



SAVAŞAN İHA YARIŞMASI KRİTİK TASARIM RAPORU

TAKIM ADI: STNM - HAVA

TAKIM ID: 505957

BAŞVURU ID: 2067193

2024

İÇİNDEKİLER

1. TEMEL SİSTEM ÖZETİ.....	3
1.1 Sistem Tanımı.....	3
1.2 Sistem Nihai Performans Özellikleri.....	3
2. ORGANİZASYON ÖZETİ	4
2.1 Takım Organizasyonu.....	4
2.2 Zaman Akış Çizelgesi ve Bütçe	5
3. DETAYLI TASARIM ÖZETİ.....	6
3.1 Hava Aracının Üç Boyutlu Tasarımı.....	6
3.1 Hava Aracı Performans Özeti	7
3. 2 Nihai Sistem Mimarisi ve Alt Sistemler Özeti	9
3.3 Hava Aracı Ağırlık Dağılımı.....	12
4. OTONOM GÖREVLER.....	14
4.1 Otonom Kilitlenme.....	14
4.2 Kamikaze Görevi.....	16
5. HAVA SAVUNMA SİSTEMİ	17
6. YER KONTROL İSTASYONU, HABERLEŞME VE KULLANICI ARAYÜZÜ .	18
7. HAVA ARACI ENTEGRASYONU	19
7.1 Yapısal ve Mekanik Entegrasyon.....	19
7.2 Elektronik Entegrasyon	20
8. TEST VE SİMÜLASYON	22
8.1 Alt Sistem Testleri	22
8.2 Uçuş Kontrol Listesi ve Uçuş Listesi	22
8.3 Görev Testleri	23
9. GÜVENLİK	24
10. REFERANSLAR.....	25

1. TEMEL SİSTEM ÖZETİ

1.1 Sistem Tanımı

STNM – HAVA takımı tarafından geliştirilen GÖKTULGA hava aracı otonom kalkış, otonom uçuş ve otonom iniş yapabilen; görev isterleri kapsamında kitlenme ve dalış için gereken akrobasi kabiliyetine sahip, gerçek zamanlı video aktarımı gerçekleştirebilen tam otonom bir hava aracıdır. 4500 gr kalkış ağırlığı, 1800mm kanat açılığı, 19,7 dakikalık uçuş süresine sahip hava aracına alt sistemler aşağıdaki gibidir.



Şekil 1.1.1: Hava Aracına Ait Alt Sistemler

Yapay Zeka Sistemi: Sensörlerden aldığı verileri analiz ederek hava aracının çevresel farkındalığını sağlayan alt sistemdir. CNN (Convolutional Neural Network) tabanlı yapay zeka modeli, nesne tespiti ve takibi, dinamik rota planlama, kamikaze dalışı gibi otonom sistemlerin oluşturur. Hava aracının güvenli ve etkili bir şekilde hareket etmesi için gereken dinamik rota planlaması ve otopilot gibi görevlerini yerine getirir.

İtki Sistemi: Hava aracının ihtiyaç duyduğu kaldırma kuvvetini oluşturan alt sistemdir. Kanat altında bulunan iki adet 490KV fırçasız elektrik motor, 12x10 iki pervane, 80A iki adet ESC ve bataryadan oluşan itki sistemi ortalama 1.34 Thrust-Weight değeri ile aracın ihtiyaç duyduğu kaldırma kuvvetini üretir.

Yer Kontrol İstasyonu: Hava aracına ait verilerin izlenmesine olanak sağlayan alt sistemdir. Canlı konum ve yön haritası, hava hızı, yer hızı, batarya değeri, konum, GPS gibi hava aracına ait verilerin izlenmesine, yarışma sunucusundan alınacak verilerin değerlendirilmesine olanak sağlar.

Uçuş Kontrol Sistemi: Hava aracının istikrarını, yönlendirilebilirliğini ve performansını sağlayan alt sistemdir. Aktüatörler, sensörler ve bilgi işlem birimlerinden oluşan sistem hava aracının durumuyla ilgili verileri toplar. İşlem biriminin bu verileri analiz etmesiyle uygun kontrol sinyalleri oluşturulur. Aktüatörler aracılığıyla kontrol yüzeylerine (aileron ve rudder) ve motorlara iletilen bu sinyaller istenen manevranın gerçekleşmesini sağlar.

Haberleşme Sistemi: Hava aracın ve yer kontrol istasyonu arasında haberleşmesini sağlayan alt sistemdir. Hava aracına ait GPS koordinatları, irtifa bilgisi, kilitlenme durumu ve kilitlenme alanının konumu gibi bilgileri ayrıca yarışma sunucusundan alınacak uçuş

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2024

sınır koordinatları ve uçuş irtifa sınırlamaları gibi verilerin Rfd868x Telemetri Modülünü kullanarak gerçek zamanlı iletimini gerçekleştirir.

Güç Sistemi: Hava aracının ihtiyaç duyduğu gücü sağlayan alt sistemdir. İki ayrı baryadan oluşan sisteme ana baryaya itki sistemini beslerken ikinci barya, ana baryadan bağımsız olarak kalan elektriksel bileşenleri beslemektedir.

1.2 Sistem Nihai Performans Özellikleri

Oluşturulan hava aracı sistemi tasarım, aviyonik özellikler, malzeme seçimi ve hareket kabiliyeti gibi unsurlar göz önünde bulundurularak geliştirilmiştir. Hava aracının optimum performans ve işlevsellik elde etmek için XFLR5, Ecalc, SolidWorks ve Proteus gibi yazılımlar kullanılmıştır. Hava aracına ait sistem performans özeti Tablo 1.1'de gösterilmiştir.

Nihai Sistem Özellikleri			
STALL HIZI	14.28m/s	KANAT YÜZEV ALANI	40dm ²
SEYİR HIZI	16.05m/s	KANAT HÜCUM AÇISI	5.02 derece
UÇUŞ SÜRESİ	19.7 dk	KALKIŞ AĞIRLIĞI	4500 gr
İTKİ AĞIRLIK ORANI (T/W)	1.34T/W	İTKİ KUVVETİ	17.46N
KANAT AÇIKLIĞI	1800mm	HABERLEŞME MENZİLİ	40KM
KANAT AR	8.1617	KAMERA GÖRÜŞ AÇISI	78 Derece

Tablo 1.2.1 Nihai Sistem Özellikleri

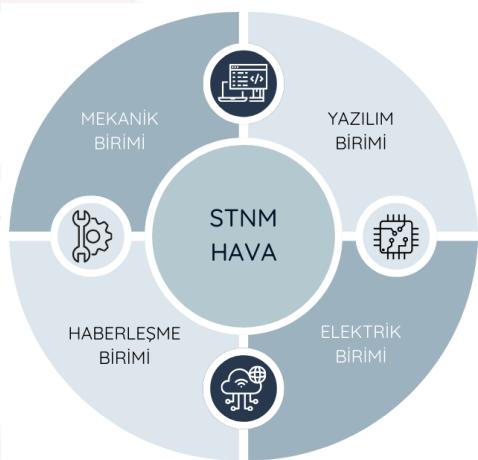
2. ORGANİZASYON ÖZETİ

2.1 Takım Organizasyonu

STNM – HAVA takımı Fırat Üniversitesi bünyesinde STNM(Savunma Teknolojileri ve Nitelikli Mühendisler) Topluluğu altında 2022 yılında kurulmuştur. Yazılım Mühendisliği, Makine Mühendisliği, Bilgisayar Mühendisliği, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Havacılık Elektrik ve Elektroniği gibi çeşitli alanlardan 12 öğrenci, bir mezun ve bir takım danışmanından oluşan 14 kişilik bir ekipdir. Yazılım Birimi, Mekanik Birimi, Elektrik Birimi ve Aviyonik Birimi olmak üzere 4 ana parçadan oluşmaktadır.

Yazılım Birimi: Yarışma görevlerinde kullanılacak görüntü işleme, yapay zeka modelleri; aracın otonom kalkış-iniş ve uçuşu, dinamik rota planlama gibi hava aracına ait yazılımsal sistemleri geliştirmektedir.

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2024



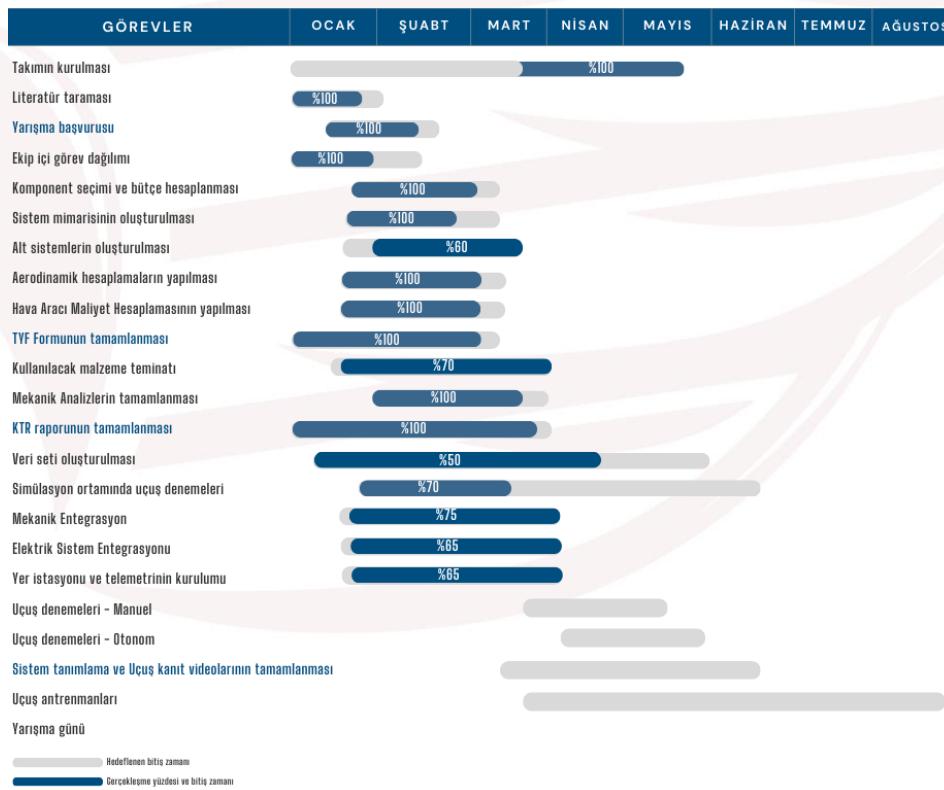
Şekil 2.1.1 Takım Organizasyonu

Mekanik Birimi: Aerodinamik performansı optimize olacak şekilde tasarımını gerçekleştiren, analizini yapan ve üretimini gerçekleştiren birimdir. Üretilen parçaların, alt sistemlerle sorunsuz bir şekilde entegre edilmesini sağlar.

