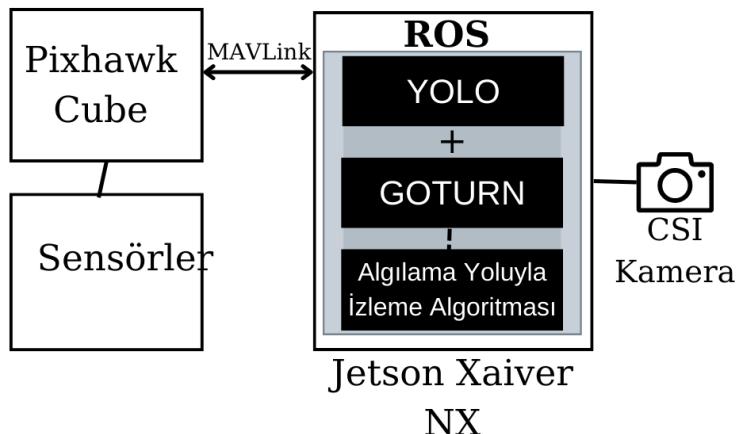


Şekil-23 :Veri Seti Sonuç Karşılaştırılması

Projemiz ile İHA'ların tespit ve takip edilmesi amacıyla YOLOv3 ve GOTURN yöntemleri kullanılarak hibrit bir yöntem tasarlanmıştır ve bu yöntem literatürdeki gerçek zamanlı ve yüksek başarı ile çalışabilen diğer yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Bu amaçla hem yöntemin eğitilmesi hem de test edilmesi için farklı İHA'lar içeren veri seti oluşturulmuştur. Tasarlanan yöntemin hızının artırılması amacıyla YOLOv3-Tiny modeli de ayrıca eğitilerek test edilmiştir. Sonuçlardan GHT (Geliştirilen Hibrit Yöntem)'nin bekleniği şekilde GHT-Tiny ve diğer yöntemlere oranla daha yüksek başarı elde ettiği ancak GHT-Tiny modelinden daha yavaş çalıştığı gözlenmiştir. Gerçeklenen yöntem şu anda sadece İHA'ları tespit ve takip edilebilecek şekilde tasarlanmıştır ancak karşılaştırıldığı diğer yöntemler ise genel nesne takibi amacıyla tasarlanmıştır. Sonuç olarak gerçek zamanlı çalışabilen yüksek performanslı bir takip yöntemi geliştirilmiştir.

4.1.2. Otonom Kilitlenme Algoritması

Kamera görüntüsünde hedef bir İHA tespit edilmesi durumunda, hedefin kilitlenme kamerasının görüntüsünün tam ortasına gelmesi için geliştirilen hibrit takipçi (GHT) algoritması yardımıyla gerekli olan İHA yönelimi hesaplanır. Bu hedef yönelime gelinerek aracın görüntünün tam ortasında olması sağlanır ve İHA, hedef İHA'ya otonom olarak kilitlenme görevini gerçekleştirir. Bu hedef yönelimlerin otopilota aktarılması için Robot Operating System (ROS) yazılımı kullanılır. ROS ile birlikte kullanılan MAVROS paketi sayesinde otopilot ile görev bilgisayarı arasındaki iletişim sanal bir ağ yardımıyla kurulur. Bu iletişim kurulduktan sonra tüm veri alışverişi daha kolay olmaktadır.



Şekil-24 :Otonom Kilitlenme Algoritmasının Şematize Edilmiş Hali

İHA takip durumunda olduğu süre boyunca hedef İHA'yı kurallarda belirlenmiş olan kilitlenme çerçevesine getirmeye çalışır. Kilitlenme olayının anlaşılabilmesini sağlamak için kilitlenme görüntüsü önce görev bilgisayarına aktarılıp ondan sonra yer istasyonuna yollanır. Kilitlenme kamerası görüntüsü görev bilgisayarında görüntü işleme yardımıyla incelenir ve kilitlenme durumunda olunup olunmadığı belirlenir. Hedef araç istenen görüntü kriterlerine uygun hale geldiğinde, sistem durum makinesinin kilitlenme durumuna geçilir. Kilitlenme durumunda hedef İHA kilitlenme alanında tutulmaya çalışılır. Kilitlenme durumuna geçtiği andan itibaren bir sayaç tutulur. Kilitlenme durumu kilitlenme kamerasından sürekli olarak kontrol edilir ve hedef İHA'nın kilitlenme alanında çıkıştırı durumunda tekrar takip durumuna dönülür. Kilitlenme durumu bilgisi sürekli olarak yer istasyonuna yollanır ve kilitlenme durumunun 4 saniye sürmesi durumunda bu bilgi de yer istasyonuna başarılı bir kilitlenme olarak bildirilir ve hedef İHA takibi bırakılarak başka bir İHA için hedef algılama ve izleme algoritması çalışmaya başlar. Bu durum makinesi yer istasyonundan görevin bitirilmesi emri gelene veya bir raund süresi olan 15 dakika tamamlanana kadar devam eder. Bu iki durumdan biri olması halinde görev bitirilir ve daha önceden belirlenmiş olan iniş manevrası icra edilmeye başlanır ve İHA tam otomatik bir şekilde iniş yapar.

4.1.3. Otonom Yönelim Algoritması

İHA hedef arama durumunda iken yarışma sunucusundan sağlanan konum verileri bazı tahmin algoritmalarından geçirilecek hedef İHA'ların gerçek konumları tahmin edilerek hava aracımızın hedef İHA'ya yönelme uçuşu sağlanacaktır. Otonom sistemimizde algılama ve izleme algoritmalarının yanında yarışma sunucusunun bize sağladığı rakip insansız hava araçlarının telemetri verileri, yer istasyonundan hava aracımıza telemetri haberleşme ile gönderilecektir. Görev bilgisayarı (Nvidia Jetson Xavier NX) yer istasyonundan gelen bu verilerle rakip İHA'ların gps verilerini analiz ederek kendi oluşturduğumuz 3 boyutlu bir haritalama algoritmasıyla iha kamerasından hedef algılaması yapılamadığı durumlarda bu algoritma sayesinde yardımcı yönlendirme ile rakip İHA'ların tespitini kolaylaştıracaktır.

Optimum uçuş rotasını elde etmek, en kısa sürede en çok sayıda kilitlenme yapmak adına yarışma sunucusundan sürekli olarak alınan diğer takımların GPS koordinatları kartezyen koordinatlarına dönüştürülecektir. Takımların X-Y-Z Kartezyen düzleminde bulunan İHA koordinatları spektral kümeleme ile kümelendirilecektir. En çok İHA'nın bulunduğu kümeyin

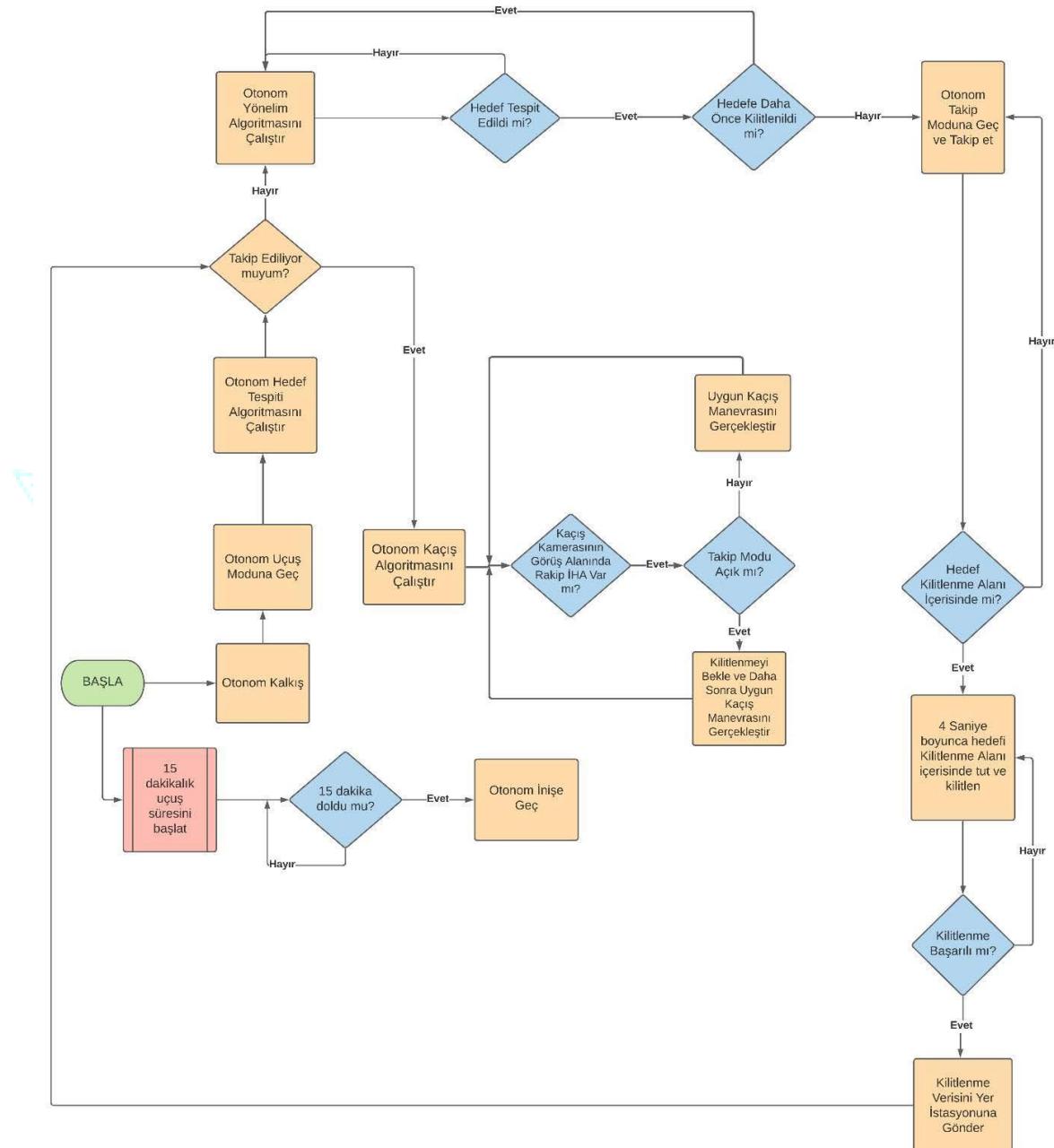
merkezi uçuş rotası olarak belirlenecektir. Böylelikle kilitlenme gerçekleştirmeye olasılığı artırılmış olacaktır. En çok İHA'nın bulunduğu kümeye, İHA'mıza en yakın konumdaki İHA takip edilecek İHA olarak belirlenecek ve uçuş rotası olarak o İHA'nın koordinatları kullanılacaktır. Takip görevi tamamlandıktan sonra o kümeydeki İHA'mıza en yakında bulunan başka bir İHA'nın koordinatları uçuş rotası olarak belirlenecektir ve takip işlemi tekrar başlatılacaktır. Uçuş boyunca bu döngü devam ettirilecektir. Sunucudan gelen verilerde gecikmelerin yaşanması veya başka sebepten dolayı verilerin güvenilirlik oranlarının düşmesi durumunda yardımcı pilot kontrolü ele alıp manuel olarak İHA'nın daha kolay bir şekilde hedefi kamera görüntüsüne alabileceği bir pozisyonu getirilecektir.

