

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

TAKIM ADI: BOREAS

Takım ID: 400450

YAZARLAR: TAKIM ÜYELERİ



ACE UAV

İÇİNDEKİLER

| | | |
|------|-------------------------------------|----|
| 1. | TEMEL SİSTEM ÖZETİ | 4 |
| 1.1. | Sistem Tanımı | 4 |
| 1.2. | Sistem Nihai Performans Özellikleri | 5 |
| 2. | ORGANİZASYON ÖZETİ | 5 |
| 2.1. | Takım Organizasyonu | 5 |
| 2.2. | Zaman Akış Çizelgesi ve Bütçe | 6 |
| 3. | DETAYLI TASARIM ÖZETİ | 7 |
| 3.1 | Nihai Sistem Mimarisi | 7 |
| 3.2. | Alt Sistemler Özeti | 8 |
| 3.3. | Hava Aracı Performans Özeti | 10 |
| 3.4. | Hava Aracının Üç Boyutlu Tasarımı | 11 |
| 3.5. | Hava Aracı Ağırlık Dağılımı | 16 |
| 4. | OTONOM GÖREVLER | 16 |
| 4.1. | Otonom Kilitlenme | 16 |
| 4.2. | Kamikaze Görevi | 20 |
| 5. | YER İSTASYONU VE HABERLEŞME | 23 |
| 6. | KULLANICI ARAYÜZÜ TASARIMI | 25 |
| 7. | HAVA ARACI ENTEGRASYONU | 29 |
| 7.1. | Yapısal Entegrasyon | 29 |
| 7.2. | Mekanik Entegrasyon | 35 |
| 7.3 | Elektronik Entegrasyon | 39 |
| 8. | TEST VE SİMÜLASYON | 41 |
| 8.1 | Alt Sistem Testleri | 41 |
| 8.2 | Uçuş Testi ve Uçuş Kontrol Listesi | 44 |
| 9. | GÜVENLİK | 47 |
| 10. | REFERANSLAR | 48 |

KISALTMALAR

CNN - Convolutional Neural Network

SSD - Single Shot Multibox Detector

RCNN- Regions with Convolutional Neural Network

YOLO - You Only Look Once

GPS - Global Positioning Systems

MAVLINK - Micro Air Vehicle Communication Protocol

FOV - Field of View

PID - Proportional Integral Derivative

USB - Universal Serial Bus

UART - Universal Asynchronous Receiver Transmitter

SBUS - Serial Bus

UDP - User Datagram Protocol

POE - Power Over Ethernet

HUD - Head-up Display

1. TEMEL SİSTEM ÖZETİ

1.1. Sistem Tanımı

Bu kritik tasarım raporu Bursa Teknik Üniversitesi Boreas takımının Teknofest tarafından düzenlenen Savaşan İHA yarışmasındaki hava aracının tasarım süreci ve üretim planını içerir. Yarışmanın amacı rapor ve uçuş puanlarının kombinasyonundan oluşan toplam puanda en yüksek dereceyi elde edebilecek olan; elektrik enerjili, radyo kontrollü ve otonom uçuş kabiliyetine sahip bir hava aracı üretmektir.

Ön tasarımı yapılan ACE adlı sabit kanatlı İnsansız Hava Aracı (İHA) sistemi uçuş esnasında rakip İHA'ları görüntü işleme metodu ve ana sunucudan aldığı konum bilgileri ile tespit edecektir. Tespit edilen İHA takip edilecek ve İHA'ya 4 saniye boyunca kilitlenecektir. İHA otonom kalkış, uçuş ve iniş özelliklerinin yanı sıra manuel (kumanda ile) kontrol edilebilme ve rakip İHA'ya kilitlenme özelliklerine sahip olacaktır. Rakip İHA'lara hedef olmamak için kaçış algoritması oluşturulacak ve algoritmanın sağlıklı çalışması için İHA yüksek manevra kabiliyetine sahip olacaktır. Hava aracına ait GPS koordinatları, irtifa bilgisi ve kitlenme verileri sunucuya kablosuz haberleşme teknikleri ile aktarılacaktır.

Ayrıca İHA, yarışma alanında bulunan ve konum bilgileri yarışma öncesinde takımlara sağlanan dört adet yer hedefinin üzerinde var olan QR kodlara otonom olarak kilitlenebilmeli ve koddan okuduğu çıktıyu sunucuya gönderebilmelidir.

Boreas takımı yarışmayı kazanacak İHA'nın, bütün görevleri yerine getirebilecek ve yapısal olarak dayanımı yüksek bir İHA olacağına kanaat getirmiştir. Tek bir görevde odaklanmak ya da sadece mekanik dayanımı yüksek bir İHA tasarlamak yarışmayı kazanmada yetersiz bir yaklaşım olacaktır. Her görevin zorluklarına eşit bir yaklaşımla, takım görev gereksinimlerine denge getiren bir İHA tasarlamıştır. Birinci görev için yüksek manevra kabiliyeti ve stabil uçuş sağlayan, kusursuz bir yazılımla desteklenen; ikinci görev için dalma ve tırmanma kabiliyetleri yüksek mekanik bir yapıya sahip tasarım nihai olarak seçilmiştir.

Konsept tasarım çalışması; mukavemeti yüksek bir gövde ve optimum boyutlarda bir kanat birleşiminin, mümkün olan en hafif malzemelerle yapılmasının görev gereksinimleri karşılayacak en iyi tasarım olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Takımın optimizasyon programına bağlı kalarak yaptığı ağırlık hesaplarına göre İHA'nın tasarım uçuş ağırlığı 7 kg olarak tahmin edilmiş olup prototip ölçümleri bu tahmini doğrulamıştır.

1.2. Sistem Nihai Performans Özellikleri

Boreas takımı, nihaileşmiş aracının performans değerlerini hesaplamıştır. Şekil 1.2.1'de bu parametlerin değerleri verilmiştir.

| PERFORMANS PARAMETRELERİ | DEĞERLER |
|----------------------------|-------------|
| Seyir Hızı (m/s) | 30 |
| Azami Dönüş Yarıçapı | 20 |
| Uçuş Süresi (dk) | 24.7 |
| Boş Ağırlık (kg) | 1.8 |
| Azami Kalkış Ağırlığı (kg) | 6.5 |
| Kanat Açıklığı (mm) | 2380 |
| Haberleşme Mesafesi (km) | 1.5 |
| Kamera Çözünürlüğü | 1920 X 1080 |

Şekil 1.2.1: Performans Parametre Değerleri

2. ORGANİZASYON ÖZETİ

2.1. Takım Organizasyonu

BOREAS takımı, mekanik tasarım, yazılım ve elektronik olarak üç ekip şeklinde çalışmaktadır. Takımımızda 9 lisans ve 1 lisansüstü öğrenimi gören öğrenciler bulunmaktadır. BOREAS takımının tüm üyeleri daha önce TUBİTAK İHA yarışmasında rol almış öğrencilerden oluşmaktadır. BOREAS takımı, takım kaptanı Hakan KURNAZ tarafından yönetilmektedir. BOREAS takımı, bilgi ve tecrübe sebebiyle üç ayrı ekibe ayrılmış olsa bile tüm ekip üyelerinin her görevde bilgilendirilip kendilerini alanları dışında geliştirebilmeleri ve fikir sahibi olabilmeleri hedefi esas alınmıştır. Ekiplerimizin detaylı görev anlatımları ve takım organizasyon planlaması Şekil 2.1.1 ve 2.1.2'de görülebilir.

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022

Yazılım Ekibi: Görüntü işleme, hedef tespit, otonom ve manuel tüm işlemler üzerine araştırma geliştirme ve uygulama yapan ekiptir.

Elektronik Ekibi: Tüm elektronik aksamların belirlenmesi, yerleştirilmesi, ve elektronik haberleşme üzerinde çalışan ekiptir.

Mekanik ve Tasarım Ekibi: Uçağın tasarımı, üretimi yaşanan aksaklıklarda tamirat ve onarım sorumluluğunun ait olduğu ekiptir.

Şekil 2.1.1: Ekiplerin Görevleri

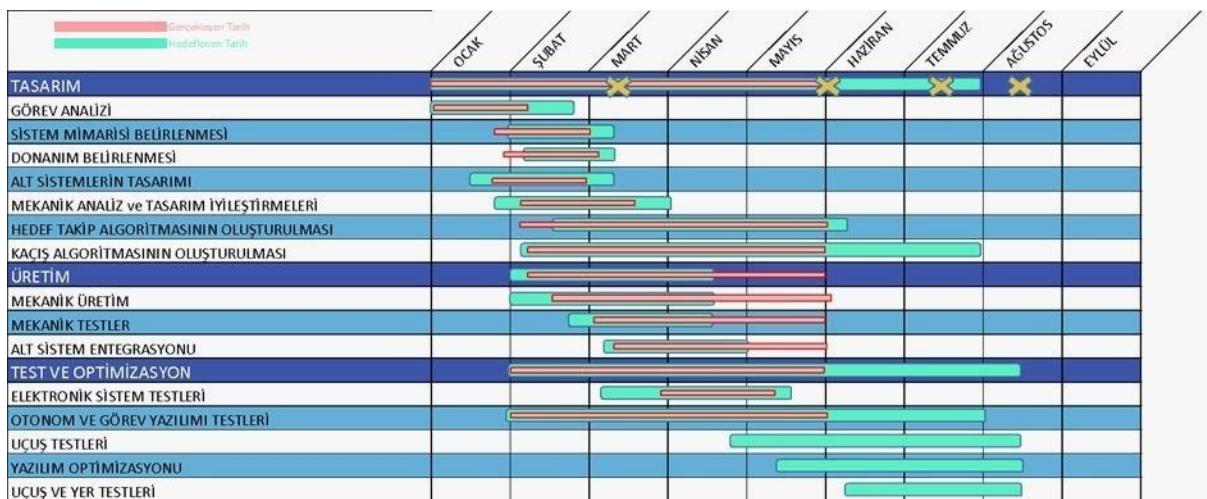
| Yazılım Ekibi | Elektronik Ekibi | Mekanik ve Tasarım Ekibi |
|---|----------------------------|--|
| Atılay Can PEKER Alper GENÇ Muhammet YAŞAR Doğukan DOĞAN | Hakan KURNAZ Yağız İPEK | Mehmet Batuhan AKSOY Deniz Samet BEYAZYÜZ Sıtkı GÖDE İlkenur KALAFATLAR |

Şekil 2.1.2: Takım Organizasyonu

2.2. Zaman Akış Çizelgesi ve Bütçe

Hakem kurulunun belirlemiş olduğu son tarihler baz alınarak yapılan plan ve program Şekil 2.2.1'de görüldüğü gibidir. İHA'nın üretimi için gerekli elektronik, mekanik ve yazılımsal malzemelerin tümünün bulunduğu bütçe tablosu Şekil 2.2.2'de görülmektedir.

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022



Şekil 2.2.1: Zaman Aķış Çizelgesi

| | Malzeme | Adet | Fiyat | | Malzeme | Adet | Fiyat |
|---------------------|-----------------------|------|----------|--------|--------------------------------|-----------------|--------|
| ELEKTRONİK | 1 Pixhawk Cube | 1 | 5886,05 | ÜRETİM | 21 Infuzyon Vakum Hortumu | 2 | 77,8 |
| | 2 Power Module | 1 | 213,91 | | 22 İnfuzyon Konnektörü | 2 | 19,44 |
| | 3 Here 2 GPS | 1 | 1499 | | 23 Release Film Delikli Naylor | 5 | 553,4 |
| | 4 Jetson AGX Xavier | 1 | 18000 | | 24 Vakum Malzemesi | 1 | 1235 |
| | 5 Bullet M5 | 1 | 1554,19 | | 25 Peel Ply Soyma Kumaşı | 4 | 401,45 |
| | 6 Zed Stereo Camera | 1 | 15080,44 | | 26 İnfüzyon Sprey Yapıstırıcı | 1 | 350,13 |
| | 7 Pitot Tüpü | 1 | 1303,9 | | 27 Zımpara | 3 | 72,5 |
| | 8 RFD 900+ | 1 | 7.482,38 | | 28 Beyaz Tutkal | 1 | 49,6 |
| | 9 Alıcı Optima-SL | 1 | 2285,71 | | 29 Sentetik Tiner | 1 | 69 |
| | 10 Motor | 1 | 2239 | | 30 Mukavemet Bant | 1 | 61,9 |
| | 11 ESC | 1 | 1327,37 | | 31 Bistüri | 1 | 22,4 |
| | 12 Batarya 1 | 2 | 2873 | | 32 Karbon Fiber Kumaş | 6 | 2839 |
| | 13 Pervane | 1 | 191,04 | | 33 Karbon Fiber Boru | 8 | 2185 |
| | 14 Boost Converter | 1 | 133,93 | | 34 Kontrplak 3mm | 2 | 22,83 |
| | 15 PDB | 1 | 92,42 | | 35 Çam çita | 4 | 124 |
| | 16 BEC 1 | 2 | 205,3 | | 36 Kontrol yüzeyi ekipmanları | 1 | 375 |
| | 17 Poe Injector | 1 | 83,75 | | 37 Servo Uzatma Kablosu | 10 | 575,9 |
| | 18 Servo | 5 | 890,25 | | 38 Banana Plug | 10 | 72,1 |
| | 19 Sigorta | 1 | 16,65 | | 39 Kaplama Kağıdı | 1 | 330 |
| | 20 Gerilim regülatörü | 1 | 550 | | 40 İniş takımı | 1 | 400 |
| Toplam Fiyat | | | | | | 71744 TL | |