Elektrik Birimi: Alt elektrik sistemlerinin oluşturulmasını, kullanılacak sensör seçimi ve entegrasyonunu sağlayan birimdir.

Haberleşme Birimi: Telemetri - Yer Kontrol İstasyonu arasında haberleşmeyi ve iletilecek paketlerin oluşturulmasını sağlayan ekiptir.

2.2 Zaman Akış Çizelgesi ve Bütçe



Tablo 2.2.1 Zaman Akış Çizelgesi

2.2.2'de ürün açıklamaları ve gereken bütçe detaylıca açıklanmıştır.

Yarışma takvimine göre proje isterleri göz önünde bulundurularak zaman planlaması gerçekleştirılmıştır. Hedeflenen bitiş tarihleri ve gerçekleştirilmeye yüzdelerine Tablo 2.2.1 de yer verilmiştir.

Ayrıca araç için istenen aerodinamik yapı ve özellikler, müsabaka süreleri gibi isterler gö önünde bulundurularak sistem tasarıımı tamamlanmış Tablo

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2024

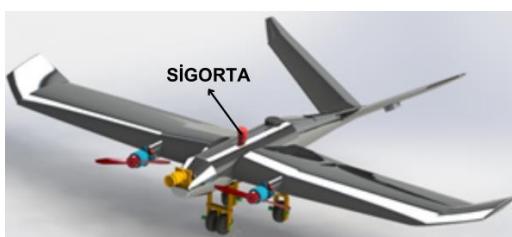
Ürün Adı	Adet	Birim Fiyatı	Tutar
TJL UAV MINI GOSE İHA GÖVDESİ	Envanterde mevcut	-	-
OS ENGINES 51013010 OMA-5020-490W ELEKTRİK MOTORU	2 (Envanterde 1 adet)	₺5303,32	₺5.303,32
SKYWALKER ESC 80A	2	₺1523,04	₺3.046,08
MG995 SERVO MOTOR	Envanterde mevcut	-	-
LEOPARD POWER BATRYA 12000mAh	Envanterde mevcut	-	-
LEOPARD POWER BATRYA 42000mAh	Envanterde mevcut	-	-
ARDUCAM IMX219 M12 KAMERA	1	₺1009,44	₺1.009,44
RC832 ALICI TS832 VERİCİ SET	Envanterde mevcut	-	-
TF-MINI LİDAR	Envanterde mevcut	-	-
NVIDIA JETSON XAVIER NX YAPAY ZEKA BİLGİSAYARI	Envanterde mevcut	-	-
PIXHAWK CUBE ORANGE PLUS OTOPİLOT KARTI	Envanterde mevcut	-	-
WD BLACK SN750 250GB SSD	Envanterde mevcut	-	-
MATEKSYS DİJİTAL AIRSPEED SENSÖR	1	₺2.481,05	₺2.481,05
MINI AKÜ DEVRE KESİCİ ŞALTER 12/24/32V 200A	2	₺387,17	₺774,34
APC 12010 12X10W 60 PATTERN PERVANE	2	₺229,34	₺458,68
RADIOLINK AT10 II KUMANDA SETİ	Envanterde mevcut	-	-
RG ES-108D AĞ YÖNLENDİRİCİ	Envanterde mevcut	-	-
RFD868x RADYO TELEMETRİ SETİ	1	₺18.989,00	₺18.898,00
BUCK REGULATÖR	2	₺349,00	₺766,28
BASE100 GÜÇ DAĞITIM MODÜLÜ	1	₺1.399,00	₺1.467,28
MAUCH HS-200-HV	1	₺2.907,48	₺2.907,48
FLYSKY UÇUŞ SIMÜLATÖRÜ KABLOSU	1	₺340,68	₺415,48
TOOLKITRC M7AC 300W BATARYA ŞARJ ALETİ	1	₺5.830,00	₺6.529,60
HERE4 MULTIBAND GPS	1	₺12.133,87	₺12.133,87
		GENEL TOPLAM	₺56.190,90

Tablo 2.2 Bütçe Planlaması

3. DETAYLI TASARIM ÖZETİ

3.1 Hava Aracının Üç Boyutlu Tasarımı

Gövde seçiminde 1800mm kanat açıklığına 885mm uzunluğa ve $40dm^2$ kanat yüzeye alanına iniş takımı ile 395mm yerden yüksekliğe sahip TJL UAV MINI GOSE hazır gövde kiti tercih edilmiştir. Düşük kanat alanı, ortadan kanat yapısı ve aerodinamik özellikleri sayesinde istenilen akrobasi kabiliyetine sahip gövdenin 3 boyutlu tasarımı SolidWorks programı kullanılarak modellenmiştir.



Şekil 3.1.1 Hava aracı 3D Görsel I



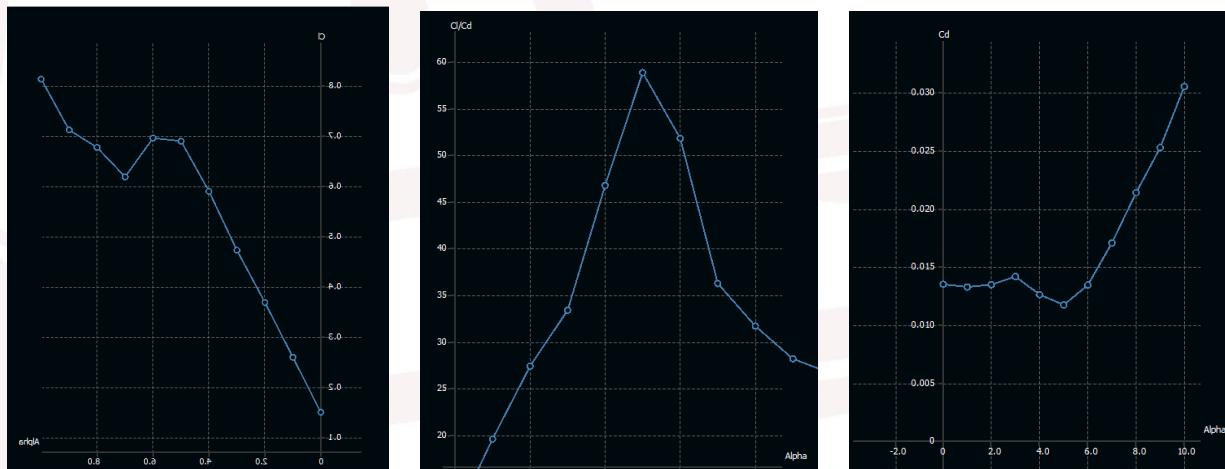
Şekil 3.1.2 Hava aracı 3D Görsel II

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2024

Faydalı yük ve alt sistem montajı SolidWorks üzerinden tamamlanan hava aracında kullanılacak gövde ağırlığı 800gr, kalkış ağırlığı 4500gr'dır. Faydalı yük yerleşiminde ağırlık merkezi göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca gövdenin envanterimizde bulunması maliyet açısından büyük avantaj oluşturmuştur. Ekibimiz tarafından tasarlanan iniş takımı ile hava aracının piste güvenli bir şekilde indirilmesi hedeflenmiştir.

3.2 Hava Aracı Performans Özeti

NACA 65(2)215 kanat profiliinin $\alpha = 5.02$ derece húcum açısı analizi yapılarak elde edilen $CL = 0.703$, $CD = 0.011$ ve $L/Dmax = 64.897$ değerleri göz önünde bulundurularak aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 3.1.1 Kanat Profilleri Aerodinamik Katsayılarının Húcum Açılarına Göre Grafikleri

Ortalama Veter Uzunluğu (c):

$$0.6325 \text{ m}, S = 0.400 \text{ m}^2$$

Düşük stall hızı için düşük kanat yüklemesi (W/S) ve yüksek taşıma katsayısı gereklidir. Profil maksimum taşıma katsayısı profil grafiklerinden elde edildikten sonra kanat için yaklaşık olarak aşağıdaki denklem kullanılabilir.

$$CL_{max} = 0.9 \text{ Profil maksimum taşıma katsayıısı}$$

Stall Hızı hesaplanırken aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$V_{stall} = \sqrt{(2 \times W \times g) \div (p \times S \times CL_{max})}$$

$$V_{stall} = \sqrt{\frac{2 \times 4.500 \times 9.81}{1.225 \times 0.400 \times 0.9}} = \frac{14.14 \text{ m}}{\text{s}}$$

Seyir Hızı hesaplanırken aşağıdaki formül kullanılmıştır.

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2024

$$V_{seyir} = \sqrt{(2 \times W \times g) \div (p \times S \times Cl)}$$

$$V_{seyir} = \sqrt{\frac{2 \times 4.500 \times 9.81}{1.225 \times 0.400 \times 0.703}} = \frac{16.m}{s}$$

Lift ve sürtünme kuvveti hesaplanırken aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\frac{L = 0.703 \times 1.225 \times 0.400 \times 16^2}{2} = 44.13N$$

$$D = \frac{0.011 \times 1.225 \times 0.400 \times 16^2}{2} = 0.6899N$$

Açıklık Oranı hesaplanırken bir kanadın açıklığının (span) karesinin kanat alanına (S) bölünmesi ile elde edilmiştir. Bu oran, kanadın aerodinamik verimliliğini ve uçuş karakteristiklerini belirlemede önemli bir faktördür. (b: Kanat Açıklığı, AR: Açıklık Oranı)

$$Açıklık\ Oranı: b ** 2/S$$

$$AR = b ** 2/S = 1.8 ** 2/0.4 = 8.1617$$

Sıvırılma oranı hesaplanırken bir kanadın uç veterinin (tip chord) kök veterine (root chord) olan oranı ile elde edilmiştir.

$$Sıvırılma\ Oranı = Ctip/Croot$$

$$\lambda = Ct/Cr = 0.14/0.30 = 0.4666$$

Burada *Ctip* uç veter uzunluğu ve *Croot* kök veter uzunluğunu temsil eder. Bu oranlar, uçak veya İHA tasarımda aerodinamik verimliliği optimize etmek için kullanılır.

ANSYS ve XFLR5 programları üzerinden stall hızı 14.28 m/s bulunmuştur.

Motor tercihi yapılırken insansız hava aracının sürtünmesi, uçuş hızındaki gereklilik kuvveti ve itki/güç tüketimi değerleri göz önünde bulundurulmuştur.

4500gr olarak hesaplanan hava aracında motor seçiminin ilk parametresi olarak itki/ağırlık oranının Ecalc uygulaması üzerinde 1.34 olduğu görülmüştür. Tüm sistemlerin ihtiyaç duyduğu toplam güç 933.984 Watt olup, 28,8 Volt gerilim ile bu gücün sağlanabilmesi için yaklaşık 32.43 amper akıma ihtiyaç duyulmaktadır. Teorik hesaplara göre sahip olunan 12000 mAh batarya 32.43 amper akımı yaklaşık 19.7dk teorik uçuş süresi sağlayabilecektir.