4.1.4. Otonom Kaçış Algoritması

İHA'mızın takip altında olduğu durumlar için bir kaçış algoritması geliştirilmiştir. İHA'mızın takip altında olduğunu anlaşılmaması amacıyla kendi İHA'mızın pozisyonu ile diğer uçuşa olan tüm İHA'ların pozisyonları arasındaki öküt uzaklıklarını sürekli kontrol edilir ve yarıçapı 100 metre olacak şekilde bir küre içerisinde giren İHA'lar aday takipçi olarak belirlenir. Bu küre içerisinde kaldıkları süre içerisinde sürekli İHA'mız ile öküt uzaklıklarını kontrol edilir. Öküt mesafelerinin hesaplamalarını yapmak için yarışma sunucusundan alınan rakip İHA'ların telemetri bilgileri kullanılacaktır. Eğer bu İHA'lardan herhangi birisi ile bizim İHA'mızın arasındaki mesafe 50 metrelük uzunluğun altında ise bu İHA muhtemel takipçi olarak belirlenir ve bu İHA'nın mesafesi, hareket yönleri ve hızları ile birlikte sürekli hesaplanır. Bu mesafe sürekli azalma eğiliminde ise ve bizim İHA'mız ile arasındaki öküt uzunluğu 20 metrenin altına indiği anda bu İHA takipçi olarak belirlenir ve kaçış algoritması çalışmaya başlar. Görev Bilgisayarı İHA'mızın başka bir İHA tarafından takip edildiğini tespit ettiği anda, yarışma sunucusundan sağlanan konum verilerinden en çok İHA'nın bulunduğu kümeyi tespit edip o istikamet rota olarak belirlenerek kaçış manevrası gerçekleştirir, böylelikle bizi kilitlemeye çalışan İHA'nın hedefinin saptırılarak diğer İHA'lara kilitlenmesi sağlanmaya çalışılır. Otonom olarak İHA'mızın rakip İHA'larda takip edildiği tespit edilemediği durumlarda eğer yer istasyonu veya yardımcı pilotu tarafından herhangi bir şekilde aracın takip edildiği anlaşılırsa yer istasyonunda önceden hazırlanmış olan uçuş planına geçiş yapılacaktır veya yardımcı pilot tarafından araç manuel olarak kaçırılacaktır.

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

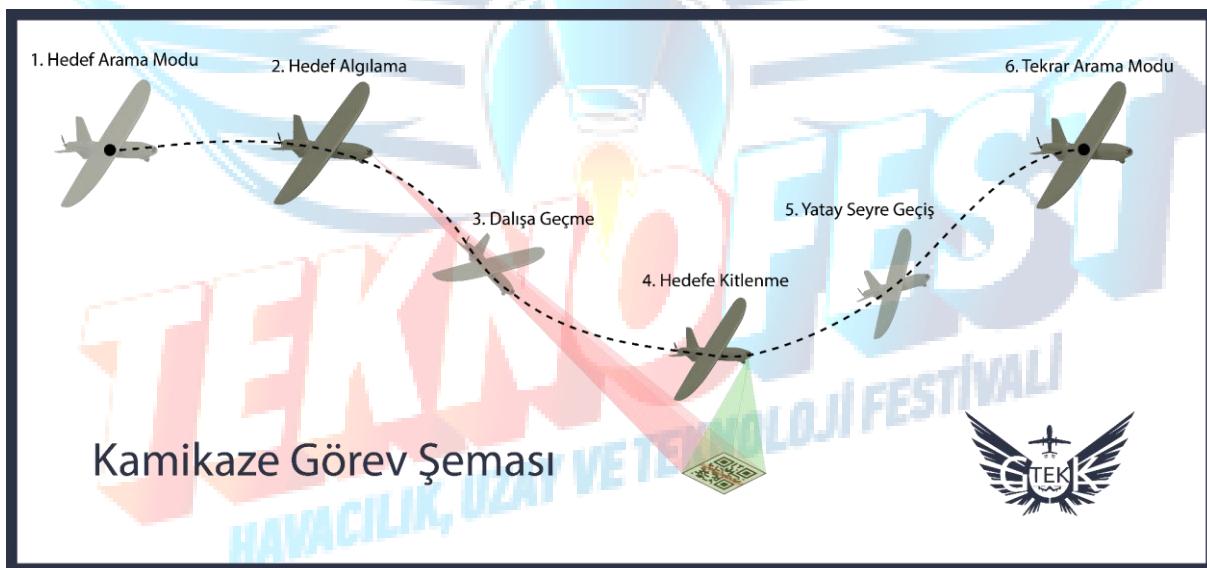
4.1.5. Otonom Görev Akış Şeması



Şekil-25 :Görev Akışı Şeması

4.2. Kamikaze Görevi

Hava aracı arama modunda iken, görüntüde bir yer hedefi ile karşılaşlığında Yapay Zeka bilgisayarının röleyi tetiklemesi ile birlikte İHA'nın yönetimi Yapay Zeka bilgisayarına geçer, rakip İHA tespitinde olduğu gibi görüntü yer istasyonuna iletilerek yer hedefinin görüntüdeki konumu yarışma sunucusundan alınır. Konum bilgisine göre elevator, rudder, aileron konumları ve motor hızı hesaplanarak PPM ile uçuş kontrolcüsüne ilettilir. Bu süreç yer hedefinin görüntüdeki belirleyeceğimiz sınır büyülüğe erişmesine kadar devam eder. Sınır büyülüklük, hedefe ne kadar yaklaştığımızı belirlemek için gereklidir. Hedef alanı belirlediğimiz sınırın üzerine çıktığında önce hava aracının hızını azaltılır, yer hedefinin görüntü bilgisayarında kilitlenme durumunu gerçekleştirmek için kamikaze hedef kilitlenme algoritması icra ettirilerek İHA irtifa hesaplaması yapar ve dalış manevrasına geçilir. Hedef kilitlenmesi başarılı şekilde gerçekleştiğinde görüntü işleme kamerası ile QR kod okunup, çıktısunucuya gönderilmek üzere yer istasyonuna ilettilir. Kilitlenme görevi tamamlandığında yatay seyire geçilerek yeniden tırmanış için gerekli komutlar yine Yapay Zeka bilgisayarı aracılığı ile Pixhawk Orange Cube'e ilettilir. Bir sonraki kilitlenme için diğer yer hedeflerinin konumları, sunucudan alınır ve tekrardan arama moduna geçilir. Yapay Zeka bilgisayarı gerekli hesaplamaları yeniden yaparak müsabaka turu boyunca diğer yer hedeflerine yönelir ve yeni kilitlenme görevleri icra edilir.