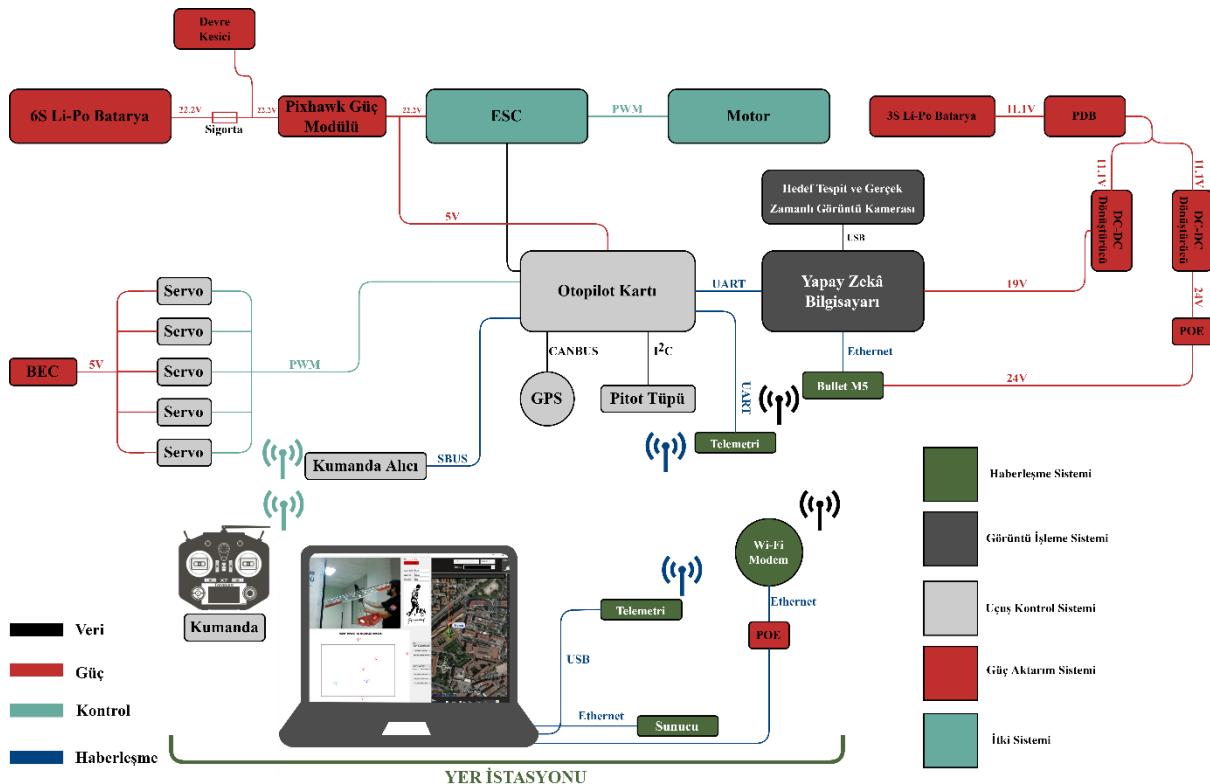
Şekil 2.2.2: Bütçe Tablosu

3. DETAYLI TASARIM ÖZETİ

3.1 Nihai Sistem Mimarisi

ACE'in nihai sistem mimarisini, görev isterleri doğrultusunda ve alt sistemlerin birbirile uyumlu çalışması hedeflenerek oluşturulmuştur. İHA üzerinde görev, güç/itki, haberleşme ve uçuş kontrol sistemleri; yer istasyonu üzerinde haberleşme ve kontrol sistemleri incelenmiştir. Sistem mimarisinin seçim kriterleri "3.2 Alt Sistemler"de açıklanmıştır. Nihai sistem mimarisinin blok şeması Şekil 3.1.1'de verilmiştir.

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022



Şekil 3.1.1: İHA'nın alt sistemlerinin nihai şeması

Kavramsal nihai sistem tasarımları oluştururken Ön Tasarım Raporu aşamasında belirlenen sistem tasarımlında değişiklikler yapılmıştır bu değişiklikler aşağıda maddelerle açıklanmıştır:

- Kavramsal mimaride gerçek zamanlı görüntü kamerası Logitech C922, hedef tespit kamerası ZED 2 Stereo olarak seçilmiştir. Yarışma kurallarında yapılan değişiklikler sebebiyle Logitech C922 kamera hem gerçek zamanlı görüntü hem de hedef tespit kamerası olarak kullanılacaktır.
- Daha uzun uçuş süreleri elde etmek ve ACE'in maliyetini düşürmek için takım bünyesinde halihazırda bulunan TATTU 16000 mAh 6S 15C Li-Po batarya kullanılacaktır.
- Alt sistemlerin beslenmesinde kullanılan DC-DC dönüştürücü, tek kart üzerinden 2 farklı çıkış elde etmek yerine daha kararlı çıkışlar elde edebilmek için 2 farklı çıkışa sahip 2 farklı DC-DC dönüştürücü kullanılacaktır.
- Elektronik sistemin güvenliğini artırmak ve olası aşırı güç aktarım durumlarında donanımları korumak için bıçak sigorta ile devre kesici kullanılacaktır.

3.2. Alt Sistemler Özeti

Uçuş Kontrol Sistemi

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022

İHA uçuş gereksinimlerini(otonom, stabil, manuel uçuş) karşılayacak hızlı bir otonom karta ihtiyaç duymaktadır. Piyasa araştırması sonucunda; açık donanım ve yazılım desteği, çevresel birimlerle ve tümleşik bilgisayarla haberleşme sağlaması nedeniyle Pixhawk oto pilot kartının modelleri incelenmiştir.

| Otonom Kart | Pixhawk 4 | Pixhawk Cube Orange |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|
| İşlemci | 32 bit ARM STM32F765 Cortex-M7 | 32 bit ARM STM32H753 Cortex-M7 |
| İvme Ölçer | ICM-20689 | ICM-20649 |
| Jiroskop | BMI-055 | ICM-20602 |
| Manyometre | IST-8310 | ICM-20948 |
| Barometre | MS-5611 | MS-5611 |

Şekil 3.2.1: Otonom Kart Karşılaştırması

Şekil 3.2.1'de Pixhawk 4 ve Cube Orange modellerinin özellikleri kıyaslanmıştır. Kıyaslama sonucunda nihai ürün olarak Pixhawk Cube Orange seçilmiştir.

Görüntü İşleme Sistemi

İHA hedefleri gerçek zamanlı şekilde tespit, takip etmeli ve ana sunucudan gelen verileri işlemelidir. Bu işlemler yapay zekâ bilgisayarında gerçekleştirilecektir. Kullanılacak bilgisayarın önemli seçim kriterleri; oto pilot kartıyla haberleşmeyi desteklemesi ve çoklu çevresel birimlere sahip olmasıdır. Hızlı işlem kabiliyeti, yüksek yapay zekâ performansı ve bellek kapasitesinin fazla olması.

| Donanım Özellikleri / Jetson Modelleri | Jetson Nano | Jetson TX2/TX2i | Jetson NX Xavier | Jetson AGX Xavier |
|--|----------------------------|---|--------------------------------|----------------------------------|
| CPU | 4-core ARM A57 @ 1.43GHz | 4-core ARM Cortex-A57 @ 2GHz, 2-core Denver2 @ 2GHz | 6-core ARM Carmel v8.2 | 8-core ARM Carmel v8.2 @ 2.26GHz |
| GPU | 128-core Maxwell @ 921 MHz | 256-core Pascal @ 1.3GHz | 384-core Volta | 512-core Volta @ 1.37GHz |
| Memory | 4 GB LPDDR4, 25.6 GB/s | 8 GB 128-bit LPDDR4, 58.3 GB/s | 8 GB 128-bit LPDDR4, 51.2 GB/s | 16 GB 128-bit LPDDR4, 137 GB/s |
| Storage | MicroSD | 32 GB eMMC 5.1 | 16 GB eMMC 5.1 | 32 GB eMMC 5.1 |
| Tensor Cores | | | 48 | 64 |

Şekil 3.2.2: Yapay Zeka Bilgisayarı Karşılaştırması

Şekil 3.2.2'de NVIDIA markasının mini bilgisayarları araştırılmaları sonucunda dört farklı model tespit edilmiştir. İşlemci, grafik işlemcisi, geçici hafiza, depolama ve Tensor Core değerleri kıyaslanmıştır. Kıyaslama sonucunda AGX XAVIER daha uygun bir donanım olduğuna karar verilmiştir.

| Kamera Modeli | C270 | C920 | C922 Pro |
|-----------------------------|--------------|------------------------------|------------------------------|
| Çözünürlük / FPS | 720p / 30fps | 1080p / 30fps - 720p / 30fps | 1080p / 30fps - 720p / 60fps |
| Megapiksel | 0.9 | 3 | 3 |
| Diyagonal Görüş Alanı(dFoV) | 55° | 78° | 78° |

Şekil 3.2.3: Hedef Tespit Kamerası Karşılaştırması

Hedef tespit kamerası olarak ön tasarımda Zed 2 Stereo kamera kullanılmasına karar verilmiştir. Yarışma kuralları gereği Stereo kamera kullanımı yasaklanmıştır. Bu sebepten ötürü tespit

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

işlemi için sadece web kamera kullanılmasına karar verilmiştir. Şekil 3.2.3'te üç farklı model kıyaslaması yapılmıştır. Çözünürlük/FPS değeri en fazla olduğu için tespit kamerası için Logitech C922 Pro kullanılacaktır.

Haberleşme Sistemi

Yer kontrol istasyonu ile İHA arasındaki veri aktarımı telemetri modülü ile sağlanacaktır. Yüksek bant genişliği, veri şifrelemesi ve aktarım hızı gibi aranan özelliklerden dolayı RFD900+ kullanılacaktır. Uçuş sırasında İHA'dan gerçek zamanlı görüntü ve uçuş seyir bilgileri alınacaktır. Bu sebepten ötürü yüksek aktarım hızı, düşük güç tüketimi ve geniş menzilli bir haberleşme modeli kullanılmalıdır. Maliyet ve kullanım kolaylığı özelliklerinden dolayı İHA içerisinde Ubiquiti Bullet M5HP, yer istasyonunda Nanobeam 5AC Gen2 Bridge ile bir iletişim ağı kurulmuştur.

3.3.Hava Aracı Performans Özeti

İtki Sistemi Performansı

Yarışma şartnamesinin ‘6.1.6 Müsabaka Süreci’ maddesinde belirtildiği üzere Savaşan İHA Görevi müsabakaları 15 dakikalık sürelerden oluşacaktır. Arttırılan batarya kapasitesi sayesinde ön tasarım aşamasında halihazırda yeterli olan uçuş süresi farklı throttle değerlerinde tekrar hesaplandı. Hesaplamlar sonucunda ACE'in bir müsabaka turunun tamamında havada kalabilecek itki sistemine sahip olduğu kanıtlanmıştır.

$$Uçuş Süresi = \frac{\text{Batarya Kapasitesi (mAh)}}{1000 \times \text{Motorun Çektiği Akım (A)}} \times 60$$

$$Uçuş Süresi (3493g itki değeri, \sim\%50 throttle) = \frac{16000 \text{ mAh}}{1000 \times 24.3} \times 60 = 39.5 \text{ dk}$$

$$Uçuş Süresi (5058g itki değeri, \sim\%65 throttle) = \frac{16000 \text{ mAh}}{1000 \times 43.83} \times 60 = 21.90 \text{ dk}$$

$$Uçuş Süresi (5991g itki değeri, \sim\%80 throttle) = \frac{16000 \text{ mAh}}{1000 \times 57.55} \times 60 = 16.68 \text{ dk}$$

Uçuş Süreleri Hesapları

Motorun genel olarak yukarıdaki hesaplamlarda verilen 3 farklı throttle değerlerinde çalıştırılması öngörmüştür, 3 farklı hesaplama verisinden ortalama throttle ve ortalama uçuş süresi elde edilmek istendiğinde 26.02 dakikalık bir uçuş süresi elde edilmiştir.