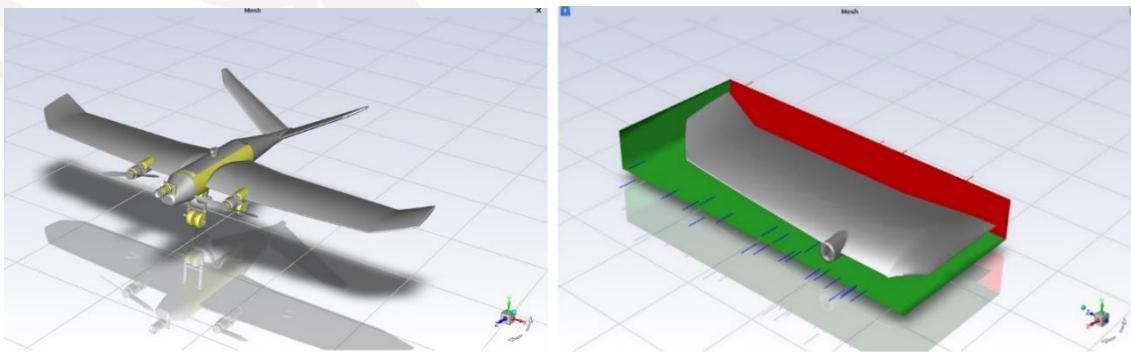
$$(12000 MAh \div 32.43 \text{ (aviyonik malzemeler [6.380])})$$

$$+ \text{motorların çekenceği akım [30.123] Mah.}) \times 60 dk. = 19.7 dk.$$

Yukarıda hesaplamaları verilen hava aracına ait analizler ANSYS programı kullanılarak modellenmiş ve hava aracı üzerinde akışı simüle edilmiştir. Ortamın oluşturulması ardından

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2024

kanada hava akışı sağlanarak giriş çıkışlar ifade edilmiştir. Akış simüle edildikten sonra kanatta oluşan statik basıncın kanat yüzeyince eşit şekilde dağıldı gözlemlenmiştir. Aracımızın CL katsayısı 0.703 CD katsayısı 0.011 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.1.3: ANSYS Ortamında Hava Aracının Modellenmesi ve Akışın Simüle Edilmesi

3.3 Nihai Sistem Mimarisi ve Alt Sistemler Özeti

Görev isterleri doğrultusunda aracımızı oluştururken, temel önceliğimiz kullanışlılık, verimlilik ve güvenilirlik ilkelerini gözetmektı. Bu amaçla, nihai kullanılacak donanım seçimi gerçekleştirilmiştir.

OS Motors OMA 5020 490KV Elektrik Motoru: Yüksek moment, yüksek güç/ağırlık oranı, yüksek verim, sessiz çalışma, yoğun sargı yapısı, güvenilirlik ve düşük bakım giderleri gibi özellikler göz önünde bulundurularak seçim yapılmıştır. Hava aracının uçuş ağırlığı ve havada kalma süresi de hesaba katılarak yeterli itki elde edilmiştir.



Ağırlık(Gr)	Amper(A)	Voltaj(V)	Güç(W)	İtki(Gr)
350 gr	50-60 A	22.2 V	1110 W	5200 Gr

SkyWalker 80A ESC: Bataryadan gelen akımın düzenlenmesi, motor hızı ve gücünü ayarlanması için SkyWalker 80A ESC tercih edilmiştir. 25.2V giriş gücü, motorun güçlü yapısı ve anlık olarak 50-60A çekimi, 6S batarya ve DC motorumuzla uyumlu olarak çalışmaktadır.



Maksimum Akım(A)	Çalışma Voltajı(V)	BEC Çıkısı
80A (Anlık 100A)	2-6S Li-Po Batarya	5V/5A

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2024

JetFire 12000mAh/4200mAh Lİ-PO Bataryalar: Sistemde 12000mAh 22.2V 40C Lİ-PO batarya ve 4200mAh 40C 14.8V batarya olmak üzere iki adet pil kullanılmaktadır. 12000mah batarya itki sisteminin güç ihtiyacını karşılayarak bize 19.7 dakikalık bir uçuş süresi sağlarken, 4200mAh batarya kalan komponentleri besleyerek aracın ani bir güç kaybı halinde Fail Safe moduna geçmesi sağlar.



Allestock Mini Sigorta: Allestock Mini Akü Devre Kesici kompakt yapısı 12-24V çalışma gerilimi, 200 amper üstünde sigorta görevi görmesiyle şartname isterlerini karşılamaktadır. İtki sisteminde güvenlik amaçlı kullanılacak olup sistem isterlerini karşılamaktadır.



MTA 200 Sigorta: MTA 200 Amper Bakır Midival araçta kulanılacak 4200mAh değerindeki ikinci bataryamızda sigortalama görevi görerek güvenlik amaçlı kullanılacaktır.

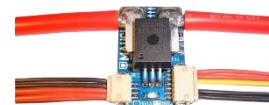


ViyaLab Buck Regülatörü: TYF de belirtilen LTC 1871 regülatörü fiyat ve performans sebebiyle değiştirilerek yerine ViyaLab Buck kartı kullanılacaktır. Gerilim düşürücü olarak görev gören komponentin tercih sebebi stabil olarak 5V'a gerilim düşürebilmesi ve sabit olarak üzerinden 5A'e kadar akım aktarabilmektedir.



Giriş Voltajı	Cıkış Voltajı	Cıkış Akımı (Maks)	Çalışma aralığı(°)
7-36 V	5V	5A	-40°, 125°

Mauch HS 200 Güç Modülü: ESC'lere ve batarya arasına bağlı olan modül akım-gerilim değerlerini uçuş kartına aktarır ayrıca uçuş kontrol kartını beslemek üzere 5V BEC güç kablosuna sahiptir.



Maksimum Giriş Gerilimi	Maksimum Akım Algılaması	Regülatör Çıkışı
60 Volt	200 Amper	5V – 3A (Maksimum)

Güç Dağıtım Kartı: İkinci bataryadan gelen gücü çoklayarak; görev bilgisayarına ve uçuş kartının regülatörlerine dağıtır. Aynı zamanda üzerinde bulunan INA219 amper/güç monitör sensörü güç tüketimini anlık olarak takip edilebilmesini sağlar.



Süreki Akım	Giriş Gerilimi	Sahip Olduğu Sensör
100A	6-26 V	INA219

Servo Motorlar: Metal dişli yapısı, stabil performansı, 12kg'a kadar kaldırma gücü, yüksek tork oranı, 180 derece dönüş açısı, 5v çalışma gerilimine sahiptir. Hava aracını manevra esnasında maruz kalacağı yüksek kuvvet altında bile kolaylıkla kanatçıkları hareket ettirebilecektir.



Uçuş Kontrol Kartı: Pixhawk Orange Plus, gelişmiş otonom uçuş kontrol kartı yüksek hassasiyetle en karmaşık uçuş senaryolarında bile mükemmel stabilité ve kontrol sunar. İçerisinde ivmeölçer barometre jiroskop bulundurması, geniş Uyumlu Donanım ve Yazılım Ekosistemi ve açık kaynaklı yazılımı nedeniyle tercih edilmiştir.

Yapay Zeka Bilgisayarı: Jetson Xavier NX; 384 NVIDIA CUDA çekirdekli, 48 Tensor çekirdekli GPU'ya, 6 çekirdekli CPU'ya ve 8GB RAM'e sahip yapay zeka bilgisayarıdır. Kompakt yapısı, hızlı işlem gücü, düşük güç tüketimi tercih edilme sebeplerindendir.



Arducam IMX219 M12 Kamera: TYF'de bahsedilen Raspberry Pi HQ Kamera görüş açısı nedeniyle Arducam IMX219 M12 Kamera ile değiştirilmiştir. Üzerinde Sony IMX219 sensörü bulunan kamera 75 derecelik FOV değeri ile; 1080p'de 120FPS, 720p'de 120FPS değerine sahip yapısı ve Jetson Xavier ile uyumluluğu diğer seçim nedenleri arasındadır.

Telemetri: RFD868x, güvenilir ve yüksek performanslı bir uzun menzilli radyo verici/alıcı modülüdür. Lora modülü sayesinde 40 km menzil sunması, kompakt yapısı, güçlü anti-parazit özellikleri sebebiyle tercih edilmiştir. Bir adet yer istasyonunda bir adet araç içerisinde uçuş kartına bağlı olmak üzere 2 adet kullanılacaktır.



GPS: Here 4'ün Yüksek hassasiyet ve doğruluğa sahip olması,kendi içerisinde hız sensörü ve barometre bulundurması, açık kaynak kodlu olup özelleştirmeye izin vermesi uçuş kartı ile uyumlu olmasından tercih sebepleridendir.



Lidar: UART iletişim arayüzüne, 100Hz yenileme frekansına, düşük sapma miktarına, boyut ve ağırlığa sahiptir. İniş ve kalkış esansında pisten mesafeyi ölçmek için kullanılacaktır.

Pitot Tüpü: Hava aracının hız ölçümünü yapmak için kullanılacaktır. I2C bağlantı şekli ve Uçuş kontrol bilgisayarı ile uyumlu olması seçim nedenlerindendir. TYF'de belirttiğimiz PX4 model parçanın



SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2024

çalışmamasından dolayı Mateksys Dijital Airspeed Sensör ASPD-4525 ile değişime gidilmiştir.

RC832 Görüntü Alıcısı: Genişbant FM modulasyonu, 5.8G frekans, NTSC/PAL video formatı, 50 ohm çıkış empedansı, maksimum 28dBm çıkış gücü (Tipik olarak 27.5dBm), 7V ile 16V arasında çalışma aralığı, 220mA çalışma akımı, 48 kanal seçeneği seçim isterleri arasındadır.



TS832 Görüntü Verici: Tüm FPV 5.8g vericilerle uyumlu 48 CH, 600mW kablosuz verici gücü için süper küçük 200mA akım, çift bağımsız video ve ses sinyali çıkışlı, 600mW verici gücü, açık alanda 5KM mesafeye kadar kullanımı seçim nedenleri arasındadır .

Reyee RG-ES108D Ağ yönlendiricisi: Çoklu ethernet portu sayesinde kullanım yer kontrol istasyonu ile sunucu arasında veri aktarımını gerçekleştirecektir.



Radiolink AT10 II Kumanda: Düşük güç tüketimi, 12 kanal özelliği ve bu kanallara 3ms gecikme ile 4km kontrol sunmaktadır. 105mA çalışma akımı Anahtarlama Modu Güç Kaynağı (SMPS), 105mA çalışma akımına sahiptir. Ayrıca R12DS alıcı modülünü ve PRM-01 kumanda alıcısını da paket içerisinde mevcuttur.