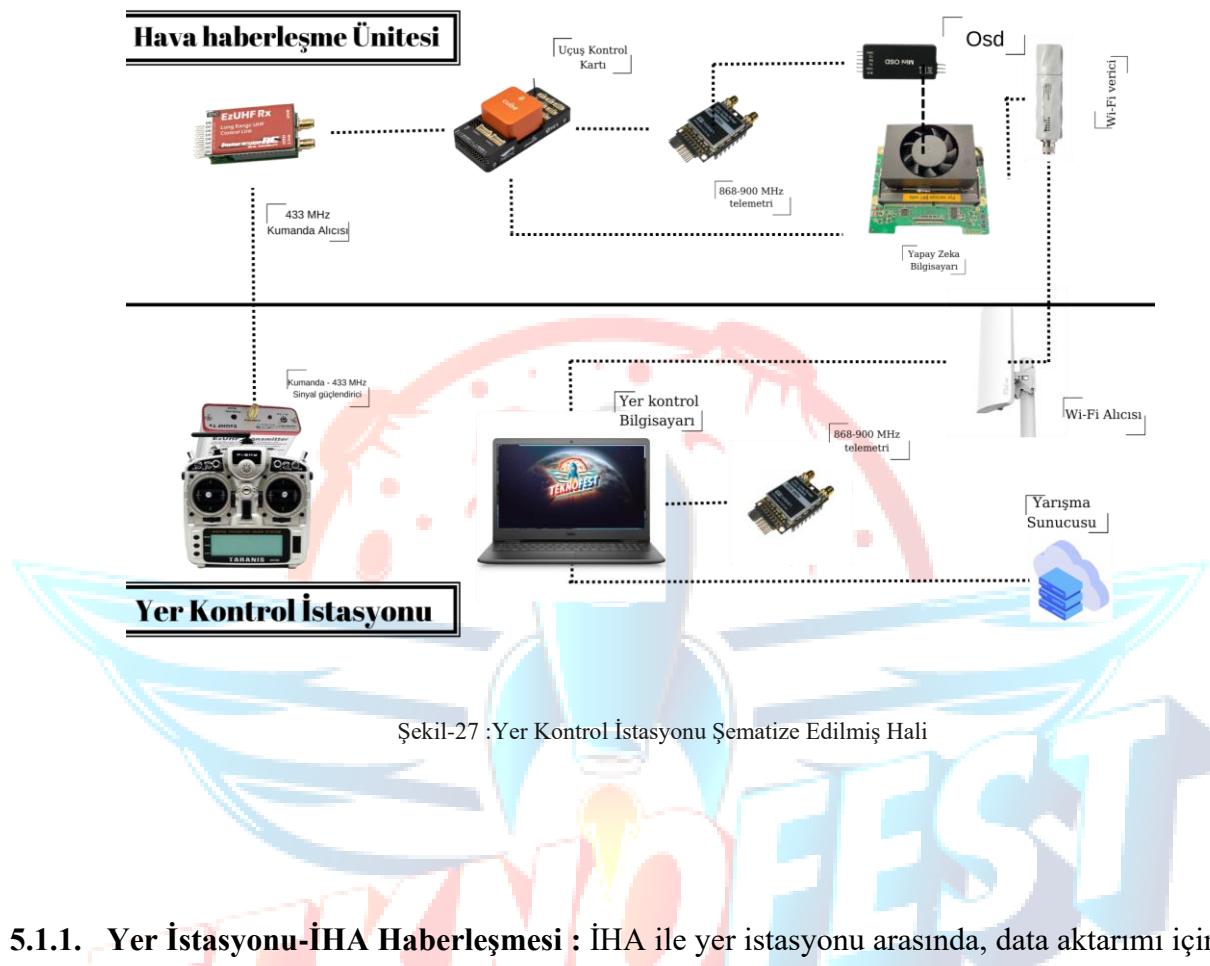


Şekil-26 : Kamikaze Görev Şeması

5. YER İSTASYONU VE HABERLEŞME (15 PUAN)

İHA'nın takip, kontrol ve yarışma isterlerini karşılayabilmesi için oluşturulan haberleşme sistemleri; hava aracı-yer istasyonu arasında farklı alt sistemler ve iletişim kanalları oluşturularak sağlanacaktır. Oluşturulan haberleşme sistemleri; görüntü aktarımı ve kilitlenme bilgisi aktarımı için yapay zeka bilgisayarı ile yer istasyonu arasında gerçekleşecek olan iletişim, aracın manuel kontrolü için kullanılan kumanda ile araç üzerinde bulunan kumanda alıcısı arasındaki iletişimini ve uçuş kontrol kartı ile yer istasyonu arasında gerçekleşecek olan telemetri alışverişini sağlayacak alt sistemler olarak tasarlanmıştır.

Farklı 3 alt sistem kullanılarak haberleşmeyi sağlayan Göktuğrul-2'nin haberleşme sistemleri aşağıdaki görselde verilmiştir.



5.1.1. Yer İstasyonu-İHA Haberleşmesi : İHA ile yer istasyonu arasında, data aktarımı için bilgisayarlar arasındaki iletişimini, küçük paketler hâlinde, kayıpsız ve daha güvenli olarak gerçekleştirilmesini sağlayan TCP protokolü kullanılacaktır. İHA üzerinde yapay zeka bilgisayarı tarafından elde edilen görüntünün gerçek zamanlı ve sekans kontrollü olarak iletimini sağlamak amacıyla yapay zeka bilgisayarı üzerine kurulacak RTSP sunucusu ile aktarımı için RTP (Gerçek Zamanlı Aktarım Protokolü) kullanılacaktır. yapay zeka bilgisayarı tarafından alınan video akışının yer istasyonuna canlı olarak aktarılması için hava ünitesinde, 300MBit/s veri iletim hızlarına ulaşabilen, anten kazancı yüksek Mikrotik GrooveA-52HPacn Wi-Fi modülü ve yer istasyonunda Wi-Fi AP olarak da Mikrotik OmniTIK 5 kullanılacaktır. Anlık telemetri verileri ise uzun menzil iletişimini, 500kbit/s iletişim hızını desteklemesi, 1 Watt güçlü anten çıkışına sahip olması gibi avantajları nedeniyle RFD 868X telemetri modülü ile aktarılacaktır. Göktuğrul-2'nin manuel kontrolü için ise Frsky X9-D plus kumanda ve kumanda menzilini artırmak için UART protokolü kullanan EzUHF Tx modülü, İHA tarafında ise EzUHF Rx kullanılacaktır. Çeşitli ve kapsamlı kütüphanelere sahip olması, sentaks yapısının kolay ve anlaşılır olması, kolay programlanabilir olması gibi avantajları sebebiyle sistemin tümü Python ile programlanacaktır.

5.1.2. Yer istasyonu – Yarışma Sunucusu Haberleşmesi : Yarışma günü sunucu tarafından verilecek olan IP-port adresinden API yoluyla sunucu üzerinde oturum başlatılacaktır. RTP kullanılarak yer istasyonuna gerçek zamanlı olarak aktarılan video akışı, Ethernet kablosu ile yarışma sunucuna bağlı olan yer istasyonu yazılımını çalıştırın bilgisayar yardımıyla şartname gereği UDP (User Datagram Protocol) ile yarışma sunucusuna aktarılacaktır. Aynı zamanda videolar Unicast olarak gönderilecektir. Sunucuya gönderilecek canlı video verileri MPEG-TS taşıyıcısı kullanılarak ve h.264 sıkıştırılması yapılarak gönderilecektir. Haberleşme dokümanında belirtildiği üzere API üzerinden JSON formatında “GET request” komutu kullanılarak diğer rakip İHA’ların anlık verileri İHA’ya gönderilmek üzere sunucudan alınacak ve İHA’nın anlık verileri “POST request” yöntemi ile tekrar JSON formatında yarışma sunucusuna aktarılacaktır.

Telemetri Modülü: İHA üzerinde ve yer istasyonunda bulunmak üzere iki adet RFD 868X telemetri modülü kullanılacaktır. RFD 868X telemetri modülü, Pixhawk ve MAVLink ile uyumlu olup +40 km menzile sahip olmasından dolayı seçilmiştir.

Radyo Alıcı-Verici: Yarışma alanında diğer takımlar ile sinyal karışıklığı olmaması için yüksek çıkış sinyaline sahip 433MHz bandında çalışan EZUHF alıcı ve FrSky Taranis X9D+ kumanda kullanılacaktır.

5.3. Kullanılacak Ağ Protokolleri ve Nedenleri UDP: Yarışma şartnamesinde belirtildiği üzere yer istasyonundan ana sunucuya gönderilecek olan canlı videonun UDP ile gönderilmesi istenildiğinden dolayı video aktarımı UDP ile yapılacaktır. TCP, UDP’ye göre yavaş olmasına rağmen verilerin kayıpsız olarak iletilmesini sağladığından dolayı, yer istasyonu ve hava aracı arasındaki, video aktarımı dışında kalan tüm haberleşme TCP ile sağlanacaktır.

MAVLink: İHA içerisinde bulunan yapay zekâ bilgisayarı ve uçuş kontrol kartının haberleşmesini, aynı zamanda gerektiği yerde yer istasyonu ve uçuş kontrol kartının haberleşmesini sağlamak amacıyla, hava araçları için geliştirilmiş ve Pixhawk Cube ile uyumlu MAVLink protokolü kullanılacaktır.

Hava aracı üzerinde bulunan Yapay Zeka(Yapay Zeka) Bilgisayarının bir GPIO portu, PPM ile komut iletmek üzere basit bir röle üzerinden Pixhawk Cube Uçuş Kontrolcüsüne bağlıdır. Bir diğer GPIO portu ise röleye bağlıdır. Röle Uçuş Kontrol Kartına kumanda ya da Yapay Zeka bilgisayardan PPM veri aktarımını kontrol etmek amacıyla kullanılacaktır. Yapay Zeka bilgisayarı üzerinde bulunan kamera ile görüntüyü alır ve 5G Wifi üzerinden RTP ile yer istasyonuna aktarır, yer istasyonu gelen görüntüyü hem UDP kullanarak yarışma sunucusuna iletir, hem de analiz ederek rakip İHA görüntüsünü arar, bulduğu İHA görüntüsünün görsel üzerindeki koordinatlarını, genişlik ve yükseklik bilgisini hesaplar, elde edilen bilgileri yine 5G Wifi üzerinden TCP kullanarak hava aracına iletir. Hava aracı, otonom uçuş esnasında gelen koordinat bilgisine göre hazırlanmış yapay sinir ağı modeline uygun olarak, Uçağın Elevator, Rudder, Aileron açılarını, motor hızını belirleyerek, PPM ile Uçuş Kontrol Bilgisayara iletir. Bu işlem tekrarlanarak kilitlenme sağlanmaya çalışılır.