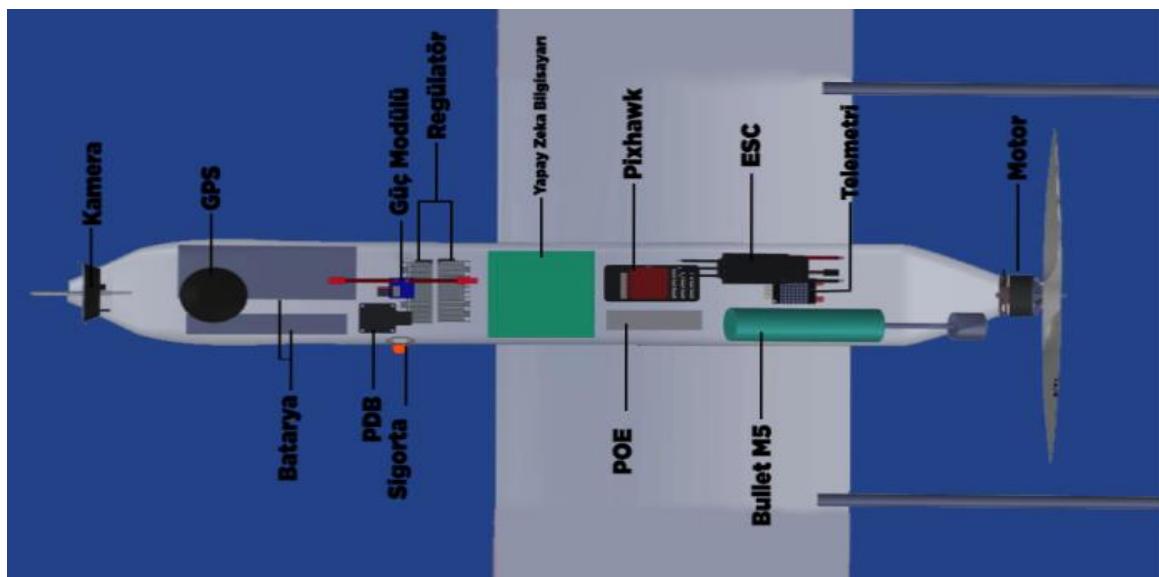
| Motor | Pervane | Gerilim (V) | Akım (A) | İtki (g) |
|-------|---------|-------------|----------|----------|
|-------|---------|-------------|----------|----------|

| | | | | |
|----------------------------|-----------|-------|-------|------|
| Sunnysky X Series V3 X4125 | EOLO 16*8 | 24.78 | 24.30 | 3493 |
|----------------------------|-----------|-------|-------|------|

Tablo 3.3.1: Motor Özellikleri

3.4.Hava Aracının Üç Boyutlu Tasarımı

Bu bölümde tasarlanan hava aracının nihai 3B tasarımları anlatılmaktadır. Mevcut hava aracı üzerindeki elektroniklerin yerlesiminin tamamlanmasının ardından yapısal entegrasyonu için gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Hava aracının kullanılabılır faydalı alanının azami düzeyde kullanılmasına dikkat edilerek Şekil 3.4.1’ deki gibi bir elektronik dizilim ortaya çıkmıştır.



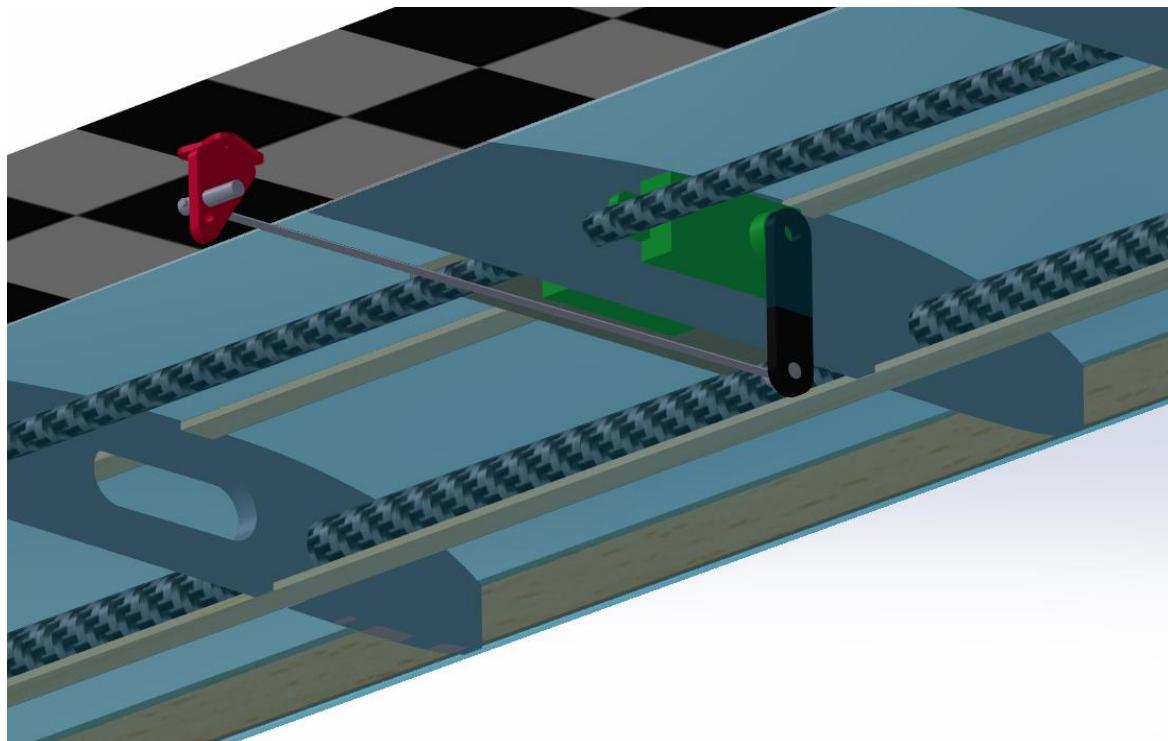
Şekil 3.4.1 : İHA'nın Elektronik Dizilimi

Hava aracının kanatlarının gövdeye entegrasonu için çift yönden yatak kullanılmış ve kuyruk bağlantı elemanı ile gövdenin arasından entegre edilen yatak sistemi kullanılmıştır. Bu yatak, kanat yapısalından uzanan boru ile gövde üzerinde bulunmakta olan gövde-kanat-yatak yapısalı arasında sıkı geçme olarak birine entegre olmaktadır.



Şekil 3.4.2: İHA'nın Kanat- Gövde Entegrasyonu

Kanat taşıyıcı bir ekipman olduğundan üzerindeki bileşenleri azami düzeyde tasarımsal beklenileri karşılaması gerekmektedir. Buna ek olarak yapılan tasarımın hafif olması kritiktir. Bu yüzden hareket yüzeylerinde klasik model uçak üretim teknikleri kullanılmıştır. Hareket yüzeyi ile gövde arasına entegre edilen röntgen filmi ile ilk montajı yapılır. Ardından mukavemet bandı ile hareket yüzeyi ile kanat arasına paralel şekilde bant atılır. Yeke ile servo kolu arasındaki bağlantılar yapılarak servo kalibre edilir. Kanat ile eleron entegrasyonu Şekil 3.4.3' deki gibidir.



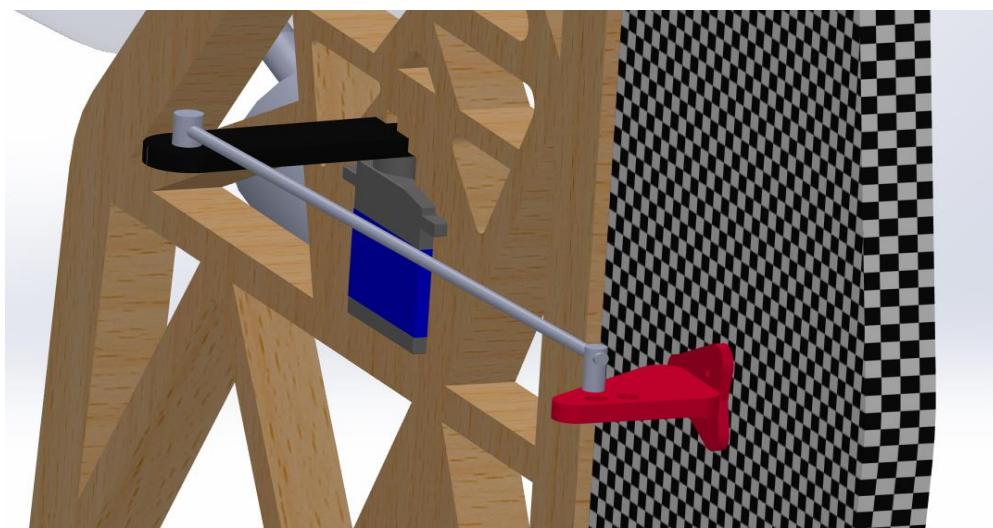
Şekil 3.4.3: İHA'nın Eleron-Kanat Entegrasyonu

Gövde üzerine entegre edilmesi gereken bir diğer yapısal da kuyruktur. Gövdeden çıkarılan kuyruk boruları ile kuyruk arasında bağlantı gerekmektedir. Bu bağlantının hem hafif hem de kolay üretilenbilir olması gerektiğinden pim ile yataklama yöntemi kullanılmıştır. Kuyruk boruna entegre edilen pimler ile kuyruk üzerinde hazırlanmış yatağın sıkı geçme ile birbirine entegrasyonu sağlanmıştır. Bu sayede hem hafif hem de bakımı kolaylaştıran bir sistem elde edilmiştir. Entegrasyon Şekil 3.4.4' deki gibidir.



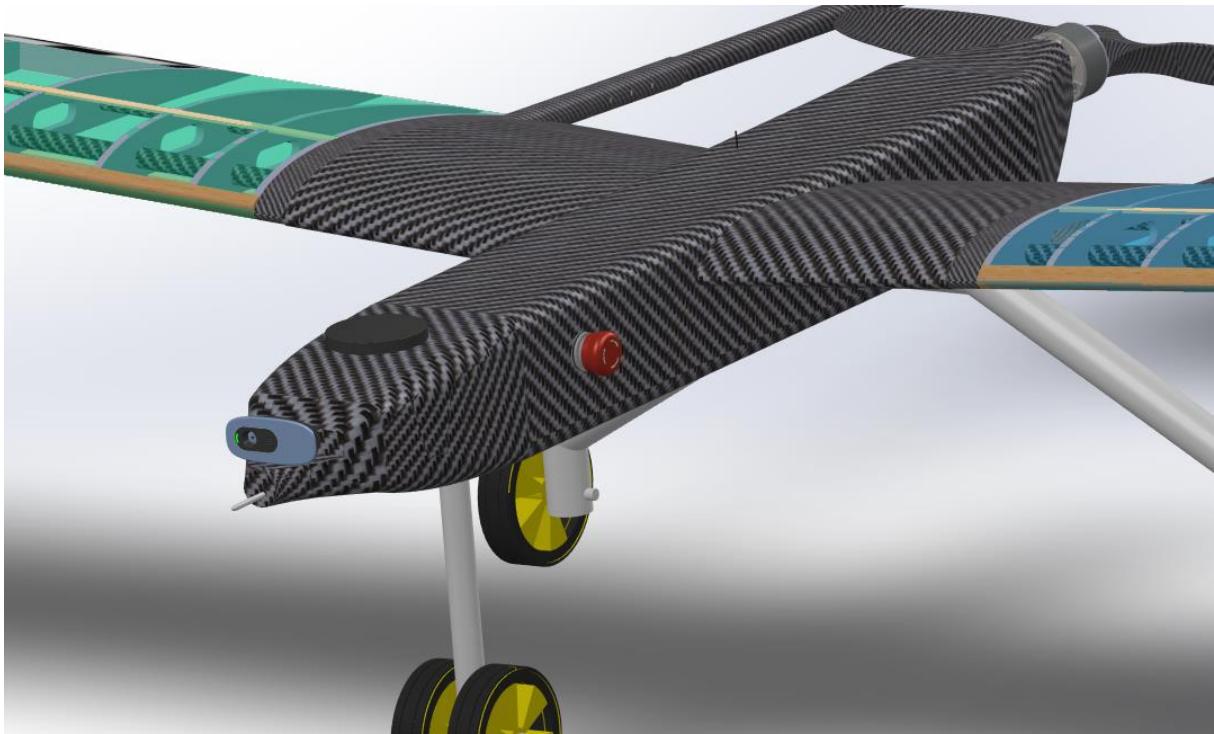
Şekil 3.4.4: İHA'nın Kuyruk Montajı

Kuyruk montajından sonra rudder kumanda yüzeyinin entegrasyonu yapılmaktadır. Kanattaki kontrol yüzeylerindeki yöntemin aynısı burada da kullanılmaktadır. Film çekilip sabitlenen rudder ile kuyruk daha sonra mukavemet bandı ile haraket yönüne dik şekilde bantlanır. Entegrasyon Şekil 3.4.5' deki gibidir.



Şekil 3.4.5 İHA'nın Kuyruk Rudder Montajı

Hava aracında güvenlik ihtiyaçlarını karşılamak için bir adet sigorta yeri bulunmaktadır. Sigorta yatağının montajı için belirlenen nokta gövdenin sol ön kısmıdır. Burada konumlandırılmasının sebebi sigortanın pervaneden uzak, bataryaya yakın olması ve ulaşılabilir olmasıdır. Gövde üzerine delinmiş sigorta yuvasının iki yönüne sigorta üzerindeki bağlantı yatağı ve vidası yerleştirilerek sıkılmaktadır. Montaj bölgesi ve montaj Şekil 3.4.6' daki gibidir.