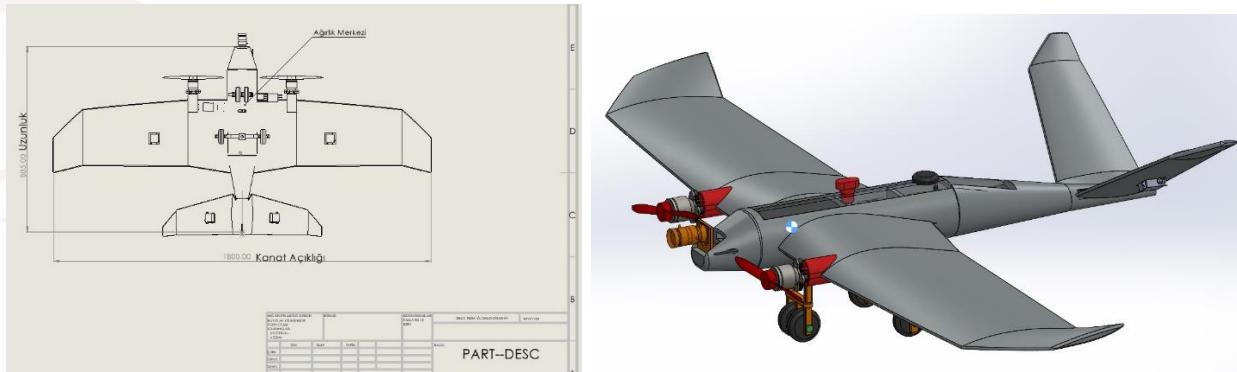


3.3 Hava Aracı Ağırlık Dağılımı

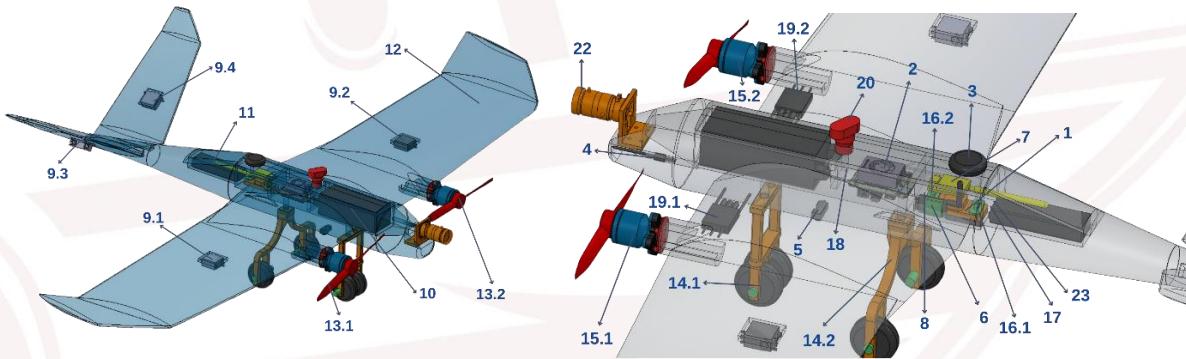
Tasarlanan hava aracında sistem ağırlık merkezi ve konumlandırması Solidworks programı kullanılarak moment ve analiz hesaplarına göre belirlenen sistemin ağırlık merkezinde alınmıştır. Komponent yerleşimi yapılırken hava aracında yatay stabilitenin sağlanması için, ağırlık merkezi kaldırma merkezinin ön kısmında olacak şekilde konumlandırılmıştır.

Ağırlık merkezi orijin noktasına göre X ekseninde -0.21m, Y ekseninde -41.93mm, Z ekseninde 85.91mm olarak bulunmuştur. Hava aracının kanat ucuna göre mesafesi 901,12 mm'dir. Aşağıda Şekil 3.1.3'de komponentlerin hava aracı içindeki konumlandırması gösterilmektedir.

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2024



Şekil 3.3.1 Hava Aracı Teknik Resmi ve Ağırlık Merkezi



Şekil 3.3.2 Komponentlerin Araç İçi Yerleşimi

Komponentlere ait ağırlık ve konum bilgileri ise Tablo 3.1.1'de açıklanmıştır.

Komponentler		Ağırlık (gr)	X Koordinati	Y Koordinati
1	PIXHAWK ORANGE PLUS UÇUŞ KONTROL KARTI	73gr	0mm	40mm
2	JETSON XAVIER NX YAPAY ZEKA BİLGİSAYARI	163gr	0mm	287mm
3	HERE 4 GPS MODÜLÜ	60gr	6mm	412mm
4	ASPD-525 PİTOT TÜPÜ	25gr	52mm	34.5mm
5	TF-MINI LİDAR	4,7gr	2.7mm	-67mm
6	RFD 868X TELEMETRİ VERİCİ	14,5gr	23mm	376mm
7	TS832 VERİCİ	22gr	8.27mm	415mm
8	RADYO TELEMETRİ KUMANDA ALICISI	12gr	3.8mm	407mm
9.1	MG995 - I	55gr	445mm	320mm
9.2	MG995 - II	55gr	-445mm	320mm
9.3	MG995 - III	55gr	142mm	718mm
9.4	MG995 - IV	55gr	-142mm	718mm
10	12000mAh BATARYA	1532gr	0	28mm
11	4500mAh BATARYA	315gr	0mm	628mm
12	TJL UAV MINI GOSE İHA GÖVDESİ	800gr	0mm	0mm
13.1	PERVANE - I	82gr	235.6mm	39mm
13.2	PERVANE - II	82gr	-235.6mm	39mm
14.1	İNİŞ TAKIMI - I	80gr	0mm	120mm
14.2	İNİŞ TAKIMI - II	87gr	0mm	320mm

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2024

15.1	MOTOR – I	315gr	235.6mm	122mm
15.2	MOTOR – II	315gr	-235.6mm	122mm
16.1	BUCK REGÜLATÖR – I	5gr	0mm	430mm
16.2	BUCK REGÜLATÖR – II	5gr	0mm	460mm
17	BASE 100 GÜC DAĞITIM KARTI	12gr	4.5mm	466mm
18	MAUCH 075 HS 200	9gr	0mm	42mm
19.1	SKYWALKER ESC - I	82gr	161.7mm	179.8mm
19.2	SKYWALKER ESC - I	82gr	-161.7mm	179.8mm
20	ACİL DURUM BUTONU - I	25gr	0mm	200mm
22	KAMERA	25gr	0mm	32mm
23	BIÇAK SİGORTA	2gr	0	412mm
	TOPLAM AĞIRLIK	4449gr		

Tablo 3.3.1 Komponent Ağırlık ve Konum Tablosu

4. OTONOM GÖREVLER

4.1 Otonom Kilitlenme

Hava aracı yarışma isterleri doğrultusunda nesne tespit ve takibi, yörünge planlama, hareket tahmini ve kamikaze dalış bölümlerinden oluşmaktadır.

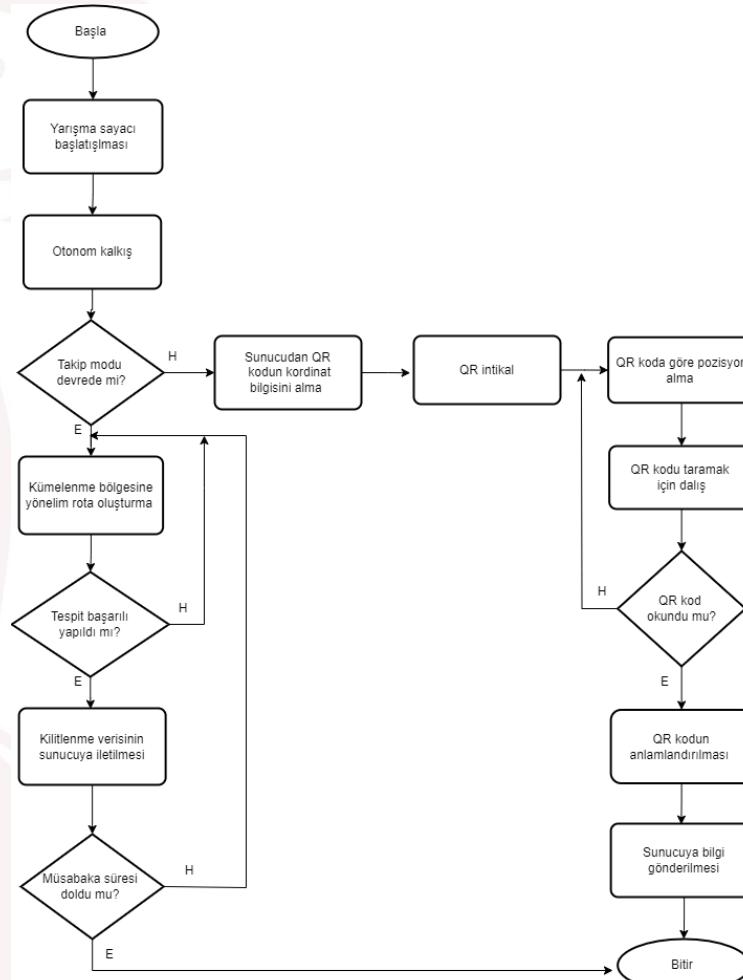
Yarışma sunucusundan gelen koordinat verileri ile hava sahasındaki diğer İHA'ların konumları belirlenir. Bu bilgilerle İHA, kilitlenme olasılığının en yüksek olduğu bölgeye yönlendirilir ve bu adım, İHA'nın uçuş rotasındaki ilk manevrasını belirler. Yarışma sunucusundan alınan koordinat verileri, birim zamandaki hareket yönünü belirlemek için kullanılmaktadır. Tahmin algoritmaları, rakip İHA'ların birim zamanda alacakları yolu ve gerçekleştirecekleri manevraları önceden hesaplar. Harcanan maliyet ve yol parametreleri göz önünde bulundurularak İHA, hedef kilitlenme bölgесine alınır ve 4 saniyelik bir takip gerçekleştirilir. Bu strateji, yarışma süresince diğer İHA'lar için de devam eder.

Kontrol, kalkış ve iniş otopilot tarafından sağlanırken, ROS aracılığıyla komponentler arasında haberleşme kurularak yazılım modülleri uyumlu bir şekilde çalışır. Görev gereksinimlerini karşılamak için tespit, takip ve yörünge planlama gibi işlemler, ekibimiz tarafından geliştirilmektedir.