Manuel uçuş yapılacak ise; rôle Yapay Zeka bilgisayarının GPIO pini ile tetiklenerek, Yapay Zeka bilgisayarının uçuş kontrolcüsü ile PPM bağlantısı kesilir, kumanda alıcı modülünün PPM çıkışının Uçuş Kontrolcüsüne iletimi sağlanır.

Rakip İHA arama modunda yarışma sunucudan alınan rakip İHA koordinat bilgileri işlenerek, MAVLink protokolü ile telemetri modülü üzerinden uçuş kontrolcüsüne ilettilir. Yine aynı yolla hava aracının irtifa, hız, koordinat, batarya durumu, yönlendirici açıları gibi önemli parametreleri yer istasyonuna ilettilir.

6. KULLANICI ARAYÜZÜ TASARIMI (10 PUAN)

Yer kontrol istasyonunun temel amacı insansız hava aracı ile kullanıcıları arasında haberleşmeyi görüntülemek ve insansız hava aracını hazır komut bloklarıyla kontrol ederek kullanımını kolaylaştırmaktır. Savaşan İHA yarışması hız, dönüş açıları, yükseklik, görev modu gibi uçuş verilerini ve gerçek zamanlı olarak uçağın konumunun görüntülenebilmesi, RTL yüksekliği , PID gibi konfigürasyonların yapılabilmesi gibi yarışma isterlerini karşılayabilecek arayüz tasarımları belirlenmiştir.

Ve sonuç olarak 2 farklı yer kontrol istasyonu kullanılmaya karar verilmiştir:

- Mission Planner yer kontrol yazılımı (Açık kaynak kodlu ve kullanıcı deneyimi yüksek)
- Gök-Tek hava araçları kontrol yazılımı

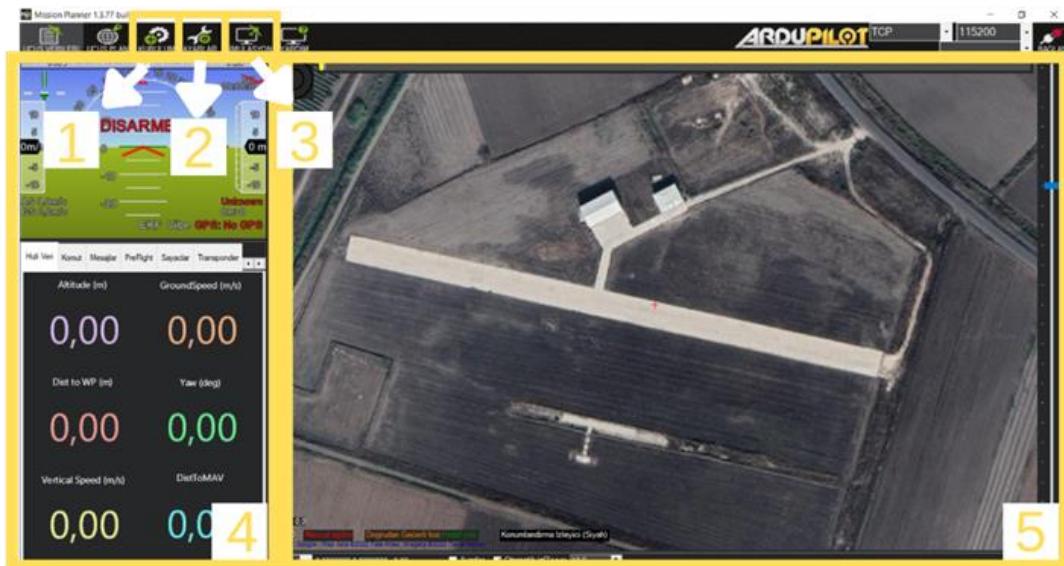
6.1. Mission Planner Yer Kontrol Yazılımı

Kullanılacak olan otopilot kartı (Pixhawk The Cube Orange) ve otopilot yazılımı (Ardupilot) ile uyumlu çalışan Mission Planner arayüzünün kullanılmasında karar kılınmıştır. Bu başlık altında Mission Planner arayüzü takip paneli, harita ve konfigürasyon ekranları, başlıklar altında detaylı bir şekilde açıklanacaktır. Mission Planner’ın Yer Kontrol İstasyonu arayüz programı olarak kullanılmasındaki ana sebepler şu şekilde sıralanabilir;

1. Uçağa ait birçok parametrenin ayarlanması ile gerçek uçuşlara yakın seviyede hazırlanan simülasyon ortamı (Software In The Loop (SITL)) üzerinde uçuş öncesi testler yapılabilmektedir.
2. Anlık uçuş değerleri (altitude, attitude (roll, yaw, pitch), speed (air, ground) vs.) gözlemlenebilir ve uçağa anlık komutlar iletilebilir.
3. Uçuş sonrasında uçuş kayıtlarının tutulduğu log dosyalarının yine Mission Planner tarafından sunulan kapsamlı arayüz yardımıyla ayrıntılı analizleri yapılmaktı, araca ait aviyonik alt sistemlerin kalibrasyonları kolayca ayarlanabilmekte ve yine araca ait parametreler isterlere göre yeniden ayarlanabilir.
4. Birçok kişi ve takım tarafından kullanıldığı için güçlü bir komünitesi var, düzenli ve ayrıntılı hazırlanmış dokümantasyona sahip.

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022

5. Açık kaynak kodlu olduğu için kendi isterlerimize göre yeni özellikler eklenebilmektedir.



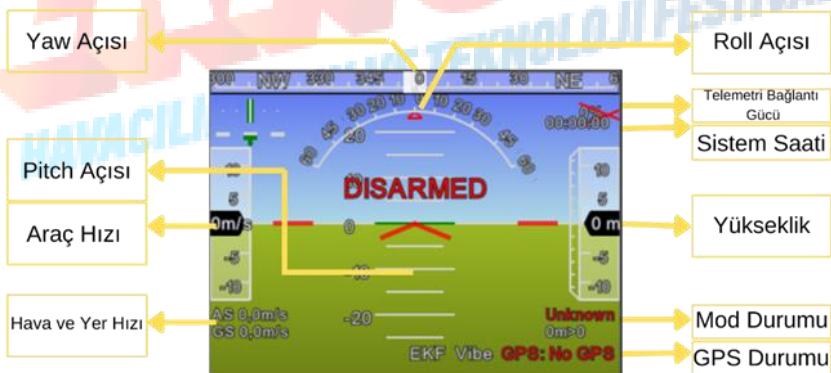
Şekil-28 :Mission Planner Arayüzü

(Haritada gösterilen havaalanı uçuşlarımızı gerçekleştirdiğimiz havacılık tesisine aittir.)

1-) Konfigürasyon Ekranları 2-) Kalibrasyon Ekranı 3-) Simülasyon 4-) Takip Paneli 5-) Harita

6.1.1. Takip Paneli

Mission Planner arayüzünde olan takip paneli bize büyük bir kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Takip Panelinde uçağın genel uçuş bilgileri, ARM/DISARM işlemleri gibi değişimlerin yapılabileceği iki farklı bölümden oluşur. Ve uçak ile alakalı pekçok bilgi yer almaktadır. (Roll, Pitch ve yaw açıları, yükseklik, hız, mod türü, uçuş saati, telemetri bağlantısı, batarya yüzdesi, GPS durumu ve benzeri...)

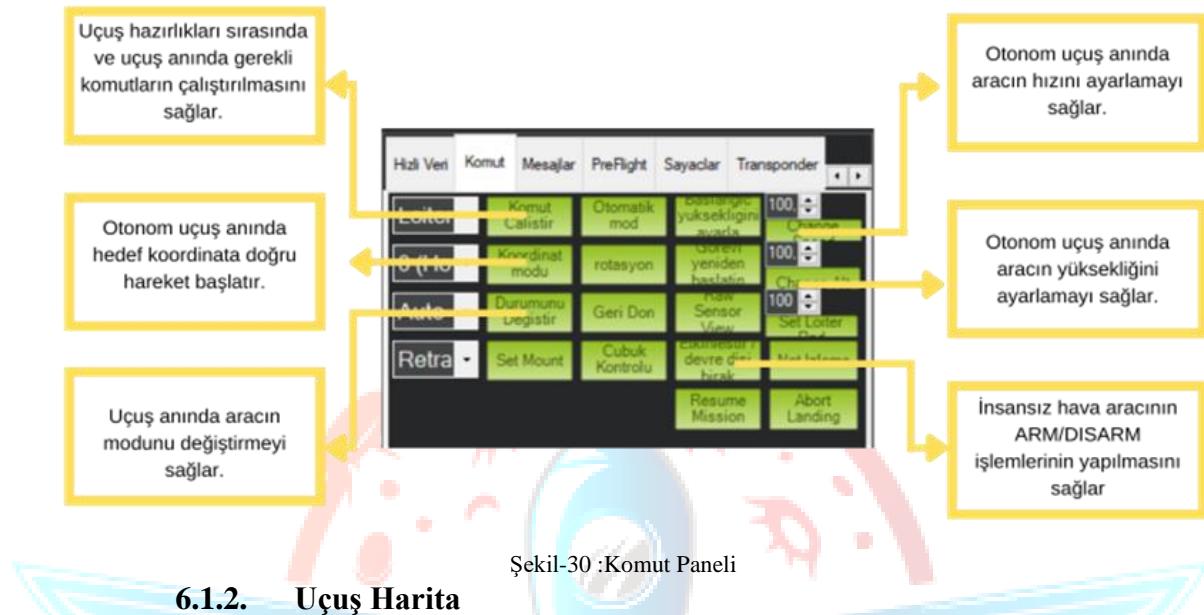


Şekil-29 :Takip Paneli

Uçuş Takip panelinin bir diğer elemanı ise uçuş esnasında yer kontrol istasyonu sorumlusunun; uçuş öncesinde genel sistem parametrelerini incelemesini, uçağın uçuştan önce

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

genel uçuş kalibrasyonlarının yapılmasını ve ARM/DISARM işlemlerinin yapılmasını sağlayan birçok fonksiyonel menüden oluşur. Aşağıdaki görselde menüye ait en çok kullanılan bölüm gösterilip açıklanmıştır.