Şekil 3.4.6: İHA'nın Sigorta Montajı

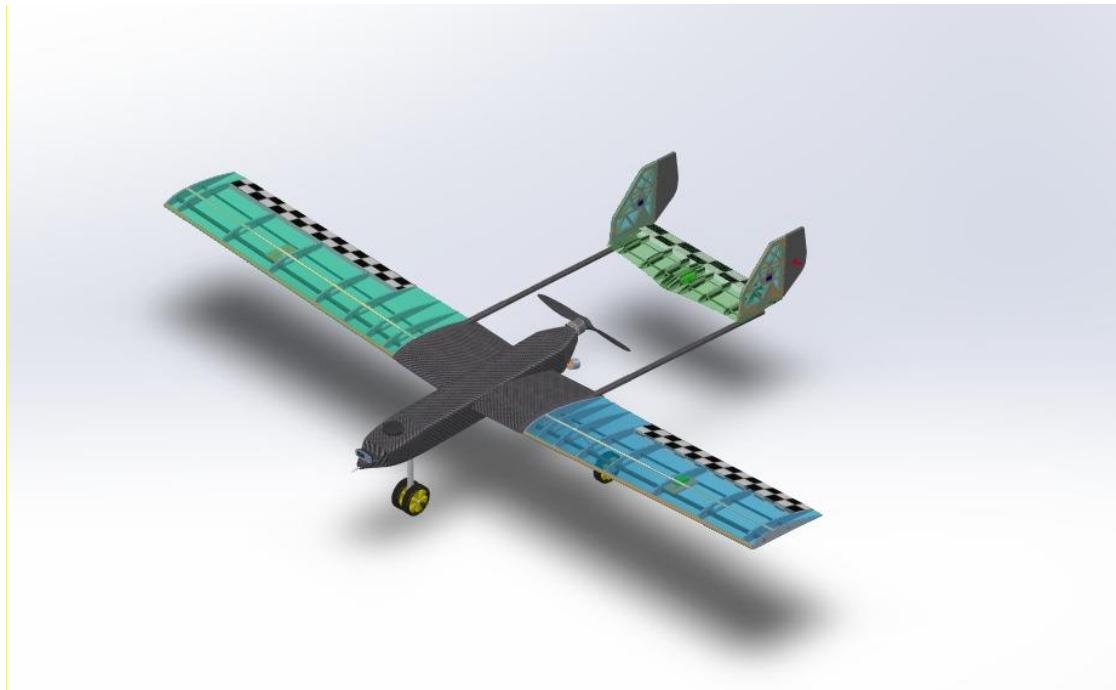
Son olarak iniş takımlarının montajı yapılmaktadır. Iniş takımının iki taraftan vida ile montajı yapılarak daha önceden belirlenmiş yatak yerine montajı yapılmaktadır.



Şekil 3.4.7: Iniş Mekanizması

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

Nihai olarak üretilmiş hava aracının montaj sonunda elde edilen teknik görseli Şekil 3.4.7' deki gibidir.



Şekil 3.4.7: İHA'nın Nihai Görünümü



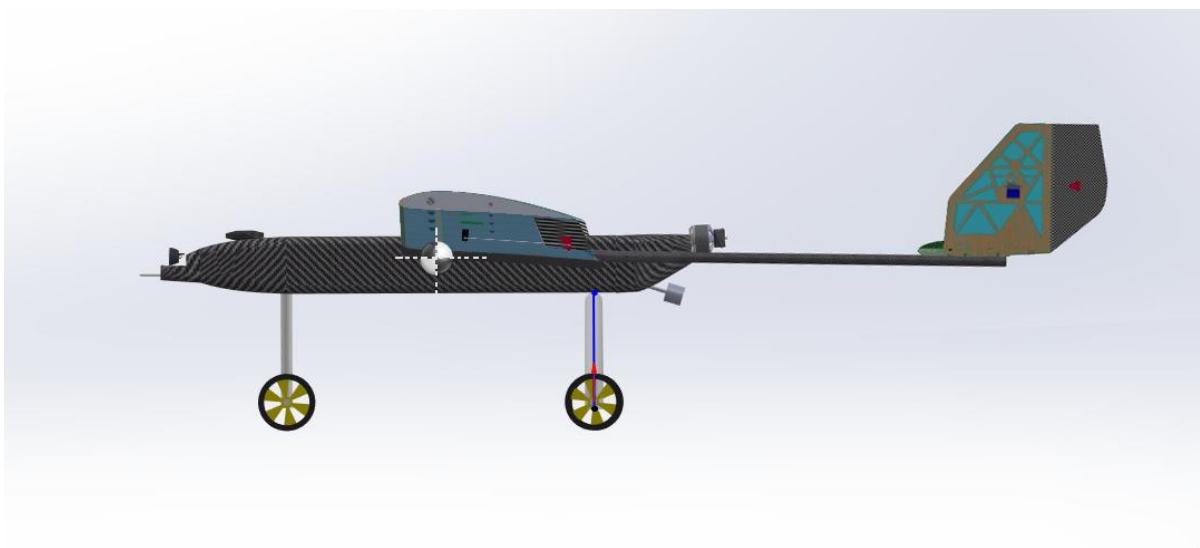
Şekil 3.4.8: İHA'nın Nihai Üretim Görünümü

3.5.Hava Aracı Ağırlık Dağılımı

İHA'nın içerisinde bulunan malzemelerin konumları ve bu konumlardan hesaplanan ağırlık merkezi Tablo 3.5.1'de ve Şekil 3.5.2'de görüldüğü gibidir.

| Komponentler | Ağırlık(gr) | X Eksen Uzaklığı | Y Eksenİ | Z Eksenİ | Mx | My | Mz |
|--------------|-------------|------------------|----------|----------|------------|----------|-----------|
| Pitot Tübü | 28 | 1000 | 13 | 76 | 28000,00 | 364,00 | 2128,00 |
| Kamera | 102 | 980,00 | 46,26 | 76,00 | 99960,00 | 4718,01 | 7752,00 |
| Gps | 49 | 426,00 | 31,90 | -45,91 | 20874,00 | 1563,00 | -2249,54 |
| Pil 1 | 900 | 540,00 | -10,00 | -100,00 | 486000,00 | -9000,00 | -90000,00 |
| Pil 2 | 332 | 540,00 | -14,00 | -39,00 | 179280,00 | -4648,00 | -12948,00 |
| PDB | 7,5 | 548,33 | 29,00 | -39,00 | 4112,48 | 217,50 | -292,50 |
| Regülatör | 17 | 722,03 | 30,00 | -44,00 | 12274,51 | 510,00 | -748,00 |
| Regülatör 2 | 17 | 474,00 | 28,00 | -78,00 | 8058,00 | 476,00 | -1326,00 |
| Xavier | 400 | 125,00 | 27,00 | 75,00 | 50000,00 | 10800,00 | 30000,00 |
| Pixhawk | 95 | -563,00 | -10,00 | 88,00 | -53485,00 | -950,00 | 8360,00 |
| Bullet | 180 | -496,00 | -25,00 | 38,00 | -89280,00 | -4500,00 | 6840,00 |
| Poe | 200 | -456,38 | -39,00 | 44,00 | -91275,00 | -7800,00 | 8800,00 |
| Esc | 93,00 | -558,00 | -63,00 | 106,00 | -51894,00 | -5859,00 | 9858,00 |
| RFD | 14,50 | -620,00 | -20,10 | 78,00 | -8990,00 | -291,45 | 1131,00 |
| Motor | 305 | -922,00 | 45,00 | 74,00 | -281210,00 | 13725,00 | 22570,00 |
| Kuyruk | 310,00 | -1010,00 | 0,00 | | -313100,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pervane | 15 | -932,00 | 45,00 | 10,00 | 675,00 | 675,00 | 10125,00 |
| | | 525 | 15 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Tablo 3.5.1: Aracın Ağırlık Dağılımı Tablosu



Şekil 3.5.2: Ağırlık Merkezi

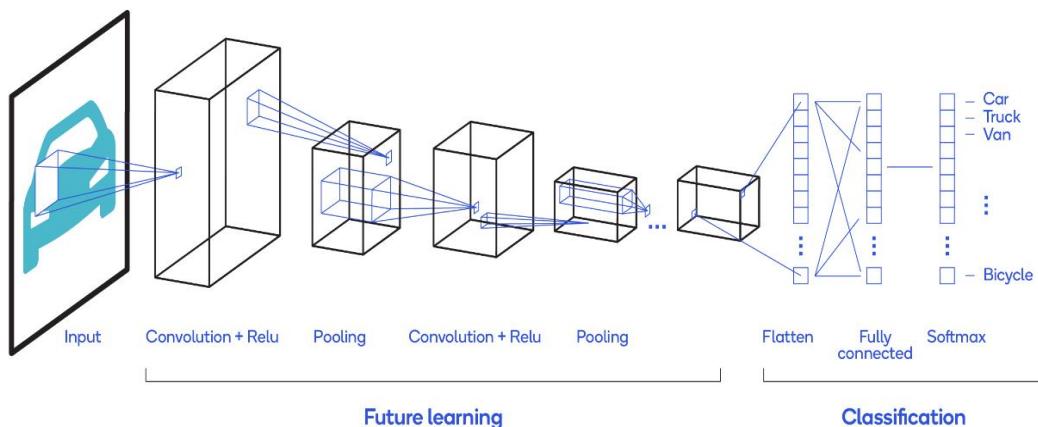
4. OTONOM GÖREVLER

4.1.Otonom Kilitlenme

Tespit İşlemi

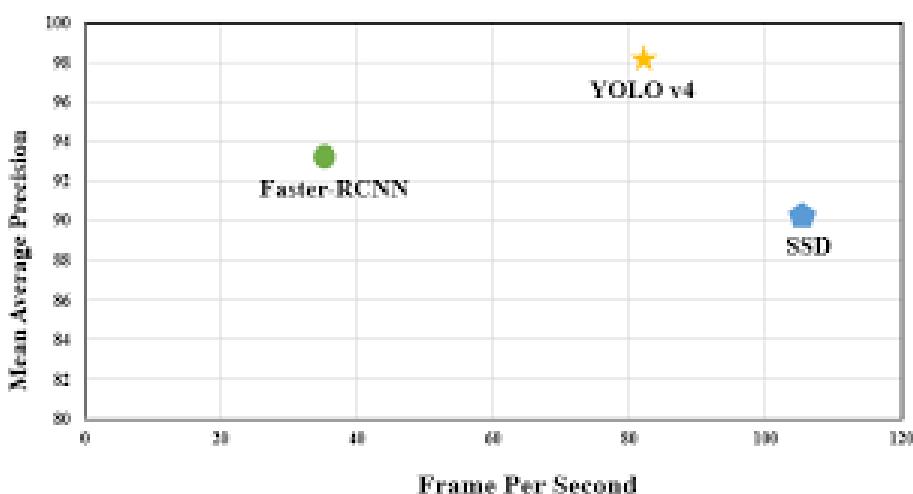
Rakip İHA tespitinde geleneksel görüntü işleme metotları dışında yapay zeka destekli nesne tespit algoritmaları kullanılması planlanmıştır. Yapay zekanın alt dalı olan makine öğrenmesi yöntemleri araştırmaları sonucunda derin öğrenme ya da derin sinir ağları kavramları ile karşılaşılmıştır. Derin sinir ağlarının farklı çeşitleri bulunmaktadır. Bunlardan biri de

evrişimsel sinir ağlarıdır(CNN). Yapay sinir ağındaki parametre sayısını azaltma özelliği sayesinde evrişimsel sinir ağları, nesne tespit işlemlerinde sık tercih edilir. Farklı boyutlarda filtreler kullanılarak girdinin boyutu azaltılır (evrişim işlemi). Yapılan evrişim işlemi sonucunda parametre sayısında azalma gerçekleşir ve böylelikle modelin sonuç verme hızı artar.



Şekil 4.1.1.1: Evrişimsel Sinir Ağrı Yapısı

Şekil 1'de evrişimsel sinir ağı yapısı gösterilmiştir. Evrişimsel sinir ağ yapısı metodu kullanılarak birçok model oluşturulmuştur. Tespit sisteminin geliştirilmesi için öncelikle farklı modeller ve çalışmalar incelenmiştir. Sistemin, İHA havadayken kısıtlı imkanlarda hızlı bir şekilde çalışabilmesi istediği için öncelikli parametre olarak çalışma hızı belirlenmiştir.