YOLOv7, DeepSORT ve Kalman Filtresi algoritmaları, alternatif yöntemlerle karşılaştırılarak avantaj ve dezavantajları dikkate alınmış ve en uygun çözüm yolu olarak belirlenmiştir. Ayrıca model eğitimi için ekibimiz tarafından 10.000 adet görselden oluşan bir veri seti hazırlanmaktadır. Özgünlük ve yüksek oranda doğruluk hedeflenmiştir.

YOLOv7 nesne tespitinde hızlı, gerçek zamanlı ve düşük işlem gücü gerektiren bir algoritma olup önceki versiyonlara göre daha hızlı ve hafif bir mimariye sahiptir, Hızlı eğitim süreleri ve daha düşük hata oranları sağlamaktadır.

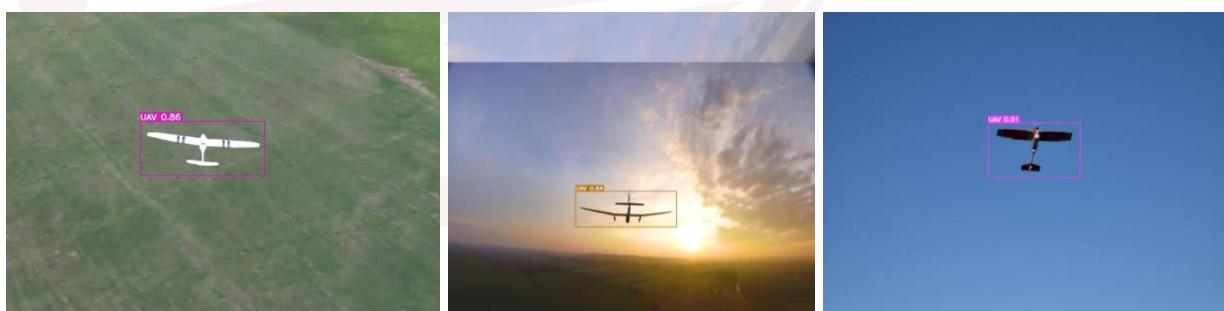
SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2024



Şekil 4.1.1 Yazılım Akış Diyagramı

Olası kazaları önlemek için Kalman Filtresi ile YOLOv7 modeli birlikte kullanılmaktadır. Gyro, ivme ölçer gibi sensörlerden gelen veriler, İHA'nın oryantasyonunu ve hareketini belirler. Bu verilerin birleştirilmesiyle uygun manevra gerçekleştirilebilir. Bu sayede gerçek zamanlı nesne tespiti takibi ve hareket tahmini yapılabilmektedir.

DeepSORT ise derin öğrenme tekniklerini kullanarak karmaşık sahnelerde nesneleri takip edebilmemize olanak sağlar. Benzersiz kimliklerle nesneleri izler ve aynı anda birden fazla nesneyi takip edebilir.[3] Jetson Xavier NX, derin öğrenme algoritmalarının işlem gücünü sağlayarak hızlı ve etkili bir şekilde çalışmasını sağlar. GPU tabanlı mimarisi, derin öğrenme modellerinin hızlı ve verimli bir şekilde çalıştırılmasını mümkün kılar.



Şekil 4.1.3 : Hedef İHA Tespiti

Uçuş düzlem kontrol algoritması, insansız hava aracının hareketini yönlendirmek için kullanılan bir algoritmadır. İHA'nın takip ettiği hedef İHA'nın konumuna ve açılarına bağlı olarak hareket etmesini sağlar. İki İHA arasındaki açı farkı, kontrol algoritmaları tarafından hesaplanır ve uçuş kontrol bilgisayarına iletılır. Bu bilgiler, PID kontrolörü kullanılarak dönüş ve yükseklik ekseni hatalarını düzeltmek için işlenir ve sonrasında



Şekil 4.1.6: EIS Algoritması

uçuş kontrolcüsüne aktarılır. Bu süreç, sistem bilgisayarı tarafından gerçekleştirilir ve İHA'nın istenen hareketleri yapmasını sağlar.

Elektronik Görüntü Sabitleme (EIS) algoritması ise, İHA'nın kamerası tarafından alınan görüntülerdeki titreme veya sarsıntıları azaltmak için kullanılmaktadır. Daha stabil ve net görüntüler elde edilirken, İHA'nın işlemci gücü verimli bir şekilde kullanılarak daha uzun süreli görevler gerçekleştirilebilir.

4.2 Kamikaze Görevi

Kamikaze İHA görevi, yüksek irtifada uçuş esnasında konum verilerini aldığımız bir yer hedefine ulaşabilmek için GÖKTULGA'nın dalış yaparak hedefi görecek mesafeye gelmesi ve görevi tamamlayarak tekrar tırmanışa geçmesini ifade eder. Kullanılacak olan Referans Trajektorisi, hedef ile mevcut konum arasındaki yolu ideal şekilde nasıl alabileceğimizi hesaplamamıza olanak sağlar. Hedefe olan mesafe ve istenilen eğim açısı gibi bilgiler kullanılarak pitch ve roll komutları hesaplanmaktadır. Bu komutlar uçuş kontrolcüsüne gönderilerek İHA'nın yönü ve hızı istenilen şekilde ayarlanmaktadır.

Dalış açısı: Dalış açısı, İHA'nın hedefe en kısa sürede ulaşmasını sağlayan açıdır. Hesaplanırken hava hızı, hedefe olan mesafe ve istenilen dalış süresi gibi faktörler göz önünde bulundurulur. Genel olarak, 45 derecelik dalış açısı ideal kabul edilir.[16]

$$\text{Dalış Açıları} = \arctan(\text{Hedefe Olan Mesafe} / \text{Dalış Süresi} * \text{Hava Hızı})$$

Hedefe yaklaşma sırasında rüzgar yönü: Rüzgar, İHA'nın uçuş rotasını etkileyebilir. Bu nedenle, hedefe yaklaşma sırasında rüzgar yönünün göz önünde bulundurulması önemlidir. Rüzgarın yönüne göre dalış açısı ve uçuş hızı ayarlanmalıdır.

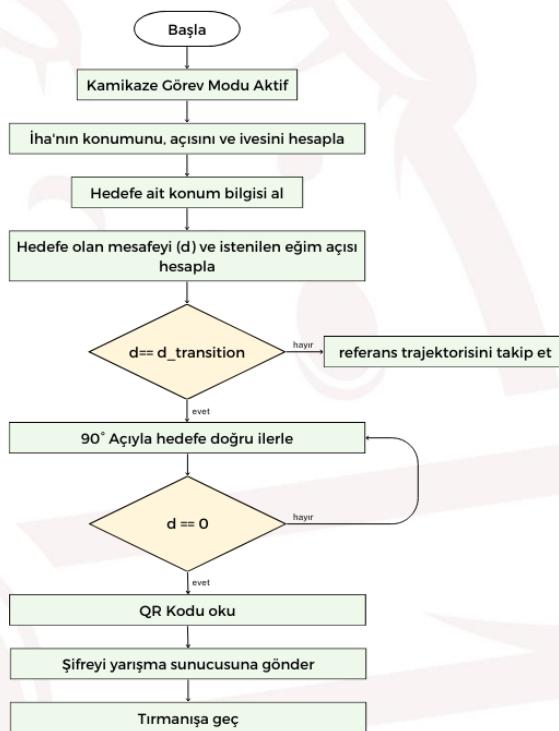
Dalış ve pas geçme irtifası: İHA'nın hedefe yaklaşırken ve pas geçerken maruz kalacağı hava savunma sistemlerinden korunmak için gereklidir.

Dalış ve Pas Geçme İrtifası = Hava Savunma Sistemlerinin Etkili Menzili - Güvenlik Marji

Dalış sırasında ulaşılacak azami hız: Hedefe en kısa sürede ulaşmayı ve diğer İHA'ların kitlenmesinden korunmayı sağlar. Hesaplanırken hava hızı, dalış açısı ve istenilen dalış süresi gibi faktörler göz önünde bulundurulur.

$$\text{Azami Hız} = \text{Hedefe Olan Mesafe} / \text{Dalış Süresi}$$

Yatış ve Dikilme kontrolcüsü: İHA'nın hedefe yaklaşırken sabit bir hızda ve irtifada tutulmasını yatış kontrolcüsü, dalış yaptıktan sonra tekrar yükselmesini ve pas geçmesini dikilme kontrolcüsü sağlar. Bu kontrolcüler, hava hızı ve irtifa sensörlerinden gelen verileri kullanarak İHA'nın motorlarını ve kanatlarını kontrol eder.



Şekil 4.2.1 Kamikaze Algoritma Akış Şeması

Dalış ve pas geçme sırasında hava aracının maruz kalacağı azami G kuvveti: Dalış ve pas geçme sırasında hava aracı yüksek G kuvvetlerine maruz kalabilir. Bu nedenle, İHA'nın bu kuvvetlere dayanacak şekilde tasarlanması önemlidir.[17]

Azami G Kuvveti = Hedefe Olan Mesafe / (Dalış Süresi \wedge 2 * Hava Hızı \wedge 2)

QR Hedef Tespit Algoritması: QR hedef tespiti BRISK (Binary Robust Invariant Scalable Keypoints) algoritması ile sağlanacaktır. Diğer algoritmalarla göre daha hızlı ve değişken aydınlatma koşullarında daha iyi performans göstermesi seçilme nedenleri arasındadır. Kullanılacak kameranın QR hedefini kaç metre irtifadan okuyabileceği aşağıdaki formülizasyonlar ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Görüş Açıları} = 2 * \arctan(\text{Sensör Boyutu} / 2 * \text{Lens Odak Uzaklığı})$$

$$\text{Okunabilen Maksimum Mesafe} = \text{Görüş Açıları} * \text{İrtifayı Çözünürlük} / 2 * \text{Tanımlayıcı Boyutu}$$

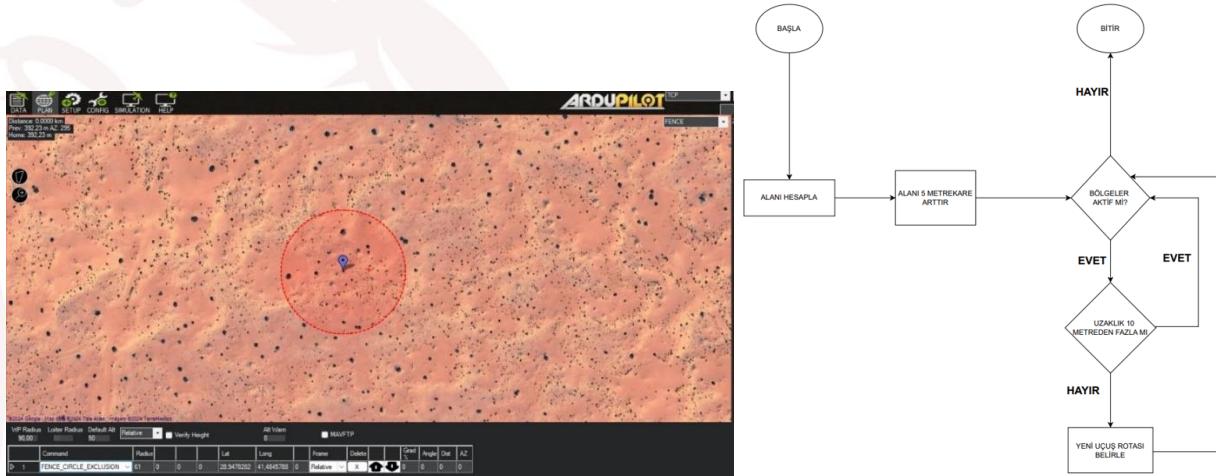
IMX219 M12 Lensli Kamera'dan alınacak görüntüde QR kodlarını tespit edilmesi ile TS 832 ve RC 832 alıcı ve vericiler kullanılarak anlık görüntü aktarımı sağlanabileceğinin sunucuya gönderilecek bilgi telemetri aracılığıyla aktarılacaktır.