Şekil-30 :Komut Paneli

6.1.2. Uçuş Harita

Mission Planner arayüzünün önemli araçlarından biri de verilerini Google Map Data'dan çeken harita bölümündür. Bu bölüm yer kontrol istasyon sorumlusunun en çok takip etmesi gereken bölümlerden biridir. Aracın anlık olarak konumunun takip edilebildiği bu kısımda dönüş yarıçapı, rota hattı, waypoint noktaları, uçuş alanının sınırları gibi verilerde yer alır. Aşağıdaki görselde uçuş haritası açıklanmıştır.



Şekil-31 :Uçuş Haritası

6.2. Görev Sunucusu Arayüzü

GÖK-TEK takımı tarafından Savaşan İHA yarışmasının görevleri için kendi tasarımımız olan ikinci arayüz; kitlenme verilerinin okunacağı, anlık olarak uçaktan

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022

görüntünün izlenebileceği, sunucuya aktarılması gereken verilerin anlık olarak sunucuya aktarılabilcegi ve sunucudan gelen verilerin anlık olarak izlenebileceği bir biçimde tasarlanmıştır. Bu arayüz İHA'ların konumu ve görevlere özel bir şekilde kullanılacağından ötürü hazır bir sistem kullanılmayarak yeni ve özgün bir arayüz tasarımlı yapılmış ve kullanılabilir hale getirilmiştir. Görev ve Sunucu arayüzü hazırlanırken kullanım kolaylığı ve diğer sistemlerle entegresinin kolay olması sebebiyle Python TKinter kütüphanesinden yararlanılmıştır. Bu başlık altında geliştirilen görev ve sunucu arayüzünün tasarımını ve bölümleri inceleneciktir. Yapılan arayüz toplamda dört bölümden oluşmaktadır. Bunlar giriş ekranı, uçuş haritası, uçuş görüntü ekranı ve uçuş verileri ekranıdır. Arayüzün görünümü aşağıda görseldeki gibidir:



Şekil-32 :Uçuş Arayüzü

- 1-) Sunucu Girişi Ekranı 2-) Görüntü Ekranı
3-) Rakip İHA Görüntüleme Sistemi 4-) Veri Ekranı 5-) Elle Müdahale Ekranı

6.2.1. Sunucu Girişi Ekranı

Sunucuya veri alışverişi yapabilmek için sunucuya giriş yapılacaktır. Takıma ait kullanıcı adı ve şifre kullanılarak yapılacak olan giriş için geliştirilen arayüzün “Sunucu Girişi” kısmı kullanılacaktır. Yarışma öncesinde verilen kullanıcı adı ve şifre arayüzde bulunan “Sunucu Girişi” ekranına girilecektir. Bu bilgiler GÖNDER butonu ile /api/giris adresine gönderilerek sunucuda oturum açılacaktır. Yarışma sonunda BİTİR butonu ile /api/cikis adresine GET komutu iletilerek oturum sonlanacaktır. Ayrıca sunucu ile olan API haberleşmesinin durumu ise arayüzün sunucu girişi ekranının en altına yazdırılacaktır. Bu sayede sunucu ile olan haberleşme takip edilebilecektir.



Şekil-30 :Sunucu Giriş Ekranı

6.2.2. Rakip İHA Görüntüleme Sistemi

Sunucudan gelen raki İHA'ların konum ve duruş bilgilerine göre GökTuğrul-2 ve rakip İHA'ların konumu sanal bir radar üzerinde gösterilmektedir. Bu sayede gerçekleştirilen görevin hangi aşamada olduğu kullanıcını tarafından takip edilebilecektir. Radar, kullanıcılarla rakip İHA'ların konumlarını 3 eksenli düzlemede gerçekçi bir izlenimi sağlayarak hedef İHA seçimini ve GökTuğrul-2'nin kontrol ve denetlemesini kolaylaştırmaktadır.



Şekil-33 :Sunucu Giriş Ekranı

Şekil ...’da görebileceğiniz Radar Ekranında kırmızı uçak GökTuğrul-2’yi, mavi uçak Rakip İHA’yı temsil etmektedir. Siyah ile gösterilen çizgilerle de düzlemler arasındaki farklar gösterilmiştir. Otonom kilitlenme görevinde kilitlenmek istenilen İHA otonom olarak seçilebilmesinin yanında manuel olarak da seçilebilmektedir.

6.2.3. Görüntü Ekranı

Yarışmanın en temel görevlerinden biri olan otonom kilitlenmenin başarılı bir şekilde tamamlanabilmesi için uçaktan alınan görüntünün sürekli olarak incelenmesi gerekmektedir. Bu yüzden yapılan arayüze uçakta işlenmiş olarak gelen görüntünün görüntülenebileceği “Kamera Görüntüsü” alanına yer verilmiştir. İHA’da işlenmiş ve hedef vuruş alanı, kilitlenme dörtgeni konulmuş olan görüntü hem arayüzde görüntülenecek hem de sunucuya anlık olarak aktarılacaktır. Geliştirilmiş olan arayüzden alınmış video görüntüsü aşağıdaki görseldeki gibidir:



Şekil-34 :Görüntü Ekranı

6.2.4. Veri Ekranı

Geliştirilmiş olan Arayüzde kilitlenmenin izlenmesi haricinde verilerin sunucuya aktarılması gerekmektedir. Bu yüzden uçaktan alınan belli başlı verilerin bu ekranda bulunmasına karar verilmiştir. Veri ekranının en üst kısmında ise sistem saatı anlık olarak görüntülenecek,

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

arayüz her açıldığında api-sunucu saati sorgusu yapılarak sunucu saati ve sistem saatini kalibrasyonu gerçekleştirilecektir.

Veri ekranının sağ alt kısmında ise kilitlenme verileri bulunmaktadır. Aracın rakip insansız hava aracına kilitlenmesinin anlık olarak her 1 saniye takip ettiğinde [Takip Başarılı] veya [Takip Edilmiyor] bilgisi yazdırılarak arayüz üzerinden görev takibi yapılmış olur. Veri ekranına ait görsel aşağıdaki gibidir:

<i>Bilgi Ekranı</i>		<i>Takip Durumu</i>
Tarih: 19.06.2022	Saat: 16.12	[Takip Başarılı]
Konum: Alaşehir'	Uçuş Süresi: 02.30	[Takip Başarılı]
Rüzgar Hızı: 3m/s	Rüzgar Yönü: Kuzeybatı	[Takip Başarılı]
Durum: ARMED	Hava Hızı: 12.10m/s	
Mod:ROTA_IZLE	Yer Hızı: 16.74 m/s	
Bağlantı: BAĞLI		

Şekil-35 :Bilgi Ekranı

6.2.5 Elle Müdahale Ekranı

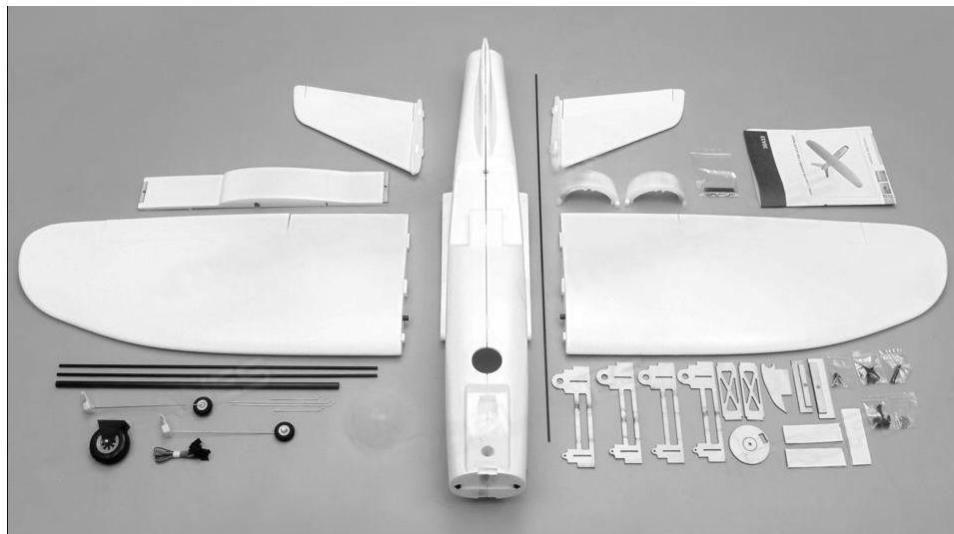
Otonom İniş, Otonom Kalkış, Rota izleme modları manuel olarak Gök-Tek Uçuş Arayüzüyle kontrol edilebilmektedir. GöKTuğrul-2 tam otonom uçuş kabiliyetine sahip olmasının yanında arayüzde bulunan Kontrol Ekranı yardımıyla uçağa elle direkt müdahale imkanı verir. Acil durumlarda RC Kumanda, MissionPlanner'in yanında kullanıcı kontrolü yapılabilecek bir diğer ortam olmaktadır.