Şekil 4.1.1.2: Hassasiyet- FPS Grafiği

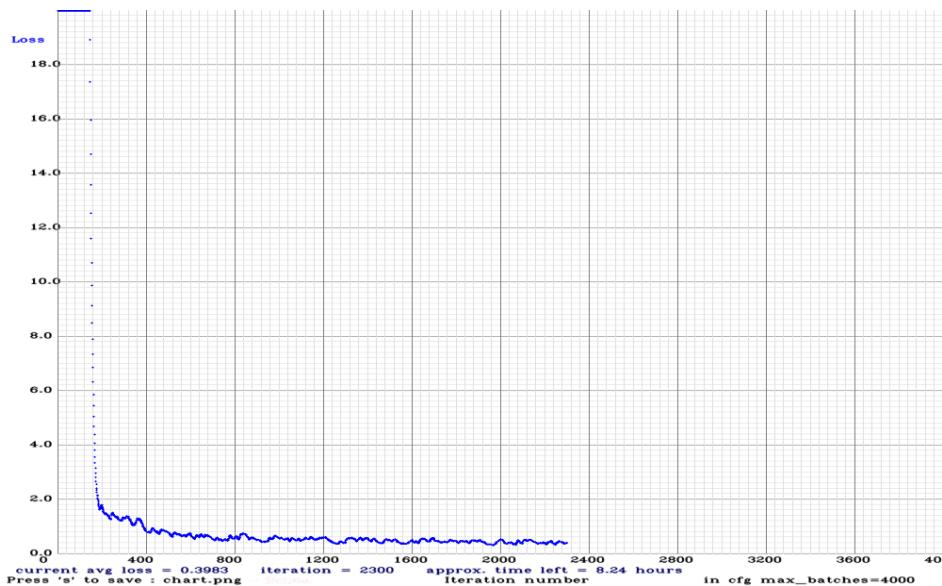
Model kıyaslaması yapılrken, modelin doğruluk değeri ve çalışma hızı önemlidir. Şekil 2'de üç farklı modelin doğruluk ve çalışma hızı kıyaslanmıştır. SSD modeli aralarında en hızlı

çalışan iken doğruluk oranı en düşüktür. Faster RCNN hem doğrululuk hem de çalışma hızında geride kalmıştır. YOLO-V4 modeli en yüksek doğruluk değerine sahiptir. Karşılaştırma sonucunda YOLO-V4 modeli ideal bir tercih olarak yorumlanabilir. Rakip İHA tespitinde YOLO-V4 modelinin kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 4.1.1.3: Etiketleme Aşaması

Sanal ortamdan ve gerçek hayattan alınan görüntüler ile 13500 fotoğraflık bir veri seti hazırlanmıştır. Veri seti, yarışmada karşılaşılabilen tipte İHA'lar içermektedir. Fotoğraflar Şekil 3'te gösterildiği gibi PYTHON dilinde yazılan bir program yardımıyla etiketlenmiştir. Etiketleme işleminden sonra eğitim işlemeye geçilmiştir. Çeşitli konfigürasyon parametreleriyle model eğitilmiştir. Eğitim sonucunda veri setinde bulunmayan fotoğraflar ile modelin performansı test edilmiştir. Karmaşıklık matrisine göre modelin doğruluk değeri %97,34 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.1.1.4: Hata-İterasyon Grafiği

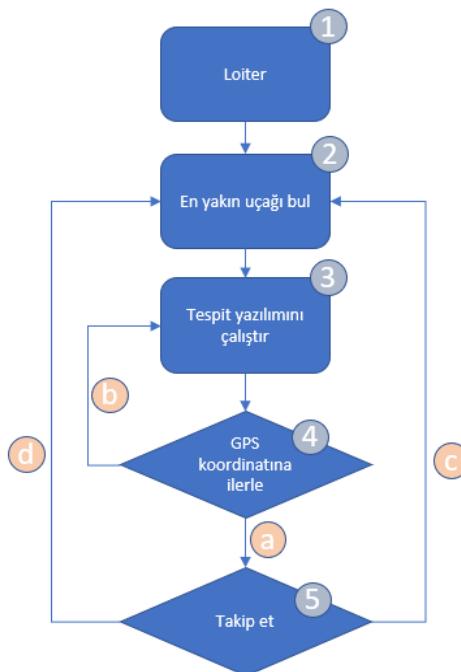
Hedef tespit için geliştirilen modelin eğitim sürecinde hata değerinin değişimi Şekil 4'te gösterilmiştir. İdeal hata değeri elde edilene kadar eğitim devam etmiştir.

4.1.2 Otonom Takip Algoritması

Otonom takip algoritması tasarlanırken yarışma isterleri ve takım isterleri göz önünde bulundurulmuştur.

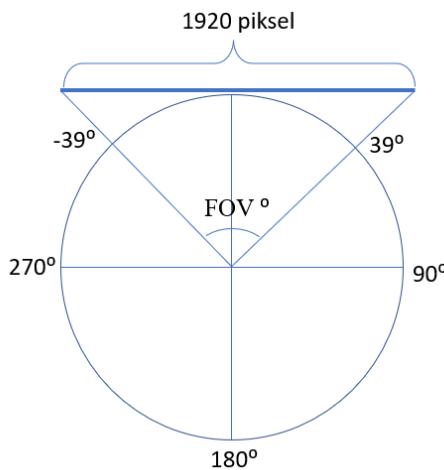
Algoritma çeşitli durumlara göre karar verebilen bir sistem olarak geliştirilmiştir. Algoritma şeması aşağıda görülebilir:

- 1. Uçak, temel uçuş konumu olan LOITER modunda seyreder.**
- 2. Uçak, sunucu üzerinden gelen rakip İHA koordinatlarına göre en takip edilebilir uçağı bulur. Bu aşamada uçağın ön tarafında olup, uçakla benzer yönelimde (heading) seyreden ve uçağa en yakın olan rakip uçak hedef olarak belirlenir.**
- 3. Uçağın kamera kullanarak rakip İHA'lara kilitlenmesini sağlayan yazılım çalıştırılır.**
- 4. Uçak hedef olarak belirlenen uçağa doğru GPS koordinatını kullanarak yönelmeye başlar.**
 - a) Rakip uçak kamera ile tespit edilirse takibe başla.*
 - b) Rakip uçak bulunamazsa yazılımı tekrar çalıştır.*
- 5. Rakip uçak kamera ile takip edilir.**
 - a) Başarılı kilitlenme durumunda farklı bir uçağa kilitlenmeyi dene*
 - b) 30 saniye içinde başarılı kilitlenme gerçekleşmez ise farklı bir uçağa kilitlenmeyi dene*



Tablo 4.1.2.1: Takip Algoritma Şeması

Kamera tarafından tespit edilen hedefleri takip edebilmek için Python dili ve MAVLINK protokolü kullanılarak bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım, tespit algoritmasından tespit edilen İHA'nın resim içindeki piksel koordinatlarını ve tespit edilen İHA'nın piksel cinsinden boyutunu alır. Bu veriler ile rakip İHA'nın tahminsel konumunu tespit eder.



Tablo 4.1.2.2: Kameranın Görüş Açısı

ACE, 2 MP çözünürlüğe ve 78 derecelik görüş açısı olan bir kameraya sahiptir. Elde edilen görüntüdeki piksel değerleri açı ve uzaklık değerlerine dönüştürülebilir. Bu durumda; görüntünün en sağında tespit edilen rakip İHA, uçağın yönelimine göre pozitif 39 derecededir. Diğer konumlarda tespit edilen hava araçları ise aşağıdaki bir formül ile tespit edilebilir.

$$\text{Hedef açı} = \frac{\text{Tespit edilen piksel}(px)}{\text{Toplam piksel (px)}} * \text{FOV} - \frac{\text{FOV}}{2}$$

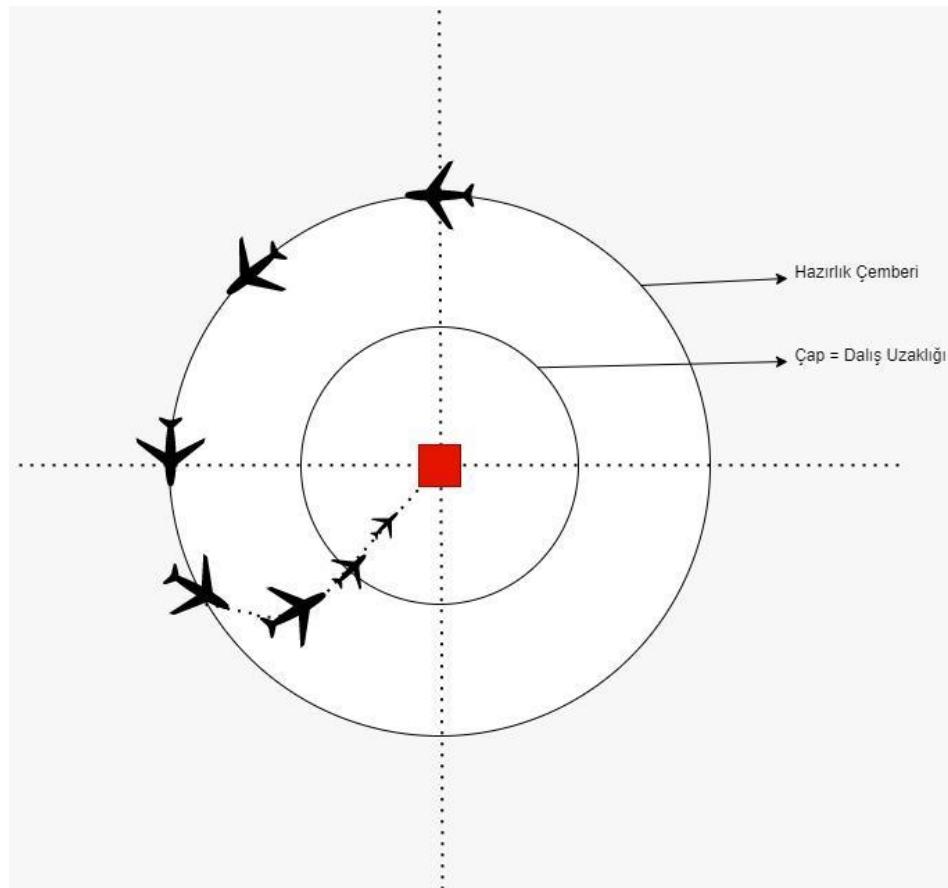
Buradan elde edilen değer PID algoritmasıyla değerlendirilir. Bu algoritma uygulanırken hesaplanan açı derecesi hata fonksiyonu olarak alınır. Bir sonraki iterasyonlarda hatanın türevi ve integrali alınarak çıkış değeri türetilir. Bu çıkış değeri ise takım tarafından tasarlanan yönelik fonksiyonuna aktarılır.

Yönelim fonksiyonu, istenen yatay eksen ve dikey eksen parametrelerinin yanında tespit edilen uçağın boyutuna göre hedefin uzaklığını tahmin eder ve buna göre uçağın hızını kontrol eder. Verilen açı değerlerine göre ise uçağın kontrol yüzeylerini hareket ettirerek istenen hedef dereceye ulaşmasını sağlar.

4.2. Kamikaze Görevi

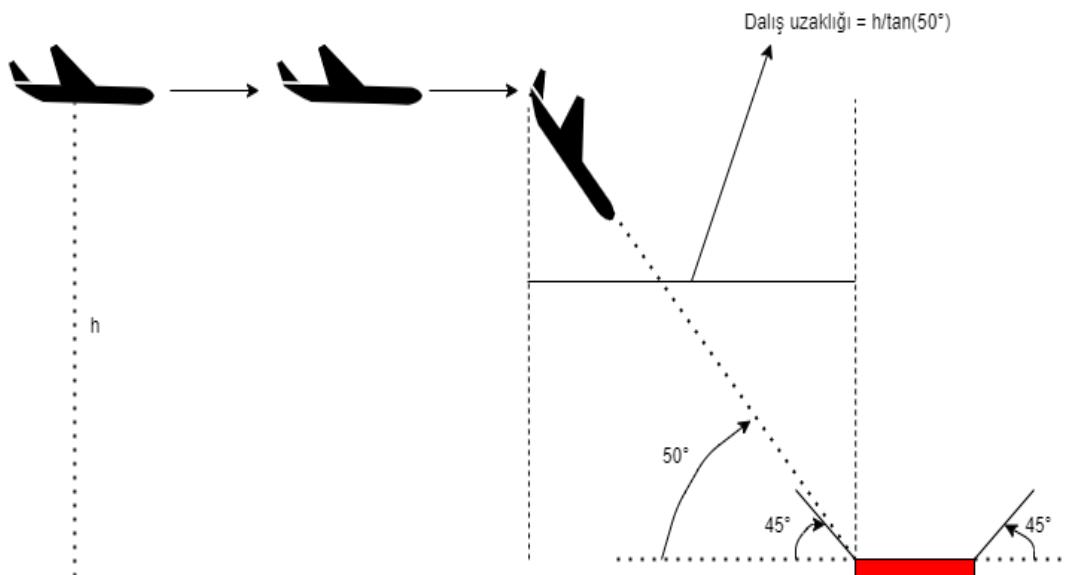
Takım, kamikaze görevi için iki farklı yaklaşım düşünmektedir. Bu yaklaşımların ikisi de kamikaze öncesi hazırlık, dalış ve kamikaze iptal durumlarını içermektedir. Bu iki yaklaşım arasındaki fark hazırlık aşamasıdır. Her iki durumda da kamikaze için dalışa başlanacak olan nokta, yükseklik ile değişeceğ olmakla beraber dalış açısı 50 derece olarak düşünülmüştür. Fakat bu açı simülasyonda ve gerçek uçuşlarda elde edilen dalış anındaki QR kodu okuma durumuna göre 45 dereceye kadar düşürülmeye çalışılacaktır.