5. HAVA SAVUNMA SİSTEMİ

Uçuş kontrol yazılımı olarak kullanacağımız Mission Planer uygulamasında bulunan "Fence Mode" belirli bir çemberSEL alana girişi engellemek için kullanılacaktır. Sunucudan alınacak konum ve yarıçap bilgileri, "Fence_Circle_Exclusion" komutuyla Mission Planner üzerinde gösterilecektir. Özellikle uçağın keskin ve hızlı dönüş yeteneği göz önünde

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2024

bulundurularak, uçağın belirlenen alanın 10 metre veya daha az mesafede olduğunda yeni bir rota oluşturarak alandan kaçınması sağlanacaktır.



Şekil 5.1 Hava Savunma Sistemi Akış Şeması ve Mission Planner Arayüzünde Gösterimi

6. YER KONTROL İSTASYONU, HABERLEŞME VE KULLANICI ARAYÜZÜ

Yer kontrol istasyonu ve yarışma sunucusu arasındaki iletişim, verilerin doğru bir şekilde aktarılması açısından büyük önem taşımaktadır. Veri alışverişi, yarışma günü verilecek olan IP adresi üzerinden API bağlantısıyla sunucuya açılacak oturum ile başlayacaktır. [5] API ile haberleşme için HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) protokolü kullanılacaktır. Anlık veriler JSON veri formatında GET (/api/sunucusaati, /api/qr_koordinati, /api/hss_koordinatları) request komutu ile alınıp, POST (/api/telemetri_gonder, /api/kilitlenme_bilgisi, /api/giriş, /api/kamikaze_bilgisi) request komutu ile gönderilecektir [6]. Sunucuya gönderilecek olan anlık video yayını için düşük gecikme süresi ve yüksek performans avantajını sunan UDP (User Datagram Protocol) protokolü kullanılacaktır. [8] Video yayını için, standartlaşmış formatı, güvenilirliği ve esnek kullanımı nedeniyle MPEG-TS taşıyıcısı seçilmiştir. Video sıkıştırma formatı olarak ise yüksek sıkıştırma oranı, düşük gecikme süresi ve geniş yazılım desteği gibi avantajları sunan H.264 kodlama formatı kullanılacaktır. Bu sayede, video dosyalarının boyutu küçülürken görüntü kalitesinden ödün vermeden canlı ve akıcı bir video yayını sağlanacaktır. [7]

Yer Kontrol İstasyon arayüzü, uçuş planı oluşturma, uçuşu izleme, sensör verilerini görüntüleme ve araca komut gönderme gibi işlevleri yerine getirmeyi sağlar. Biri ekibimiz tarafından geliştirilecek 2 ayrı Yer Kontrol Yazılımı kullanılacaktır.

Mission Planner, insansız hava araçları için otonom uçuş modlarıyla kontrol etmemizi sağlayan ücretsiz ve açık kaynak kodlu bir yer kontrol istasyonu yazılımıdır.

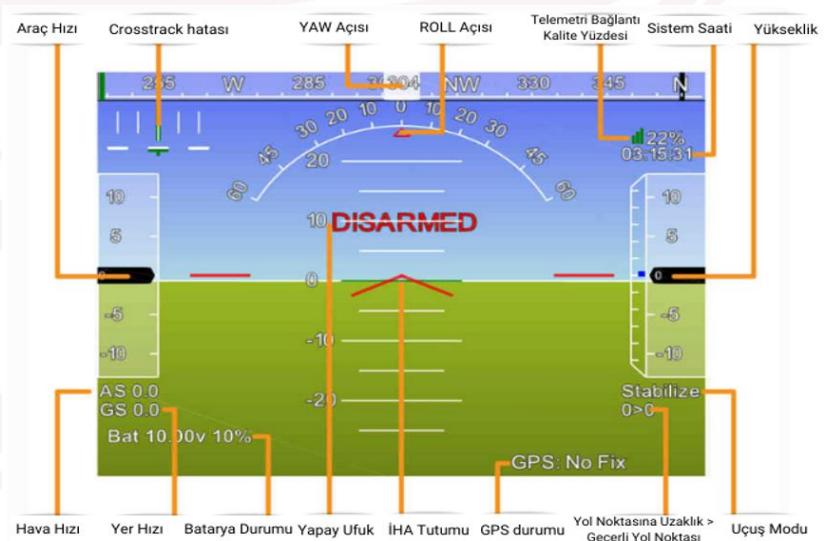
SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2024



Şekil 6.1 Mission Planner Arayüzü ve Rota Planlama

İHA'ya ait durum ve uçuş parametrelerini gerçek zamanlı olarak takip etmemizi sağlayacak bir paneldir. Yaw, roll ve pitch açıları, GPS bağlantı durumu, telemetri bağlantı gücü yüzdesi, batarya durumu yüzdesi, havaya ve yere göre hızı, anlık uçuş modu verileri, yüksekliği ve sistem saatı anlık olarak bulunmaktadır [10].

Ayrıca tasarımımı ekibimize ait olan olan ikinci bir arayüz ile anlık durum verilerini, başarılı kilitlenme sayısını, QR kod bilgilerini ve alınan puanları tek bir platformda sunarak, takımımızın İHA performansını kapsamlı ve ayrıntılı bir şekilde takip edebilmesini sağlayacağız.



Şekil 6.2 HUD Ekranı[11]

7. HAVA ARACI ENTEGRASYONU

7.1 Yapısal ve Mekanik Entegrasyon

Hava aracı kanatlar, gövde ve kuyruk olmak üzere 3 ana bölümden oluşmaktadır. Montaj ara bağlantı elemanları ve endüstriyel yapıştırmacılar kullanılarak gerçekleştirilecektir. Kanatların, ana gövdeye bağlantısı karbon çubuklarla gerçekleştirilir. Kanat üzerine monte edilecek sistemler, somunlar ve vidalar kullanılarak sabitlenir ve dayanıklılığı artırmak için silikon kullanılır. Bağlantı noktalarında kullanılan endüstriyel yapıştırmacı gövdeye ek destek

İHA'ya ait uçuş yüksekliği, hızı, pil seviyesi ve sensör verileri gibi uçuş kontrol kartımızdan gelen operasyonel verileri anlık olarak izlenebilecek ve olası acil durumlara hızlı ve etkin bir şekilde müdahale edilebilecektir.

Mission Planner ana ekranında bulunan HUD (Heads-Up Display) ekranı,

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2024



Şekil 7.1.1 Kanat Gövde Montajı

sağlamaktadır. İniş takımının montajında ise tekerleklerin vida ve somunlarla montajı yapılır, ardından gövdeye sabitlenir. Motor montajı için gövde ve motor arasına adaptör parçası kullanılacaktır. Uygun vida delikleri açılarak cıvata ve somunlarla montaj gerçekleştirilir. Lipo piller ve elektronik parçalar çift taraflı bant ile gövde içine sabitlenir. Sigorta, acil durumlarda

erişimi kolay olması için ön üst bölgeye konumlandırılır. Tüm montaj SolidWorks üzerinden tamamlanmış olup kalan parçalar için malzeme tedariki beklemekteyiz.

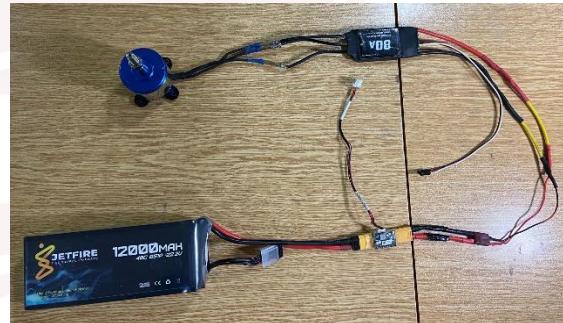


Şekil 7.1.2 Hava Aracının SolidWorks Üzerinde Montajı

7.2 Elektronik Entegrasyon

Ekipmanların hava aracına uygun şekilde yerleştirilmesi sistemin güvenliğini ve verimliliği sağlamak için oldukça önemlidir. Ekipmanların kablaj tasarımları yapılrken elektromanyetik interferansı asgari düzeyde tutmaya dikkat edilmiştir.

İtki Sistemi: İtki sistemi Li-po 6s1p 12000 mAh 22.2 V batarya tarafından beslenmektedir. Batarya sigorta bağlantısı 10 AWG boyutunda kablo kullanılarak yapılmaktadır. İtki sistemi hava aracının güç isterinin büyük kısmını karşıladığından akım ve gerilimin kablolamada sorun çıkarmaması için XT-90 konektörler kullanılacaktır. Motorların konumlandırılması motorlar için belirlenmiş bölgelere yapılrken ana batarya aracın havadaki denge durumu ve diğer bileşenler ile uyumu göz önüne alınarak aracın ön gövdesine yerleştirilmiştir.