Şekil-36 :Elle Müdahale Ekranı

7. HAVA ARACI ENTEGRASYONU (10 PUAN)

7.1 Yapısal Entegrasyon



Şekil-37 :X-UAV Talon Seti

Gök-Tek takımı olarak gövde yapımı için X-UAV Talon modeli seçilmiştir. Bu modelin seçilmesindeki başlıca sebepler vidalama sistemi ile kolay montajının yapılması ve hazır tasarımın EPO malzeme ile üretilmesinden kaynaklı dayanıklılığı bizim X-UAV Talon modelin ile çalışmamızın temel nedenleridir. Uçağımızın uçuş sırasındaki güvenliği bizim için hayatı bir öneme sahip olması sebebiyle uçak gövdesinde bulunan kritik bölgeler karbon fiber malzeme ile kaplanacaktır. Bu işlem sonrasında GökTuğrul-2 hava mukavemetine dayanıklı, herhangi bir kırılma yaşama durumunda hem gövde hem de içindeki malzemelerin sağlam bir şekilde kalması sağlanacaktır. Tasarımımızın yapısal entegrasyonu 7.1.1 , 7.1.2 ve 7.1.3 bölümlerinde detaylı bir şekilde açıklanacaktır.

7.1.1. Kanatlar

İHA ’mız 1718mm kanat açıklığına, 4 cm kanat kalınlığına , 60 dm² kanat alanı ve 52 cm kök vetere sahiptir. Bu boyutlar kanat ucunda kavisli bir hal alır. Kanat malzemesi olarak EPO kullanılmıştır. Kanadın gövdeye entegrasyonu karbon kanat tüplü iki parça ile gövdeye monte edilmiştir. Entegrasyonun ardından kanadın alt bölümünde bulunan mekanizma sıkıştırılarak kanat gövdeye oturtulmuştur. Kanat üzerine kullanılacak sistemler somun ve vida ile sabitlenmiştir. Dayanıklılığın arttırılması için silikon kullanılmıştır. Kanat üzerinde bulunan kablolar elektrik bandı ile üstü kapatılmıştır. Bu kapatma işlemi hem uçuş sırasında kablolarla zarar vermemeyi engellemiştir hem de uçağa estetik bir duruş kazandırmıştır.



Şekil-38 :Kanat Entegrasyonuna Ait Fotoğraflar

7.1.2 Gövde

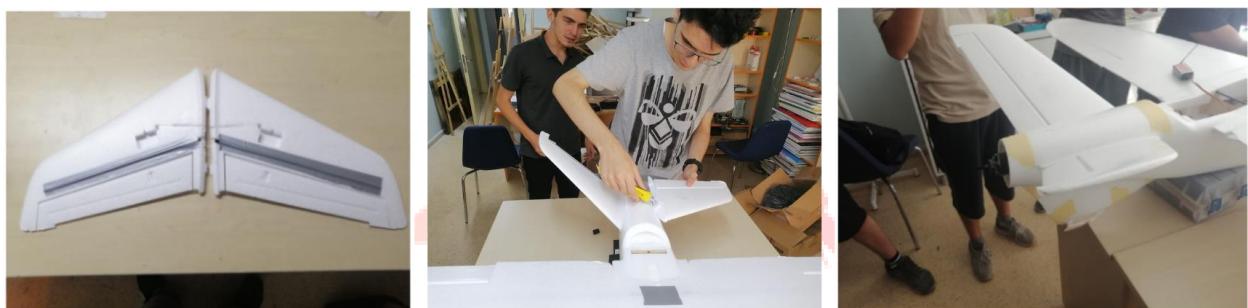
İHA’mız 1100 mm gövde uzunluğuna sahiptir. Gövdemiz ön bölümünde kameramızı yerleştirmek için bir açıklığa sahip olmakla beraber arka bölümünde gövdeye monteli kuyruğun iç tarafında bir motor haznesine sahiptir. Gövdemizin yapımında EPO malzeme kullanılmıştır ve bunun başlıca sebebi hafifliği ile İHA’mızın hızı artttırmak, dayanıklılığı ile de kırılma yaşama durumunda iç sistemlere gelebilecek zararları hafifletmektedir. Bu özelliklerinin haricinde İHA’mızın alt bölümüne epoksi sürülp üstüne karbon fiber bez yapıtırlımıstır. Bu maddenin kullanılmasındaki sebep kırım yaşama durumunda en önemli cihazların bulunduğu alt bölümü korumaktır. Gövde içinde bulunan malzemeler çift taraflı bant ve silikon ile sabitlenmiştir.



Şekil-39 :Gövde Entegrasyonuna Ait Fotoğraflar

7.1.3 Kuyruk

GökTuğrul-2 V kuyruğa sahip olup gövde ve kanatta olduğu gibi EPO malzemeden yapılmıştır. Kuyruk 90 derecelik bir açıya sahiptir ve gövdeye monte edilmiş bir şekilde bulunmaktadır. Kuyruk kısmının arka tarafında bulunan açıklığa motor vidalama sistemi ile yerleştirilmiştir.



Şekil-40 :Kuyruk Entegrasyonuna Ait Fotoğraflar

7.2 Mekanik Entegrasyon

7.2.1 Motor ve İtki Sistemlerinin Mekanik Entegrasyonu



Uçak motorumuz olan T-Motor As 2820 Long Shaft - 1050KV uçağımızın arka kısmında bulunan açıklıkta bulunur. Motorumuz bu açıklığa 4 vida yardımı ile sabitlenmiştir. Yerine sorunsuz oturarak titreme gibi problemler çıkarmamaktadır.

Şekil-41 :İtki Sistemi Mekanik Entegrasyonu

7.2.2 Uçuş Bilgisayarı ve Elektronik Birimler Entegrasyonu

Uçağımızın beyin bölümü olan bu kısım uçak için hayatı bir öneme sahiptir. Uçuş esnasında yaşanabilecek kazalar uçuş bilgisayarı ve diğer sistemleri olumsuz etkilemesi muhtemeldir. Bu bağlamla Gök-Tek ekibi olarak kazalar sonucu oluşabilecek etkileri minimum düzeye indirmek için çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmaların yapıldığı süre zarfında gövde içerisindeki sistem birimlerini korumak için 3D yazıcıdan kalıplar üretilmiştir.



Şekil-42 :Uçuş Bilgisayarı Ve Elektronik Birimler Entegrasyonuna Ait Fotoğraflar

7.2.3 Anten Bağlantı Entegrasyonu

Anten GökTuğrul-2 ile haberleşmede oldukça kritik bir yere sahiptir. Bu sebeple antenlerin doğru bir şekilde konumlandırılması GökTuğrul-2 ile daha verimli bir haberleşme sağlamaktadır. Bu sebeple antenlerin montajı gövdede tespit edilen en verimli yerlere yerleştirilmiştir



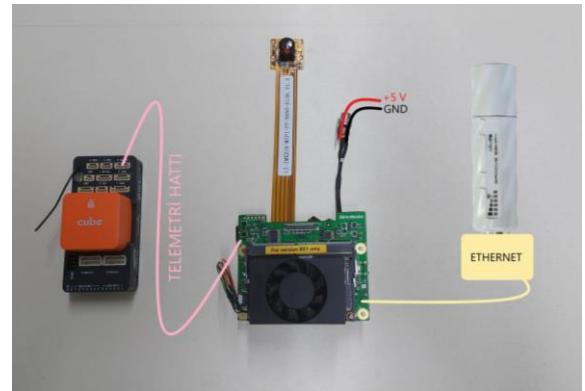
Şekil-43 :Antenlerin Gövde Entegrasyonu

7.3 Elektronik Entegrasyon

Gök-Tuğrul'un otonom kilitlenme, görüntü aktarımı, uçuş kontrol sistemleri gibi alt sistemlerin elektronik beslemesi 4S Li-Po (Lityum Polimer) batarya ile sağlanacaktır. 4S 10000 mAh olan batarya ile bütün elektronik bileşenlere güç aktarımı sağlanacaktır.

7.3.1. Görüntü Aktarım Sistemi

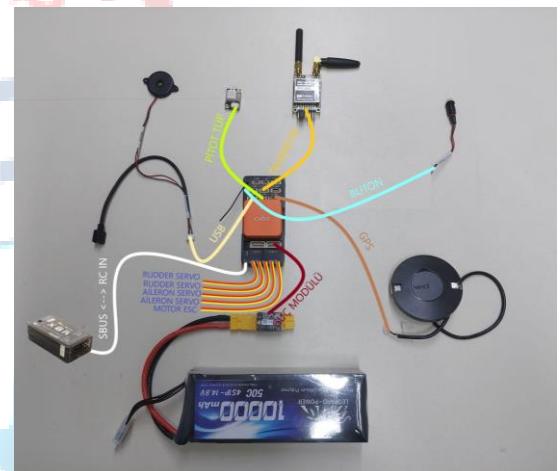
Bu alt sisteme *Görüntü İşleme Bilgisayarından* alınan görüntü verisi *wifi* aracılığı ile yer istasyonuna ilettilir. Görüntünün iletilebilmesi için öncelikle telemetri verileri, yapay zeka bilgisayarı aracılığıyla uçuş kontrol kartından alır. Yapay zeka bilgisayarında telemetri ile birleştirilen video yer istasyonuna iletilecektir. Elektronik bağlantı şeması yanda verilmiştir.