Yaklaşımlarından ilkinin hazırlık aşamasında İHA, koordinatı verilen kamikaze noktasını merkez nokta kabul edip bu noktanın etrafında Şekil 4.2.1'de görülen 'Dalış uzaklıği' adlı değerden daha büyük bir yarıçap'a sahip 'Hazırlık çemberi' oluşturup bir sonraki komuta kadar bu noktada 360 derece dönüş yapmaktadır.



Şekil 4.2.1: Birinci Yaklaşımın Hazırlık ve Dalış Sekanslarının Gösterimi

Hazırlık sekansından sonra yer istasyondan gelecek komut ile dalış sekansına başlanacaktır. Dalış sırasında İHA hazırlık çemberinden çıkışip kamikaze noktasına doğru yönelmeye başlayıp kafa açısını tam olarak kamikaze noktasına doğru yönlendirecektir. İHA'nın kamikaze noktasına olan uzaklığı dalış uzaklığına yaklaşıp eşitlendiğinde dalış için gerekli olan açı (45° - 50°) ile dalış başlanacaktır.(Şekil 4.2.2)

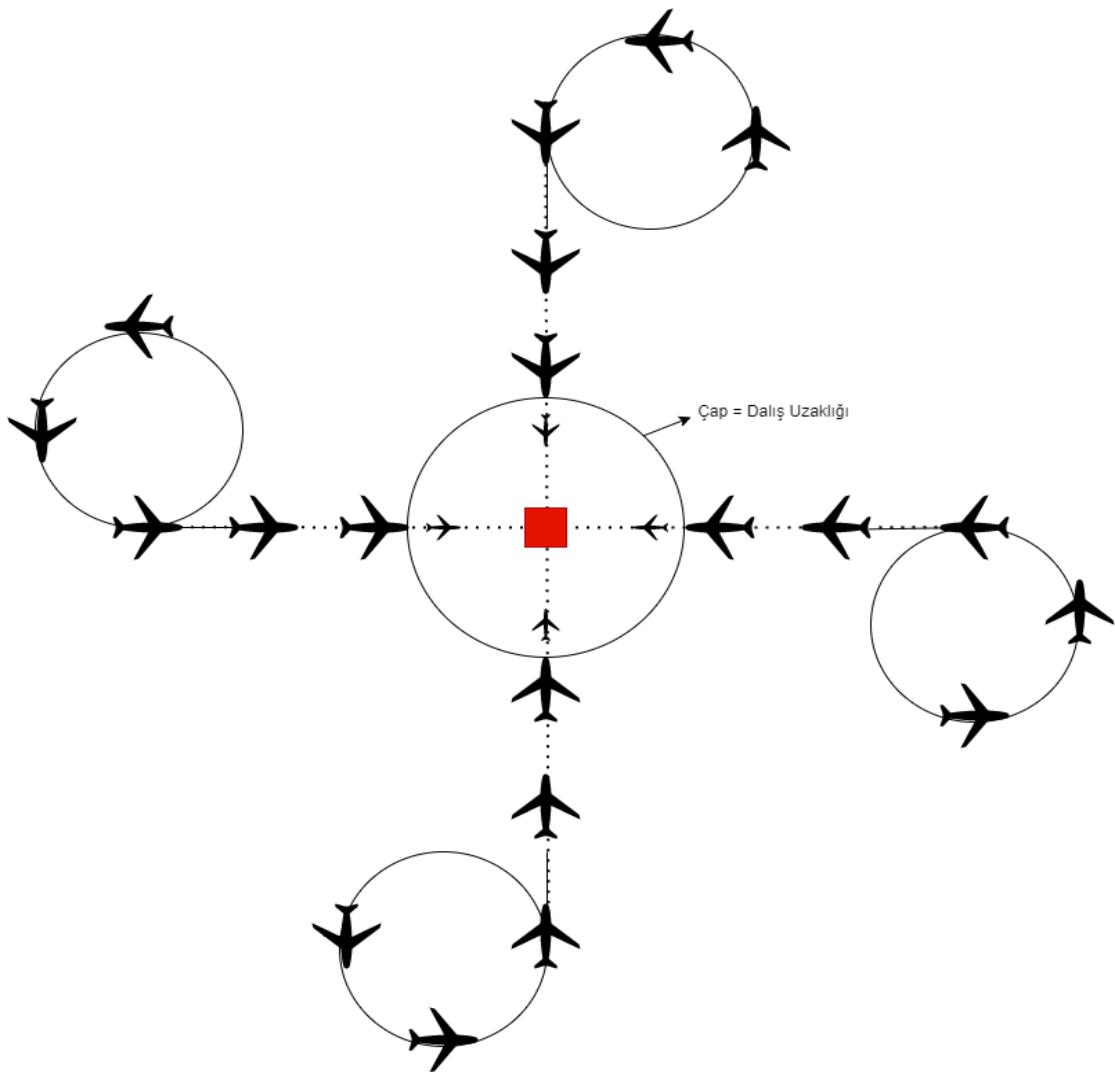


Şekil 4.2.2: Yatay Eksenden Dalış Sekansı Gösterimi

Bu dalıştan sonra ACE 'KAMIKAZE IPTAL' butonuna basılmadığı sürece veya 30 metre irtifa altına düşmediği sürece dalışa devam etmektedir. Bu iki durum gerçekleştiği takdirde, ACE yükseliş komutu ile ilk önce dalış pozisyonundan stabil konuma daha sonra tekrar yükselişe geçip eski irtifasını kazanmaktadır.

Yaklaşılardan ikincisinde ise hazırlık aşamasında farklılık bulunmaktadır. Burada dalış öncesi yapılacak olan hazırlık çemberinin merkezi kamikaze noktası olmayacağı. Dört farklı hazırlık çemberi bulunacaktır. Bu çemberlerin merkezi kamikaze noktasının kuzeyi, güneyi, doğusu ve batısı olmak üzere dört farklı lokasyonda olacaktır. Kullanıcı havadaki hedef uçak yoğunluğu ve uçuşa yasaklı bölgeye göre dört farklı merkezden birini seçecektir ve hazırlık sekansı başlayacaktır. ACE seçilen bu nokta etrafında bir hazırlık çemberi oluşturacaktır. Bu hazırlık çemberlerinden arayüzde bulunan 'KAMIKAZE DALIS' komutu ile çıkmaktadır. ACE daha sonra dalış çemberine kadar stabil uçuş yapıp dalış çemberine geldiği zaman dalışa başlayacaktır. Şekil 4.2.3'de olası hazırlık çemberleri ve son yaklaşma yolları gözükmektedir.

ACE, bu hazırlık ve dalış sekanslarından sonra ilk yaklaşımda olduğu gibi kullanıcının gelen komut veya irtifaya göre dalışı bitirip eski irtifasına çıkmaktadır.



Şekil 4.2.3: İkinci Yaklaşımın Hazırlık ve Dalış Sekanslarının Gösterimi

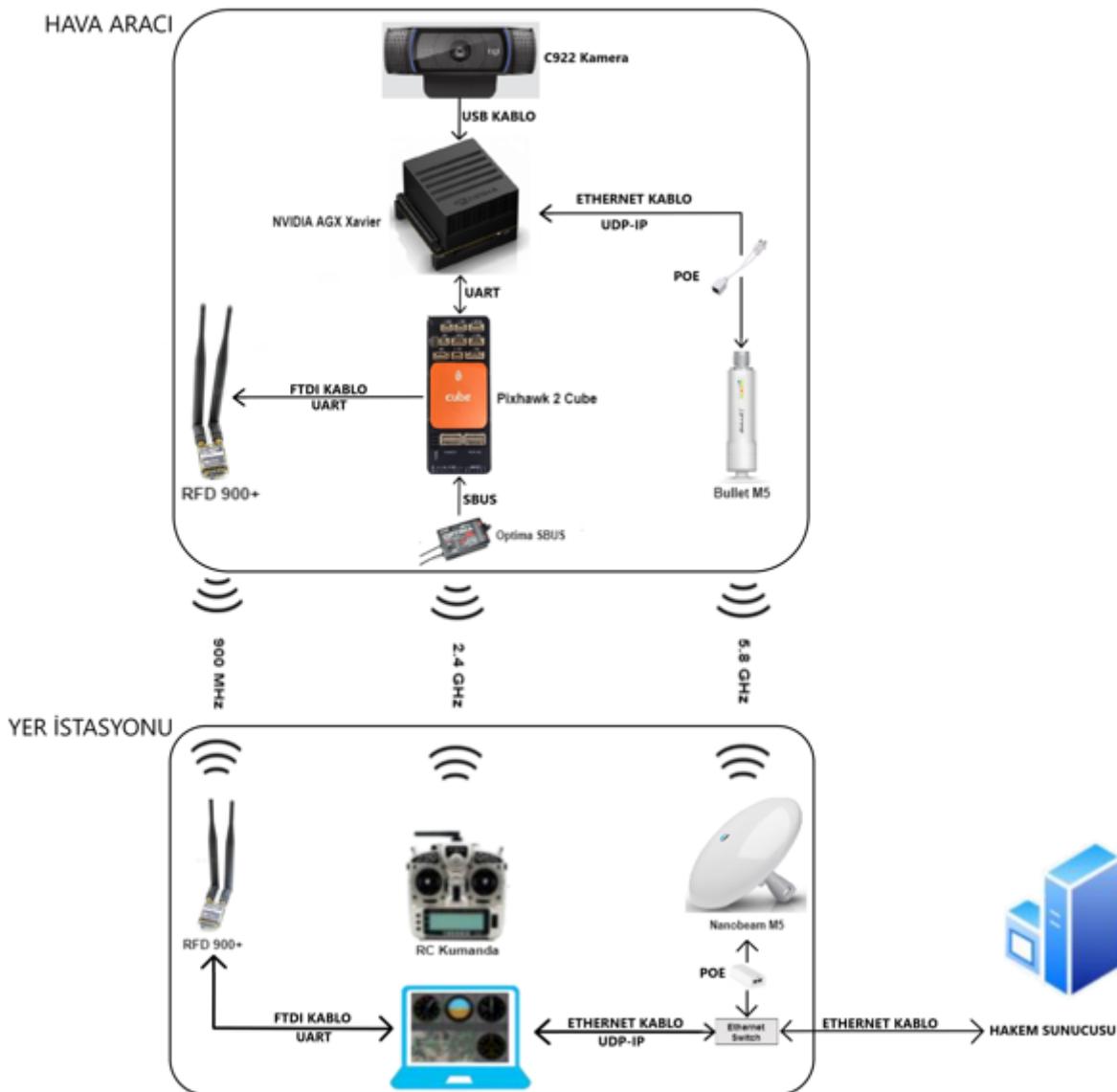
Anlatılan bu iki yaklaşım arasında seçilmiş olan sistem ikinci yaklaşımındır. Takım yazılım ve testlerini bu yaklaşım üzerine geliştirmektedir.

5. YER İSTASYONU VE HABERLEŞME

Günümüz dünyasında gerek askeri gerek sivil alanda çok büyük öneme sahip olan haberleşme sistemleri, yarışma için de büyük bir önem arz etmektedir. Yarışmada kullanılacak haberleşme sistemlerini, hava aracının kendi içindeki donanımlar arası haberleşmesi, hava aracının yer istasyonu ile haberleşmesi ve yer istasyonunun hakem sunucusu ile olan haberleşmesi şeklinde üç farklı sisteme bölebiliriz.

Yukarıda bahsedilen üç farklı alan için takım farklı haberleşme protokollerini ve donanımları kullanmıştır. Yarışmada kullanılacak haberleşme protokollerini ve donanımlarını anlatan şema Şekil 5.1' de görüldüğü gibidir.

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022



Şekil 5.1: Haberleşme Şeması

ACE içerisinde kamera, USB portundan yapay zeka bilgisayarına bağlanmaktadır. Yapay zeka bilgisayarı, kameradan gelen görüntü işlenip kamikaze veya takip için gerekli olan komut bilgisi otonom uçuş kartına aktarılmaktadır. Yapay zeka bilgisayı; konum, hız, baş açısı vb. verileri otonom uçuş kartından almaktadır. Otonom uçuş kartı ve yapay zeka bilgisayı arasındaki haberleşme UART protokolü ile yapılmaktadır.

Bunlar haricinde Şekil 5.1'de yer istasyonu ve ACE arasındaki haberleşme sistemleri soldan sağa doğru RFD telemetri sistemi, kumanda haberleşmesi ve Nanobeam-Bullet Ethernet haberleşmesi şeklindeki sistemlerdir. RFD telemetri sistemi Otonom uçuş kartından hız, konum, irtifa, uçuş parametreleri vb. bütün telemetri bilgilerini yer istasyonuna aktarmaktadır. Bu bilgiler otonom uçuş kartında üretilip UART protokolü ile ACE içerisindeki RFD telemetriye aktarılmaktadır. Daha sonra bu bilgiler radyo sinyalleri ile yer istasyonunda bulunan RFD telemetriye gelmektedir. Yer istasyonunda bulunan komuta bilgisayı bu bilgileri tipki ACE içerisinde

olduğu gibi UART protokolü üzerinden alıp işlemektedir. RFD telemetri sistemi 870-920 MHz bandında çalışmaktadır.