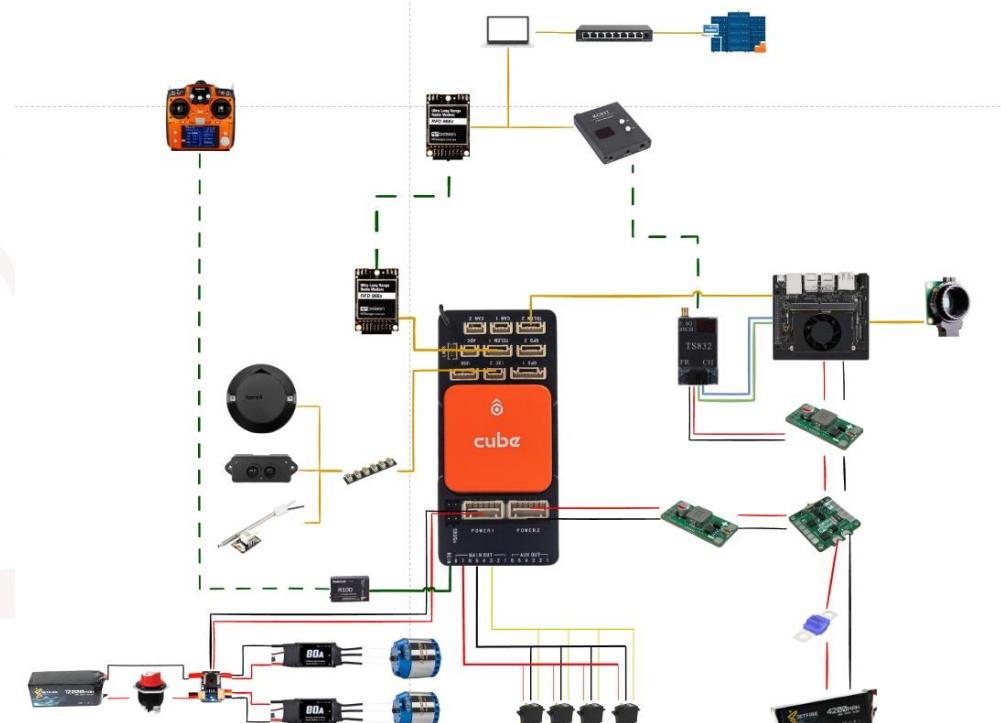


Güç Sistemi: Güç sisteminde iki adet batarya kullanılacak olup 12000 mAh'lık itki sistemi için 4200mAh ise komponentleri beslemek için kullanılacaktır. Bataryadan çıkan güç, güç dağıtım kartı ile regülatörlere bağlanıp uçuş kartı ve görev bilgisayarına 5V besleme yapacaktır. İki motor için iki adet ESC ile motorun gücü kontrol edilecektir.

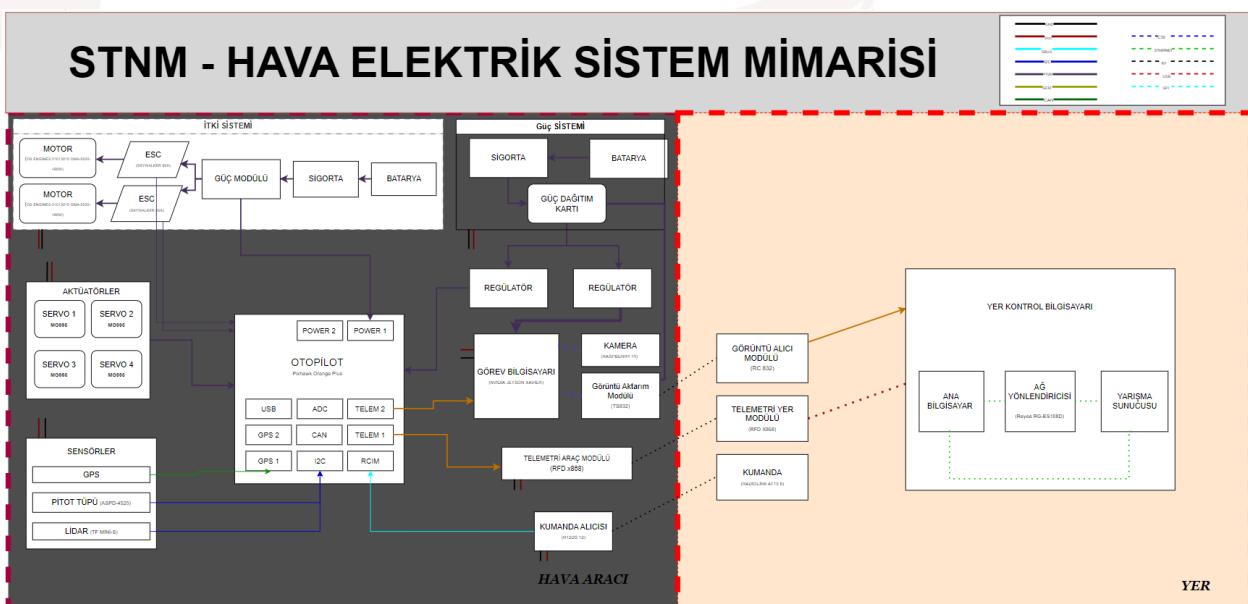
Otonom Sistem: GPS pitot tüpü servo motorlar kumanda alıcısı ve telemetri, lidar temel olarak verileri bize iletmesi için otopilot kartına bağlıdır. Yer ile tüm haberleşme otopilot kartı sayesinde sağlanacaktır.

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2024

Görev Sistemi: Teknofest isteri olan otonom mod kamikaze dalışı ve kilitlenme görevlerinde kullanılacak olan görev bilgisayarı CSI kablosu ile kendisine bağlanan kamera sayesinde görevleri başarıyla tamamlaması amaçlanmaktadır.



Sekil 7.2.1: Elektronik Sistem Şeması

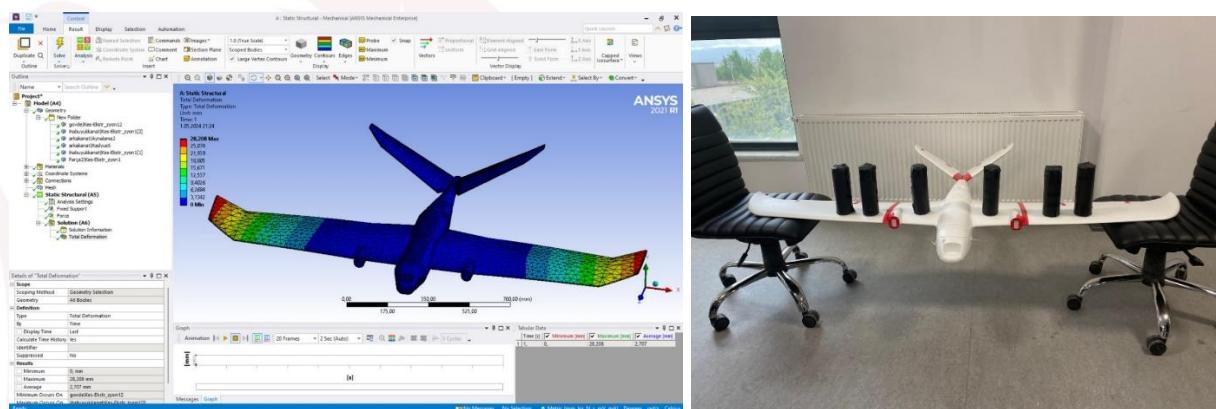


Şekil 7.2.2 STNM – Hava Elektrik Sistem Şeması

8. TEST VE SİMÜLASYON

8.1 Alt Sistem Testleri

Kanat yük testi, insansız hava aracının uçuş sırasında maruz kalacağı basıncı, sürtünme kuvveti ve G kuvvetine karşı dayanıklılığını ölçmek için gerçekleştirilmiştir. Bu test aynı zamanda kanatların mukavemetini değerlendirmek ve bağlantı noktalarında olası kopmaları ön görmeye odaklanmaktadır. Hava aracı, iki uç kısmından sabitlenerek statik analize tabi tutulur, böylece eşdeğer gerilmelerde test edilir. Bu testler, hava aracının güvenilirliğini ve uçuş performansını sağlamak için kritik bir öneme sahiptir.



Şekil 8.1.1 Yük Testi

Analiz sonucunda kalkış ağırlığı 4.5 kilogram olan İHA için maksimum gerilme miktarını karşıladığı görülmektedir. Kademeli olarak yapılan yüklemede sağ kanat ve sol kanata 1500 gr olmak üzere toplam 3000 gr yükleme yapılmış ve test başarılı bir şekilde tamamlanmış herhangi bir deformasyona rastlanmamıştır

8.2 Uçuş Kontrol Listesi ve Uçuş Listesi

İHA uçuş kontrol listesi, uçuş öncesi güvenlik, operasyonel etkinlik, sistem performansı için hazırlanır ve kullanılır. Aşağıdaki listenin amacı, İHA operasyonlarını güvenli ve verimli hale getirmektir.

İTKİ SİSTEMİ	Batarya Kontrolü	✓
	ESC Kontrolü	✓
	Motor İtki Kuvveti kontrolü	✓
AVİYONİK SİSTEM	Sensörlerin Yapısal Bütünlüğünün Kontrolü	✓
	İtki Sistemi Bağlantı Kontrolü	✓
	Görüntü ve GPS Veri Akış Kontrolü	✓
	Pitot Tüpü Veri Kontrolü	✓
	Lidar Kontrolü	✓
	Yer İstasyonu-Araç Bağlantısı Kontrolü(Telemetri-Yer istasyonu, Görüntü Aktarım Modülü)	✓
	Hareketli Yüzey Servo Motor Kolları Kontrolü	✓
	Aviyonik Sistem Kablo Bağlantılarının Bütünlüğünün Kontrolleri	✓
	Kumanda Pilinin Kontrolü	✓
MEKANİK SİSTEM	Kumanda- Alıcı Bağlantısı Kontrolü	✓
	Pervane-Motor Bağlantısı Kontrolü	✓
	Gövde Sağlamlık Kontrolü	✓
AĞIRLIK MERKEZİ	Ağırlık ve Denge Merkezi Kontrolü	✓
	Pervane Sağlamlık Kontrolü	✓

	Kanat ve Gövde Bağlantılarının Kontrolü	✓
	Batarya Konumunun Kontrolü	✓
	İniş Takımı Bağlantılarının Kontrolü ve Doğruluğu	✓
SON KOTROL	Uçuş Öncesi Çevre Kontrolleri	✓
	Rüzgâr Hızı ve Hava Durumunun Kontrolü	✓
	Görüntü Kaydı Kontrolü	✓