Şekil-44 : Görüntü Aktarım Sistemi

7.3.2. Otonom Uçuş Kontrol Sistemi

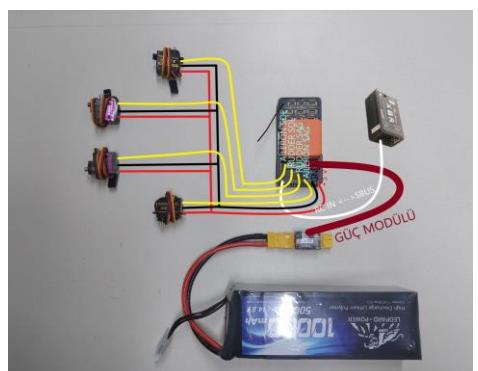
Bu alt sisteme uçuş kontrol kartına bağlanan ve uçuşun kontrolünün sağlanması için gerekli elemanların oluşturduğu kontrol sistemi bulunmaktadır. Bu sistem uçuş kontrol kartı merkezlidir. Uçuş kontrol kartının etrafında yer alan entegrasyonlar şu şekildedir: Batarya izleme ve Pixhawk güç modülü, GPS modülü, Telemetri alıcı-vericisi, OSD modülü, Kumanda alıcısı, Pitot tüpü, buzzer. Öncelikle uçuş kontrol kartının çalışması için gerekli olan elektrik uçuş kontrol kartına, bataryaya bağlanan güç modülü ile sağlanır. GPS modülü, telemetri alıcı-vericisi, buzzer, pitot tüpü gibi modüllerin soketleri Uçuş Kontrol Kartının uygun olan girişlerine bağlanır. Otonom uçuş kontrol sisteminin bağlantı şeması yandaki gibidir.



Şekil-45 :Uçuş Kontrol Sistemi

7.3.3. Uçak Manevra Sistemi

İnsansız hava aracının kanatlarında ve kuyruğunda yer alan, uçağın manevra kabiliyetini sağlayan servo motorların uçuş kontrol kartına bağlantısını içinde bulunduran alt sisteme "Uçak Manevra Sistemi" denir. Bu alt sisteme kanatlarda ve kuyrukta yer alan servo motorlar uçuş kontrol kartından güç ve sinyal alır. Bağlantı tipleri yandaki gibidir.



Şekil-46 :Uçak Manevra Sistemi

7.3.4. Uçak İtki Sistemi

Sistemi

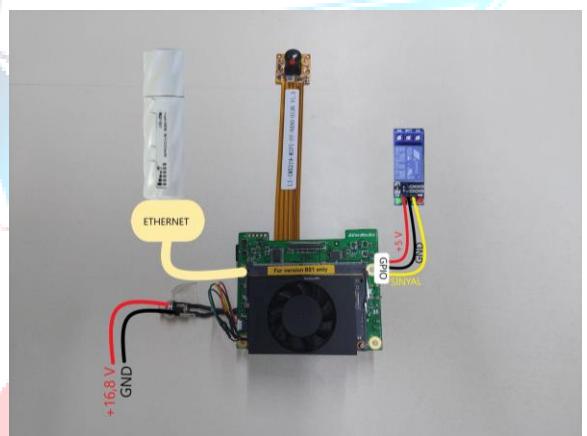
Uçak itki sistemi, uçağa itki sağlayan sistemdir. Üç ana parçadan oluşmaktadır, bunlar: Motor, ESC ve Bataryadır. Bu üç ana parçadan birincisi olan motor, uçağın hareket mekanizmasının temelini oluşturur. Elektrikle çalışan her bileşende olduğu gibi elektrik motorlarında da enerji kaynağına ihtiyaç vardır. Bu enerji kaynağı batarya tarafından karşılanır. Bataryadan gelen güç motora ulaşırken araya ESC modülü bağlanır. ESC, motora gelen akımı kontrol ederek motora istenilen akım değerini verip motorun istenilen değerlerde çalışmasını sağlar.



Şekil-47 :Uçak İtki Sistemi

7.3.5. Görüntü İşleme Sistemi

Savaşan insansız hava araçları yarışmasının en önemli isterlerinden biri görüntü işleme ve otonom kilitlenme sistemidir. Bu alt sistem içerisinde görüntü işlemek üzere bulunan yapay zeka bilgisayarı, görüntü almayı sağlayacak olan kamera ve görüntü işleme bilgisayarı üzerinden görüntü aktarımı için wifi modülünün bağlantılarını gösterir.



Şekil-48 :Görüntü İşleme Sistemi

8. TEST VE SİMÜLASYON (15 PUAN)

8.1. Alt Sistem Testleri

8.1.1.Pil Kapasite Testleri: İtki sistemi için kullanılacak olan 4S 10000 mAh ana batarya ve yedeği ile voltaj ölçer ile doluluk ölçümü yapılp, IMAX B6AC Profesyonel Li-Po şarj cihazı ile tüm Li-Po pillerin şarj ve deşarj işlemleri sağlanarak pil kapasitesinde gözlemler yapılmıştır.

8.1.2. Motor İtki Testi: T-Motor AS-2820 1050kv fırçasız motora 11*5.5 inç pervane takılarak itki testleri ve dikey kalkış ağırlıkları yapılan düzeneklerle test edildi. İtki testini hassas tارتı üzerinde gerçekleştirdik. Motor ve sabitleyicileri üzerindeyken darası alınarak tارتı sıfırlanmıştır. Motorun kendi ağırlığı dahil olmadan maksimum 2870 gram itki kuvveti ölçümünü başarılı bir şekilde gerçekleştirmiştir.

8.1.3 Yapısal Test: Prototip model çalışmaları yapılarak, gövde içeresine aviyonik bileşenler yerleştirilip kütte merkezi ölçümü yapılmış, parça yerlerini belirleyerek kanat konumu ayarlanmıştır.



Şekil-49 :Yapısal Testler İle Alakalı Görüşeller

8.1.4. Kilitlenme Testi : Görüntü tanımlama (tarama ve algılama) kütüphaneleri üzerine yaptığımız araştırmalar sonucunda YOLOv3 ve kayan pencere(sliding window method) modeli kullanımına karar kılınmıştır. Yine aynı şekilde Görüntü izleme kısmında ise GOTURN (Regresyon Ağlarını Kullanarak Genel Nesne İzleme) algoritma modeli kullanıldığı belirtilmiştir. Otonom izlemeyi gerçekleştirmek ve doğruluğu artırmak için 32 | Sayfa GÖK-TEK İHA Takımı Savaşan İHA Yarışması 2022 GOTURN ve YOLOv3 birlikte kullanılarak algılama yoluyla izlemenin bir kombinasyonu geliştirildiği de 4. Maddede anlatılmıştır. Bahsedilen algılama ve izleme algoritmalarının görev bilgisayarı üzerinden testlerini yapabilmek adına, Gök Tuğrul-2 insansız hava aracımızın, görev bilgisayarı olan Nvidia Xavier'i hazır bulunan dronelar ile algılama ve izleme algoritma testleri rc kumandalı manuel pilotaj ile denenmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil-50 :Kilitlenme Testine Ait GörSEL

8.1.5. Gps Konum Doğruluk Testi

8.1.6. Görüntü ve Veri Aktarım Menzil Testi Yer Kontrol İstasyonu ve HU-35X kablosuz olarak telemetri bağlantısının yanında birbirlerine Wİ-Fİ üzerinden de bağlanacaktır. HU-35X'ten Yer Kontrol İstasyonuna görüntü aktarımı bu Wİ-Fİ bağlantısı üzerinden gerçekleşecektir. Fakat Wİ-Fİ bağlantısının veri iletimi için kullandığı radyo dalgalarının enerjisi, dalgaların aldığı yol arttıkça azaldıgından ötürü bu bağlantının sınırlı bir menzili vardır. Veri linki menzil testinde amaç bu maksimum mesafeyi bulmak, Yer Kontrol İstasyonu ve HU-35X arasındaki mesafeye göre sinyal şiddetinin nasıl değiştiğini tespit etmek ve 5.2'de belirtilen Wİ-Fİ sistemiyle hangi mesafeye kadar HD video aktarımı yapabileceğini belirlemektir. Bu testi gerçekleştirmek için kalkış sonrası HU-35X'ten Yer Kontrol İstasyonuna video aktarımı başlatılacak sonrasında HU-35X video aktarımı kesilene kadar Yer kontrol istasyonundan uzaklaştırılacaktır. Ayrıca uzaklaşma sırasında belirli mesafelerde sinyal şiddeti kaydedilecektir. Böylelikle mesafeye göre sinyal şiddetinin nasıl değiştiği ve Wİ-Fİ sisteminin menzili bulunacaktır.

8.1.7. Tutunma Hızı Testi : Herhangi bir insansız hava aracının havada kalabilmesi için gereken minimum hız tutunma hızı denir. Tutunma hızı sayesinde insansız hava aracı gökyüzünde ilerleyebilir, ancak tutunma hızının altına düşürse araç düşüşe geçecektir.