Şekil 5.1'de ortada görünen haberleşme sistemi, pilotun kumanda aracılığı ile hava aracını yönlendirmesi gerekiğinde yapay zeka bilgisayarına stickler ile komut gönderme veya bu stickler ile uçuş modu değiştirme gibi elzem görevlerin yerine getirilmesini sağlamaktadır. Bu haberleşme sistemi, kumandada oluşan verileri radyo sinyalleri ile ACE içerisinde bulunan kumandanın alıcısına göndermektedir. Daha sonra bu bilgiler alıcıdan SBUS protokolü ile otonom uçuş kartına aktarılmaktadır. Bu kumanda sistemi 2.4 GHz bandında çalışmaktadır.

Şekil 5.1'de sağda görülen haberleşme sistemi ise Nanobeam-Bullet Ethernet haberleşme sistemidir. Takım tarafından yazılan yer istasyonunda çalışacak kullanıcı arayüzündeki verilerin hepsi bu sistem ile aktarılacaktır. Bu verilerin arasında kamera görüntüsü, konum bilgisi, kitlenme verisi, hız verisi, baş açısı gibi veriler bulunmaktadır. Bu veriler UDP-IP protokolü ile gönderilecektir. Bu sistem 5-5.8 GHz bandında çalışmaktadır. Nanobeam-Bullet haberleşme sistemindeki cihazlar güç ihtiyaçlarını Ethernet kabloları üzerinden almaktadırlar. Ethernet kablolarının güç ihtiyaçlarını sağlayan donanım ise POE'lerdir.

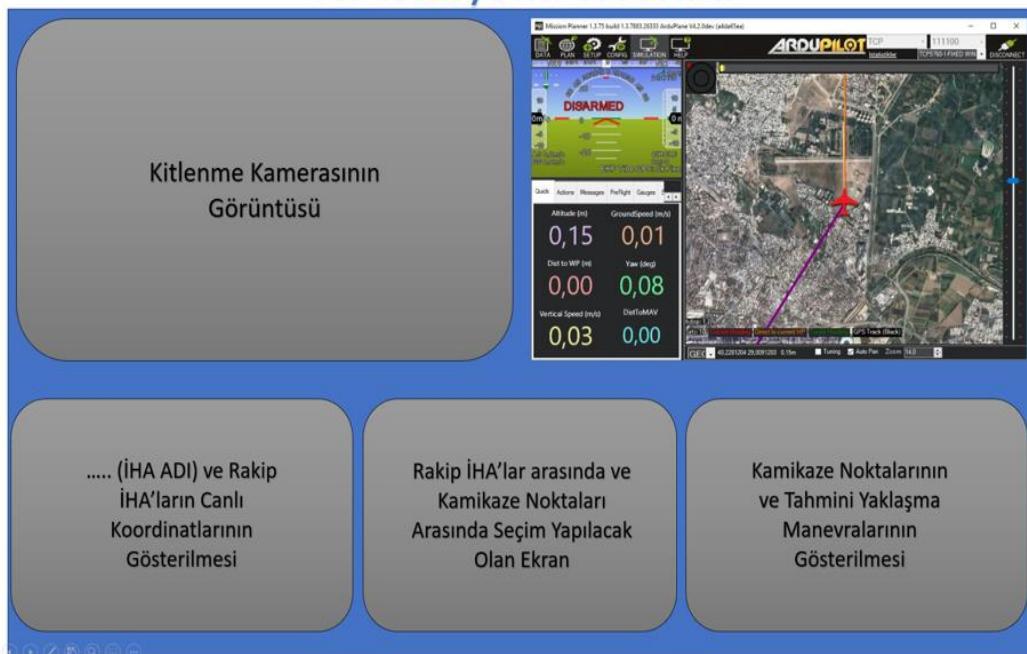
Aktarımı yapılan bu veriler arasında yarışma kurulunun zorunlu kıldığı bazı veriler hakem sunucusuna aktarılmalıdır. Buradaki haberleşme protokolü ve gönderilecek olan veriler raporun yazım tarihinde açıklanmadığı için kesin olmamakla beraber bir Ethernet ağ anahtarı kullanarak kablolu olarak gerçekleştirilecektir.

6. KULLANICI ARAYÜZÜ TASARIMI

Bu bölümde, yer kontrol istasyonunda kullanılacak olan arayüzün/arayızlerin tasarımı/tasarımları açıklanacaktır. Burada hız, yükseklik, mod değişimi, kilitlenme dörtgeni gibi bilgilerin nerede bulunduğu arayüzün/arayızlerin üzerinde görsellerle gösterilmelidir.

Hava aracı yer istasyonuna iki adet haberleşme sistemi ile bağlıdır. Bunlar RFD ve Nanostation-Bullet donanımlarıdır. Takımın ön tasarım raporunda bahsetmiş olduğu taslak kullanıcı arayüzünde gelişmelere gidilmiştir fakat arayüz için düşünülen temel yapı aynı kalmaktadır. Temelde bahsedilen kullanıcı arayüzü iki farklı arayüzdür. İlk sistem olan RFD, hazır bir yazılım olan Mission Planner adlı arayüz için telemetri verilerini sağlamaktadır. Burada takımın hazırlamış olduğu ikinci arayüz için telemetri verileri Nanostation-Bullet haberleşme sistemi ile sağlanmıştır. Hava aracında bulunan RFD telemetri Pixhawk adlı otonom uçuş kartına, Bullet ise Xavier adlı yapay zeka bilgisayarına bağlanmaktadır. Şekil 6.1'de ön tasarım raporunda tasarlanan kavramsal kullanıcı arayüzü bulunmaktadır. Takımın düşündüğü kavramsal tasarım arayüzünde dört farklı pencere bulunmaktadır. Bu fikir arayüz kodunun yazımı kısmında çeşitli sorunlar çıkartıldığından bütün verilerin tek bir pencere içerisinde gösterilmesine karar verilmiştir.

Yer İstasyonu Tasarımı



Şekil 6.1: Ön Tasarım Raporunda Planlanan Arayüz

Kavramsal arayüzde gösterilecek olan veriler kritik tasarımda da aynı kalmıştır ve aşağıdaki gibidir ;

- Uçuş sırasında İHA'dan alınan canlı görüntünün gösterilmesi
- ACE'in ve rakip İHA'ların konumlarının canlı şekilde gösterilmesi. Kamikaze yapılması gereken noktaların gösterilmesi.
- Olası hedef İHA'lar arasında kilitlenme sekansının başlaması için manuel seçim yapılabilmesi ve kamikaze noktaları arasında seçim yapılacak olan ekranın gösterilmesi.

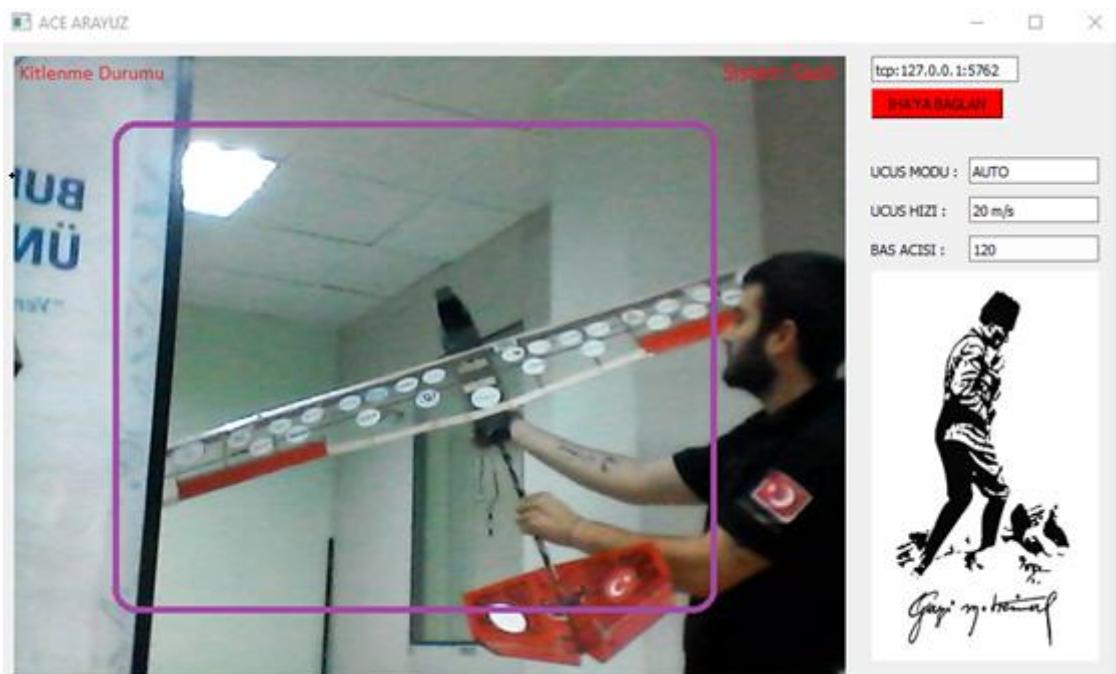
Nihai arayüz tasarımı Şekil 6.2'de görüldüğü şekilde değiştirilmiştir.

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022



Şekil 6.2: Uçuş Sırasında Yer İstasyonunda Bulunan Arayüzler

Takım tarafından hazırlanan arayüz, Mission Planner ile tek bir ekranda yan yana duracak şekilde veya iki farklı ekranda çalıştırılacak şekilde tasarlanmıştır. Kullanıcı arayüzü üst ve alt olarak ikiye bölersek üst kısmında hava aracından gelen görüntü, bağlantı durumu, uçuş modu, uçuş hızı, baş açısı gibi veriler bulunmaktadır. Ayrıca kamera görüntüsü içerisinde kilitlenme dörtgeni ve kilitlenme durumu ve sistem saatı bulunmaktadır. (Şekil 6.3)

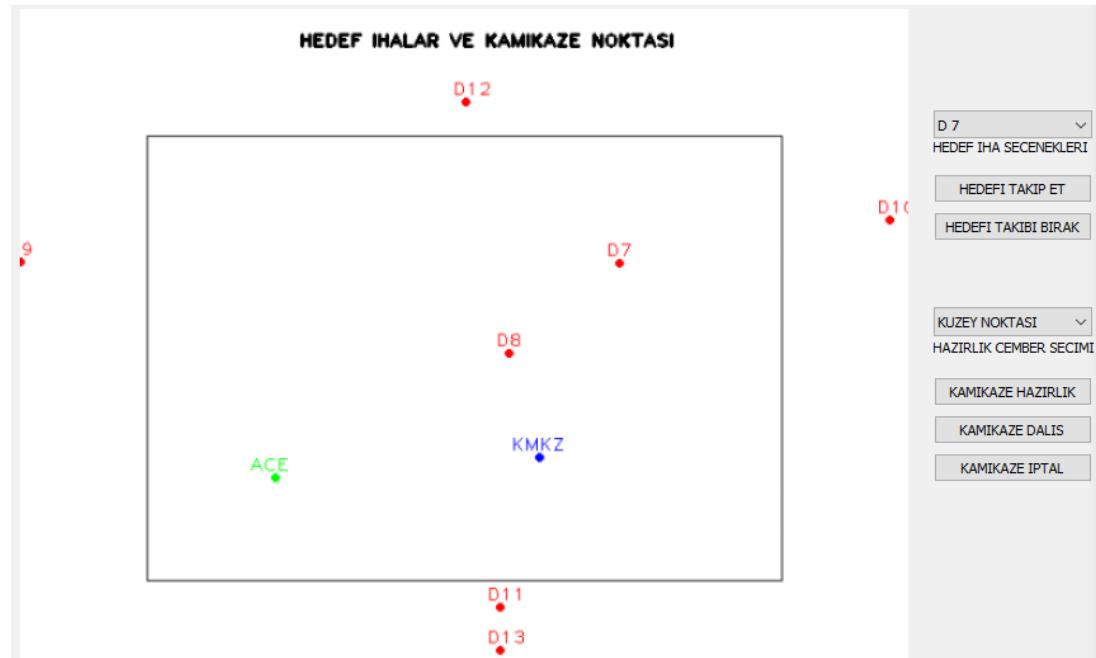


Şekil 6.3: Kullanıcı Arayüzüünün Üst Kısı

Şekil 6.4'de arayüzün alt kısmında ise harita, hedef İHA'ların kilitlenme seçiminin yapılacakcombo box, hedef takip ve hedef bırak butonları, kamikaze görevindeki hazırlık çemberlerinin seçimi için combo box, kamikaze hazırlık, dalış ve iptal butonları bulunmaktadır.

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022

Alt kısmın solunda bulunan ve haritayı temsil eden görselde kırmızı noktalar hedef İHA'nın kimliğini ve nerede bulunduğu göstermektedir. Bu görsel hakem sunucusundan gelen veriler ile gerçek zamanlı olarak güncellenmektedir. Haritanın ortasındaki siyahla çizilmiş dikdörtgen ise hakem kurulunun belirlemiş olduğu uçuşa yasaklı bölgeyi temsil etmektedir. Haritada mavi ile gösterilen 'KMKZ' adlı nokta ise kamikaze noktasını göstermektedir.