İnsansız hava araçları için deneme uçuşları, İHA'nın performansının, sistem doğruluğunun ve güvenilirliğinin değerlendirilmesi, kontrol yazılımı ve algoritmalarının test edilmesi, güvenlik seviyesinin değerlendirilmesi, yazılım ve donanım iyileştirmelerinin belirlenmesi amacıyla yapılır. Bu uçuşlar, İHA'ların sağlıklı ve güvenli bir şekilde kullanılmasını sağlamak ve performanslarını optimize etmek için önemlidir. Gerçekleştirmeyi planladığımız 6 tane uçuş testi var. Bu testlerin amaçları ve bekłentileri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Test-1	İHA'nın manuel kalkışında kalkış koşu testi gerçekleştirerek ne kadar mesafede ve kalkış için gereken hızı hesaplanacaktır. Ardından, kalkış sonrasında Mission Planner üzerinden otomatik ayarlama (Autotune) moduna geçirerek uçağın gereken PID (Proportional-Integral-Derivative) ayarları tamamlanacaktır. Perdovitos hız testiyle beraber stall hızı düşmemesi için gereken hızı kayıt altına alınacaktır.
Test-2	Önceki teste kalkış hızını hesapladığımız Göktulga'nın kalkışını gerçekleştirdikten sonra FBWA moduna alarak cruise hızında ne kadar süre uçuş yapabildiğini bu uçuş süresince bataryadan çekeceğİ ortalama akım değerleri hesaplanacaktır.
Test-3	Kalkış testiyle birlikte elde ettigimiz hızla otonom kalkış yapıp otonom uçuş sırasında yalpa (roll), irtifa (pitch), döème(yaw) değerlerini hesaplayıp uçuş sırasında aerodinamik yapısını kontrol edilecektir. Otonom inişe belirlediğimiz süzülme hattını kullanarak flare noktasına iniş yapması sağlanacaktır.
Test-4	YOLOv7'nin simülasyon ortamında verdiği FPS ve algılama hızını görüntü aktarım modülüyle yer istasyonuna gönderip elimizdeki verilere göre daha optimize hale getirilmesi hedeflenmektedir. YOLOv7 ile birlikte kullandığımız takip algoritması olan DeepSort ve Kalman Filtresinin gerçek uçuşta ArduPilotla birlikte takip için yaptığı yol planlama güzergahı test edilecektir.
Test-5	İHA'nın geliştirelim algoritma yardımıyla yer hedefindeki QR' a doğru istenen açıyla dalış yapma, bu hedefe kitlenme, hedef QR çözme işlemlerini gerçekleştirmesi amaçlanmaktadır. Ardından, İHA'nın yer hedefine başarıyla dalış yaparak kitlenmesi durumunda, QR kodundaki bilgiyi yer istasyonuna aktarabilmesi hedeflenmektedir.
Test-6	Gerçekleştireceğimiz son uçuşumuzda, yarışma gereksinimlerini başarılı bir şekilde yerine getirip getiremediğimizi doğrulamak için bir validasyon testi gerçekleştireceğiz. Bu test, daha önce Göktulga tarafından tek tek yapılan ve yarışma gereksinimlerine uygun olarak gerçekleştirilen görevleri 15 dakikalık tek bir uçuşta tamamlama hedefini içeriyor.

8.3 Görev Testleri



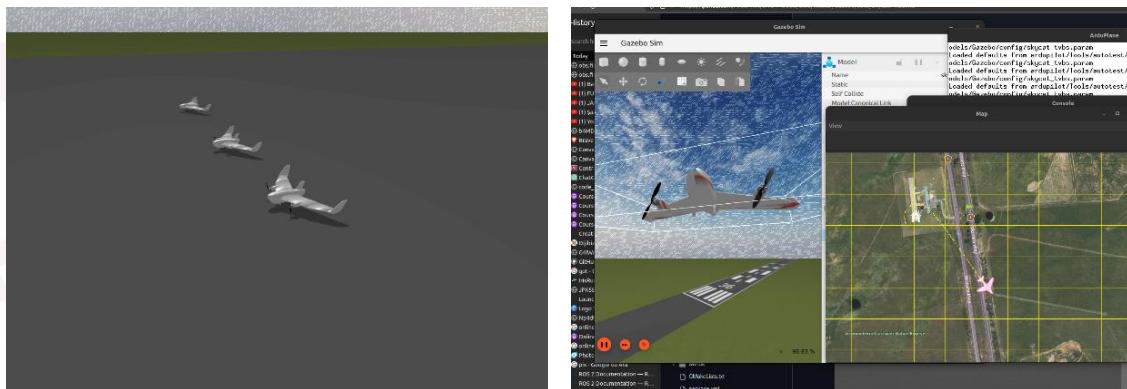
Şekil 8.3.1 Kitlenme Görüseli ve QR Kod Okuma

Geliştirilen görüntü işleme algoritmalarının (QR kod okuma ve İHA tespiti) doğrulanmasını kapsar.. Bu yöntem, algoritmaların çeşitli koşullar altında nasıl davranışlığını değerlendirmek ve geliştirme sürecini desteklemek için kullanılmıştır. Bu testlerin

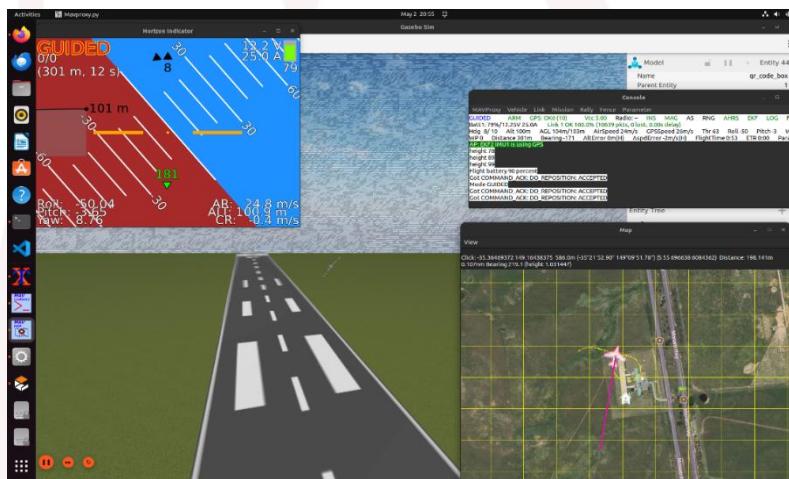
sonuçları, algoritmaların performansını artırmak için yapılan iyileştirmelerde rehberlik sağlamıştır.

Gazebo Sim, simülasyon ortamı olarak tercih edilmiş ve testler sırasında MavProxy kullanılarak SITL komutları modelle bağlanmıştır. Bu süreçte, kendi İHA modelimize uygun olarak içerikler revize edilmiş ve böylediğle simülasyon ortamında uçuş süresi ve İHA'nın uçuş verileri gözlemlenmiştir. Kullanılan komutlar aracılığıyla, guide

modunda belirlenen rotasyonlar ile ilgili yönlendirmeler yapılmış ve güzergahlar belirlenmiştir. Gazebo Sim'in sağladığı dinamik ve esnek simülasyon ortamı, gerçek dünya koşullarını taklit ederek gerçekçi sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır.



Şekil 8.3.2 Simülasyon Ortamı



Şekil 8.3.3 Simülasyon Ortamı Görşelleri

Ardupilot kullanılarak otonom uçuş modülü, Mission Planner ortamında test edilmiştir. Test aşamasında, belirlenen noktalar üzerinden statik bir uçuş güzergahı oluşturulup simülasyon ortamında gerçekleşmiştir.

Otonom uçuş sırasında dinamik rota planı için birden fazla koordinat verisi alınacaktır. Bu durum, hava

sahasında bulunan İHA sayısı kadar noktanın belirlenmesi anlamına gelir. İlk olarak, rakip İHA'ların koordinatları, kümelenmenin yoğun olduğu bir bölgeye göre konumlandırılacak ve uçuş bu alanda gerçekleştirilecektir. Yörunge planlama modülü, otonom uçuş başlığı altında anlatılan çalışma mantığı ile diğer İHA'ların tahmin algoritması sayesinde manevraların tahmin ederek minimum maliyetle ulaşılacaktır.

9. GÜVENLİK

Sistem hatasız çalışsa bile, güvenliği sağlamak, potansiyel yaralanma ve maddi hasarı en aza indirmek gereklidir. Bu nedenle atölyemizde bir sağlık dolabı bulundurulmaktadır. Ekibimiz, atölye çalışmalarını belirlenen kurallara sıkı sıkıya uyararak titizlikle gerçekleştirmektedir. Bu kurallar şu şekildedir

- Uçuşa başlamadan önce, tüm bileşenlerin uçuş kontrol listesine uygun olarak tek tek kontrol edilecektir.

- Olası bir kaza durumunda yaralanmalar için ilk yardım çantası, yangın durumunda ise yangın söndürme tüpü bulundurulmaktadır.
- Yaralanmalara neden olabilecek aletler kullanılırken koruyucu ekipmanlar (gözlük, eldiven) kullanılmaktadır.
- Pervanelerin sağlam bir şekilde takıldığından emin olmadan uçuşa başlanmamalıdır.
- Uçuş öncesi bataryaların tam olarak şarj edildiğinden emin olunmalıdır.
- Tüm kabloların doğru şekilde takıldığı ve kopmuş ya da aşınmış kabloların olmadığı mutlaka kontrol edilmeli, sorunların giderilmesi için makaronlar kullanılmaktadır.
- Uçuş öncesi servo motorlarının hareket konfigürasyonu kesinlikle kontrol edilmelidir.

İHA'nın elektrik sisteminin her bir komponentinin gerekli gücü alması, uygun akımı çekmesi , batarya gibi içerisinde tehlikeli maddeler barındıran bir ürünün doğru ve verimli çalışması için özenle güvenlik sistemi oluşturulmuştur. Bu devreler yarışma şartnamesinde belirtilen şekilde acil durum butonları kullanılarak güvenlik sağlanmıştır.

10. REFERANSLAR

- [1] 2023, TEKNOFEST Savaşan İHA Yarışması, Sabit Kanat Kategorisi, STNM-GÖKTULGA Kritik Tasarım Raporu.
- [2] Kunal Kejriwal , YOLOv7: En Gelişmiş Nesne Algılama Algoritması mı? , 24 Temmuz 2023 , <https://www.unite.ai/tr/Yolov7/>
- [3] Çakmak D , SORT ve Deep SORT Algoritmaları , 6 Ekim 2020 , <https://deryacakmak.medium.com/sort-ve-deep-sort-algoritmalar%C4%B1-7f50c246eac7>
- [5] <https://teknofest.org/tr/competitions/competition/33>
- [6]https://cdn.teknofest.org/media/upload/userFormUpload/HABERLEŞME_D_ÖKÜMANI_BtlIRO.pdf
- [7] <https://www.vidmore.com/tr/edit-video/compress-h264-video/>
- [8] <https://medium.com/@hillmi/haberleşme-protokoller-i-a1baf991fa7d>
- [9] <https://ardupilot.org/planner/>
- [10] <https://avdesodrone.com/mission-plannerin-arayuzu-tanitim/>
- [11] ŞEKİL-2 <https://avdesodrone.com/mission-plannerin-arayuzu-tanitim/>
- [13]https://cdn.teknofest.org/media/upload/userFormUpload/SavasanIHAYaris_masi_v1.1_h2v9A.pdf
- [14] <https://dergipark.org.tr/tr/pub/usmttd/issue/70999/515029>
- [15] <https://www.os-engines.co.jp/110501/pdf/50.pdf>
- [16]https://en.wikipedia.org/wiki/Loitering_munition
- [17]https://en.wikipedia.org/wiki/Missile_defense_systems_by_country