8.1.8 Stall Hızı

Her uçağın minimum uçma süratı vardır ve bunlar birbirlerinden farklıdır. Uçuşun herhangi bir safhasında uçak minimum süratin altına düşerse kanatlar gerekli kaldırma kuvvetini sağlayamaz ve aşağı doğru çökmeye başlar. İşte bu noktada, yani uçak minimum uçuş süratinin altında uçurulmaya çalıştırıldığında uçak stall'a girmiş olur. Stall'a giren uçak titremeye başlar. Bu hızın hesapları şu şekildedir.

$$L = W$$

$$L = \frac{1}{2} \times P_{alt} \times V^2 \times C_L \times S$$

$$V_s = \sqrt{(2 \times L / \rho \times S \times C_l)}$$

$$V_s = \sqrt{(2 \times W \times g / \rho \times S \times C_l)}$$

Bu denklem üzerinden yaptığımız hesaplar sonucu farklı parametreler değişiklikleri hesaplanmıştır. Hesaplanma sonucu GökTuğrul-2 farklı koşullarda stabil bir şekilde uçuş gerçeklestirebildiği sonucuna varılmıştır.

8.2 Uçuş Testi ve Uçuş Kontrol Listesi

8.2.1 Uçuş Testi



Şekil-51 :Uçuş Öncesi Hazırlık GörSELLERİ

Uçuş kontrol listesi ile son kontrolleri yapılan GökTuğrul-2 uçuşa hazır bir vaziyete getirildi.



Şekil-52 : Kalkış Anı GörSELLERİ

GökTuğrul-2 elden fırlatılmasının ardından başarılı bir şekilde uçuşunu gerçekleştirmiştir. uçuşlarla ilgili videolarımız sosyal medya hesaplarımızda mevcuttur.

8.2.2 Uçuş Kontrol Listesi

Uçuş kontrol listesi uçağın güvenli bir şekilde testlerin ve uçuşun yapılması olanak sağlar. Kontrol edilmeyen testler çevreye maddi ve manevi hasarlara sebep olabilir. Ekibimiz burada belirttiğimiz maddeler eşliğinde uçuş sırasında yaşanacak arıza ve olası problemlerin önüne geçmeyi hedefliyor.

Başlıca kontrol edilecekler listemiz şu şekildedir :

- Gerekli izinlerin alınması
- Şasi kontrolü :
 - Kanat, gövde gibi parçaların birbirine tam oturtulması
 - Vidaların yerlerine tam oturtulması
 - Gövde üzerinde herhangi çatlak gibi tehlikeli durumların bulunmaması
- Ana gövde kontrolü :
 - Aviyonik sistemlerin herhangi bir probleme sebep açıp açmadığının kontrolü
 - Herhangi bir zedelenmiş parçanın tespit edilmesi
- Güç kontrolü :

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

- Yer istasyonunda bulunan cihazlar ile batarya kontrolü
- Hava aracının bataryasının sağlık kontrolü
- Hava aracı devresi üzerindeki herhangi bir kısa devrenin tespiti
- Yedek bataryaların sağlık kontrolü
- Detaylı uçuş parçaları kontrolü :
 - Pervaneler üzerindeki herhangi çatlakların kontrolleri
 - Daha iyi bir uçuş deneyimi için pervanelerin balans kontrolleri
 - Motor aksamı ve sargıları üzerinde oluşabilecek kir ve engellerin temizliği
- Haberleşme kontrolü :
 - Kumandanadan giden sinyallerin hava aracı üzerindeki etkilerinin kontrolleri
 - Hava aracı üzerinden gelen sinyallerin kontrolleri
 - Hava aracı üzerinde bulunan kamera modülünün işlev kontrolü
- Çevre kontrolü :
 - Kalkış yapılacak pist üzerinde canlı kontrolü
 - Kalkış yapılacak pist üzerinde maddi zarar görebilecek nesnelerin tespiti
 - Ortamda rüzgar yönü ve şiddetinin kontrolü
 - Pist üzerindeki kalkışa engel olabilecek nesnelerin kontrolü
- Yer kontrol istasyonunun kontrolü
- Acil durum butonunun kontrolü

9. GÜVENLİK (5 PUAN)

Bu bölümde, karşılaşması muhtemel risklerin tespiti ve bu risklere karşı alınan önlemler anlatılmalıdır. (Ör: çalışma ortamında ilk yardım çantası bulunması, özel pil çantası kullanılması, vb.)

- GökTuğrul-2 yarışma kriterlerine uygun bir biçimde dizayn edilmiş olup yarışma şartlarına göre herhangi bir tehlike arz edilecek bir yapı bulunmamaktadır.
- Yarışma şartnamesinde belirtilen güvenlik ihtiyaçları göz önünde bulundurularak GökTuğrul-2'nin gövdesinin kolay ulaşılabilen bir bölgeseğe güç kesme anahtarı monte edilmiştir.
- Yarışma alanında tüm Li-Po bataryalar yanma ve patlama tehlikesine karşı özel yanmaz koruma çantasında muhafaza edilecektir.
- Olası bir kaza anına karşın yaralanmalar için ilk yardım çantası, yanma durumu için ise itfaiye tüpü getirilecektir.
- Olası bir düşme durumunda tehlike oluşturma ihtimali bulunan bataryaların doğaya ve diğer malzemelere aykırı bir renk ile alüminyum kaplanarak olay yerinde daha kolay bulunması sağlanacaktır.

- Düşen araca müdahale sırasında koruyucu gözlük, maske, eldiven ve kask ile korunan bir birey tarafından müdahale edilecektir. Getirilen itfaiye tüpü yanın durumuna karşı müdahale sırasında kullanımına hazır bir halde yanımızda bulunacaktır.
- Uçuş öncesi gerekli kontrollerin eksiksiz yapılması kaydıyla bir uçuş öncesi kontrol listesi hazırlanmıştır.
- Yarışma esnasında GökTuğrul-2 ile bağlantı kopması halinde otonom bir şekilde başlangıç noktasına geri dönüş gerçekleştir.
- Avyonik kablolamada kablolar ,kabloların taşıyacağı akımı güvenli bir şekilde iletilmesini sağlayacak şekilde seçilmiş olup tüm testleri yapılmış ve istenilen sonuçları vermiştir. Elektronik kablolama ve bağlantıların güvenliği, güçlü konnektörler kullanılarak sağlanmıştır. Konnektör ve bağlantı noktalarının gevşeme veya çıkma ihtimaline karşı tüm bileşenler gövdeye sabitlenecektir.



Şekil-53 :Kullanılan güvenlik malzemeleri

10. REFERANSLAR

- [1] <https://www.nvidia.com/tr-tr/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-xavier-nx/>
<https://developer.nvidia.com/deepstream-sdk>
- [2] 3DR DRONEKIT, “3D Robotics, “Guided Mode Movement and Commands”, online: “<https://dronekit-python.readthedocs.io/en/latest/examples/guided-set-speed-yaw-demo.html>”, accessed on: 11th May. 2021
- [3] [https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=VT-Tc3Tx5aEC&oi=fnd&pg=PT7&dq=Sadraey,+M.+H.+\(2012\).+Aircraft+design:+A+systems+engineering+approach.+John+Wiley+%26+Sons.+p.+27-28&ots=0URCXWz2tB&sig=DlhhC9CEsebbFfT_a7ohiJNjK2o&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=VT-Tc3Tx5aEC&oi=fnd&pg=PT7&dq=Sadraey,+M.+H.+(2012).+Aircraft+design:+A+systems+engineering+approach.+John+Wiley+%26+Sons.+p.+27-28&ots=0URCXWz2tB&sig=DlhhC9CEsebbFfT_a7ohiJNjK2o&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- [4] Mozaffari, M., Saad, W., Bennis, M., “Communications and Control for WirelessDroneBased Antenna Array”, arXiv:1712.10291v2 [eess.SP] 25 Sep 2018 [5] J. Leško, M. Schreiner, D. Megyesi and L. Kovács, "Pixhawk PX-4 Autopilot in Control of a Small Unmanned Airplane," 2019 Modern Safety Technologies in Transportation (MOSATT), 2019, pp. 90-93, doi: 10.1109/MOSATT48908.2019.8944101.

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

- [4] H. Bin, A. Justice, "The design of an unmanned aerial vehicle based on the ArduPilot", 2009
- [5] <https://coek.info/pdf-design-performance-evaluation-and-optimization-of-a-uav-.html>, 201
- [6] J. Redmon and A. Farhadi, “YOLOv3: An Incremental Improvement,” Computer Vision and Pattern Recognition, arXiv:1804.02767, 2018
- [7] R Huang, J Pedoeem, C Chen “YOLO-LITE: A Real-Time Object Detection Algorithm Optimized for Non-GPU Computers”, 2018
- [8] K. Ogata, “Discrete-Time Control Systems”, Second edition , 1995
- [9] M. Astari , P. Rusimamto , “Rancang Bangun Sistem Pengendalian Posisi Azimuth Antenna Tracker Berbasis Global Positioning System (Gps) Dengan Kendali PID” , 2018
- [10]Unmanned Aerial Vehicles: A Revolution in the Making/<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02951743/document>
- [11] <https://davheld.github.io/GOTURN/GOTURN.pdf>
- [12] H. Li, Y. Li, and F. Porikli, “Deeptrack: Learning discriminative feature representations online for robust visual tracking,” IEEE Transactions on Image Processing, vol. 25, no. 4, pp. 1834–1848, 2016.
- [14] <https://docs.cubepilot.org/user-guides/>
- [14]<https://www.frsky-rc.com/wp-content/uploads/Downloads/Manual/X9DP/X9D%20PLUS-manual.pdf>
- [15]<https://airplaneacademy.com/high-wing-vs-low-wing-aircraft-pros-cons-and-key-differences/>
- [16]<https://www.hackster.io/arun-gandhi/object-detection-on-drone-imagery-using-raspberry-pi-208676>