Şekil 6.4: Kullanıcı Arayüzüünün Alt Kısı

Kamikaze noktasına dalış öncesi hazırlık çemberleri oluşturulmuştur ve 'KAMIKAZE HAZIRLIK' adlı butona basıldığı zaman harita üzerinde bu çember çizilecek ve ACE bu çemberde sonsuz dönüşe başlayacaktır. Fakat kritik tasarım raporu hazırlanırken bu özelliğin geliştirilmesi sürdüğü için arayüz görsellerine eklenmemiştir.

Takım tarafından hazırlanan arayüzün yanında 'Mission Planner' adlı açık kaynaklı hazır yazılım kullanılacaktır. Şekil 6.5 de 'Mission Planner'adlı yazılım görülmektedir. Bu yazılımda numaralandırılmış noktaların açıklaması Tablo 6.6 da görülmektedir.

| No | Görevler |
|----|---|
| 1 | İHA'nın yüksekliği |
| 2 | İHA'nın yere göre hızı |
| 3 | Dikilme ve Yatış açısının gösterildiği alan |
| 4 | İHA'nın uçuş modu |
| 5 | İHA'nın hava ve yarı hızı |
| 6 | İHA'nın yer kontrol istasyonu ile arasındaki haberleşmenin kalitesi |
| 7 | İHA'nın harita üzerinde lokasyonu |

Tablo 6.5: Mission Planner'daki Numaraların Açıklamaları

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022



Sekil 6.6: Mission Planner Arayüzü

7. HAVA ARACI ENTEGRASYONU

7.1. Yapısal Entegrasyon

Tasarlanan hava aracının görev isterlerini karşılayabilmesi için hafif, yüksek mukavemet, yüksek burkulma direnci ve bakım sürelerinin kısa olması gerekmektedir. Bu hususta hava aracının taşıyacağı yük belirlenerek hacimsel modellenmesi yapıldı. Yapılan model üzerinden gerekli mukavemet hesapları yapıldı ve tasarım netleştirildi. Tasarlanan hava aracının malzeme seçimleri yapıldı. Yapılan malzeme seçimi tablosu xxx.xx deki gibidir.

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022

| MALZEME | YOĞUNLUK p gr/cm ³ | Cekme Muk. MPa | Elastisite Modülü Gpa | Özgül Çekme Mukavemeti | Özgül Rijitlik E/p | MALİYET | ÜRETİLEBİLİRLİK |
|-----------------|-------------------------------|----------------|-----------------------|------------------------|--------------------|---------|-----------------|
| Alüminyum | 2,80 | 84,00 | 71,00 | 30,00 | 25,00 | 1,00 | 3,00 |
| AL Alaşım(2024) | 2,80 | 247,00 | 69,00 | 88,00 | 25,00 | 1,00 | 3,00 |
| Ahşap(kayın) | 0,70 | 110,00 | 13,00 | 157,00 | 19,00 | 5,00 | 5,00 |
| Karbon Epoksi | 1,50 | 1650,00 | 140,00 | 1100,00 | 93,00 | 4,00 | 5,00 |
| Kevlar-Epoksi | 1,40 | 1400,00 | 77,00 | 1000,00 | 55,00 | 3,00 | 4,00 |
| E-cam-Epoksi | 1,80 | 1150,00 | 42,00 | 269,00 | 23,00 | 4,00 | 4,00 |

Tablo 7.1.1: Malzeme Seçimi Tablosu



Şekil 7.1.2: Malzeme Seçim Puanlaması

GÖVDE

Seçimi yapılan malzemelerin ışığında hava aracını üretebilmemiz için gerekli üretim yöntemleri belirlendi. Bu hususta mevcut altyapı ve maliyet hususlarına azami dikkat ederek, yüksek verimlilikli ve hatasız üretim yapılması hedeflenmiştir. Mevcut altyapının gözetilmesinden dolayı köpük erkek kalıp kullanılarak üretim yapıldı. CNC verisi hazırlanan uçak erkek kalıp modeli üzerinden köpük kesilmiştir. Kesilen model epoksi reçine uygulamasından geçirilerek sertleşmesi sağlanmıştır. Ardından vakum torbalama yöntemi ile üretilicek uçağın ön hazırlık işlemlerine başlandı. İlk olarak laminasyon planı hazırlandı. Hazırlanan plan çerçevesinde karbon elyaf, vakum torbası , peelply , delikli naylon ve keçe kesimleri yapılmıştır. Hazırlıkların tamamlanmasının ardından döküm işlemeye başlandı. Bu hususta elyafların katlanmasılığını önlemek amacıyla katmanlar ıslatılmadan model üzerine elyaflar yapıştırıldı. Yapıştırılan elyafları, hazırlanan epoksi reçine ile ıslatılarak sırasıyla ; peelply,delikli naylon ve keçe model üzerine serilerek vakuma alındı. Kür süresi içerisinde modele düşük ısı verilerek kürleştirildi.



Şekil 7.1.3: Gövde Üretimi



Şekil 7.1.4: Gövde Vakum İnfüzyon Yöntemi

KANAT

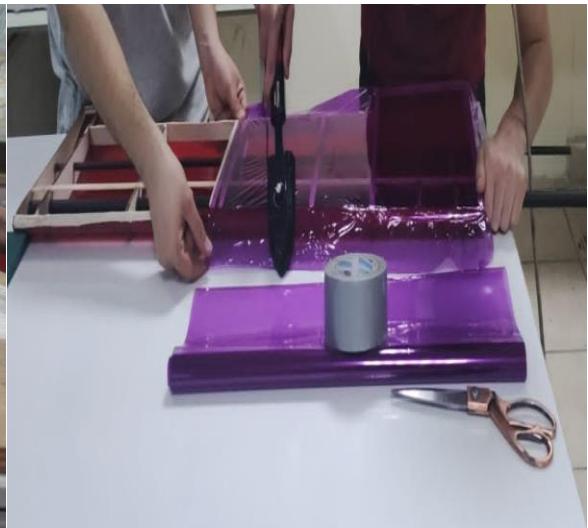
Üretilen hava aracının doğru kanat tasarımlı yapılabilmesi için ön tasarımda ön görülen elektronik bileşenlerin ve yapısal ağırlıklarının belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Görev isterlerinin azami oranda karşılanabilmesi için kanat boyutlandırılması ve tasarımlı kritik öneme sahiptir. Bu hususta ilk olarak hava aracının kaldırma hesapları yapılmıştır. Yapılan hesaplar işığında doğru profili seçimi işlemine geçilmiştir. Hava aracının kanat profili doğrudan hava aracının performansına etki ettiğinden dolayı uygun profil seçimi için profillerin detaylı bilgileri bulunduğu ‘airfoil-tools’ gibi veri bankalarından verileri toplanmıştır. En düşük geri sürüklenebilme, en yüksek kaldırmanın ve stabilitenin elde edildiği N-11 kanat profili seçilmiştir.

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022

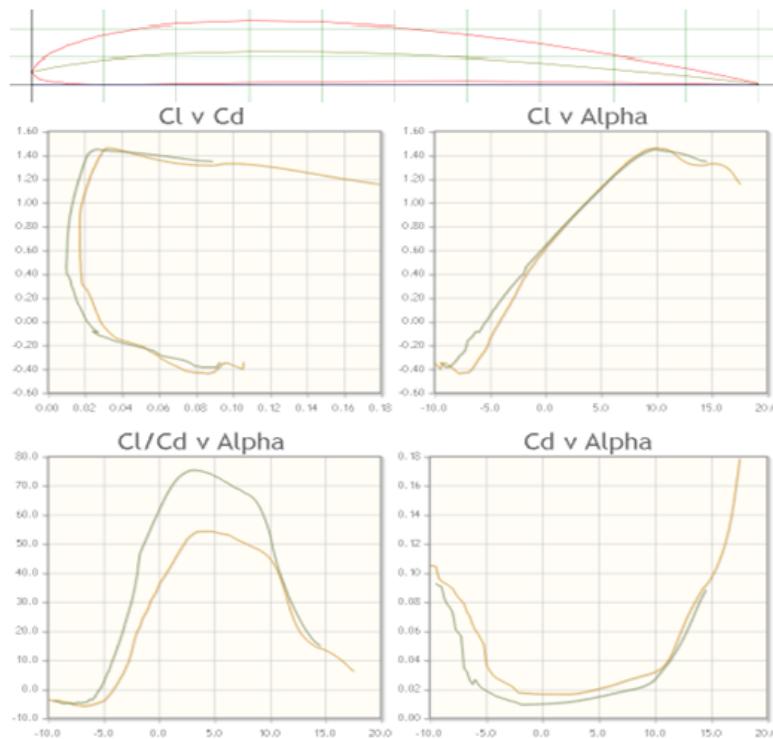
Kanat profilindeki en yüksek performans verilerinin 7.5 derece hücum açısında olduğu görülmüştür.



Şekil 7.1.5: Kanat profil görüntüüsü



Şekil 7.1.6: Kanat kaplaması

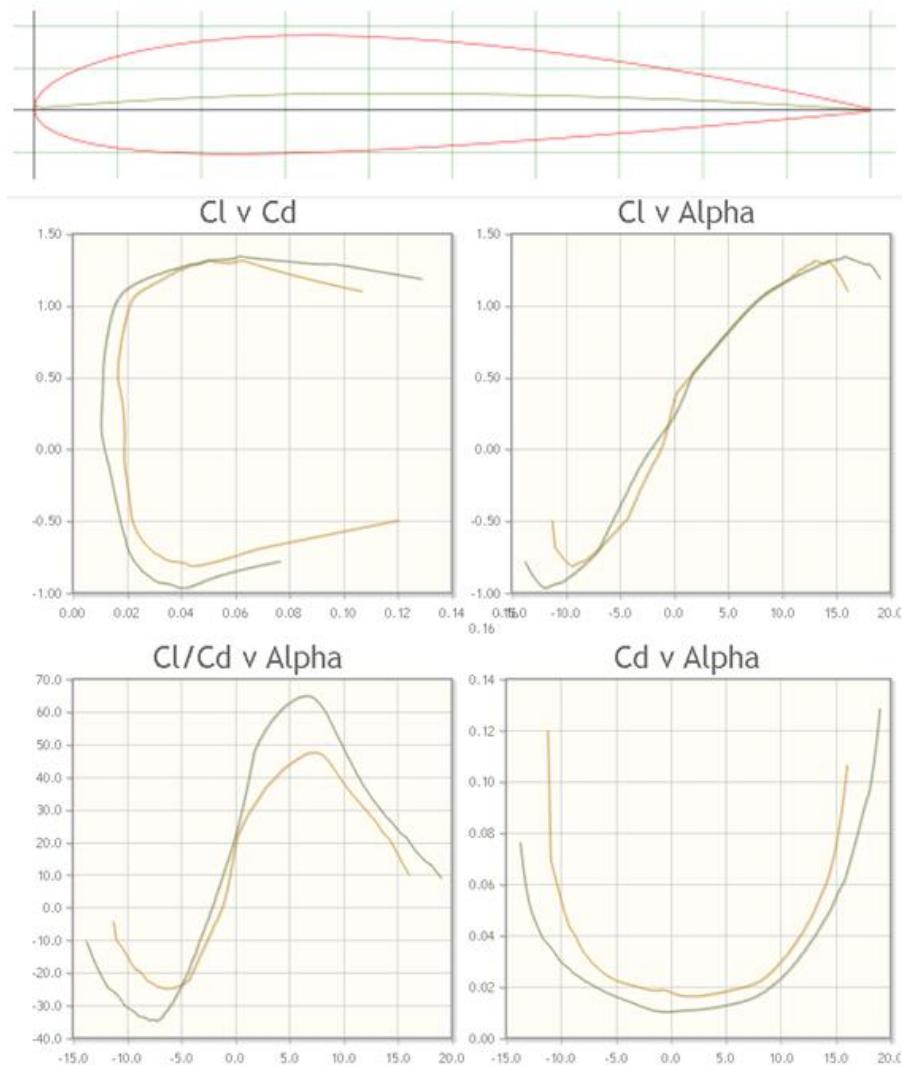


Şekil 7.1.7: N-11 Kanat profili Cl/Cd grafiği

Şekil 7.1.7'de N-11 kanat profili ve profile ait $Cl-Cd$ ve hücum açısı grafikleri verilmiştir.

KUYRUK

Üretilen hava aracının en önemli ekipmanlarından olan kuyruk için yüksek stabilite hedeflenmiştir. Bu hususta hava aracının kuyruğunun yazılımsal nedenlerden dolayı U-kuyruk olması gerekmektedir. Hava aracının aktif it dalaşına katılacağı düşünüldüğünden, nispeten simetrik bir profil tercih edilmiştir. Yüksek dönüşlerde hava aracının kendini sadece kuyruk kullanarak yönetilebilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca fiçı tono veya sürekli tono gibi kaçış veya kuyruğa sarkma hareketlerinin yapılması muhtemel olduğundan, profilinde buna göre seçilmesi sağlanmıştır. Bu parametreler göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Araştırmalar sonucunda en uygun kuyruk profili olarak Naca 2414 seçilmiştir.



Şekil 7.1.8: Naca 2414 kuyruk profili profili Cl/Cd grafiği



Şekil 7.1.9: Kuyruk entegrasyonu

İNİŞ TAKIMI

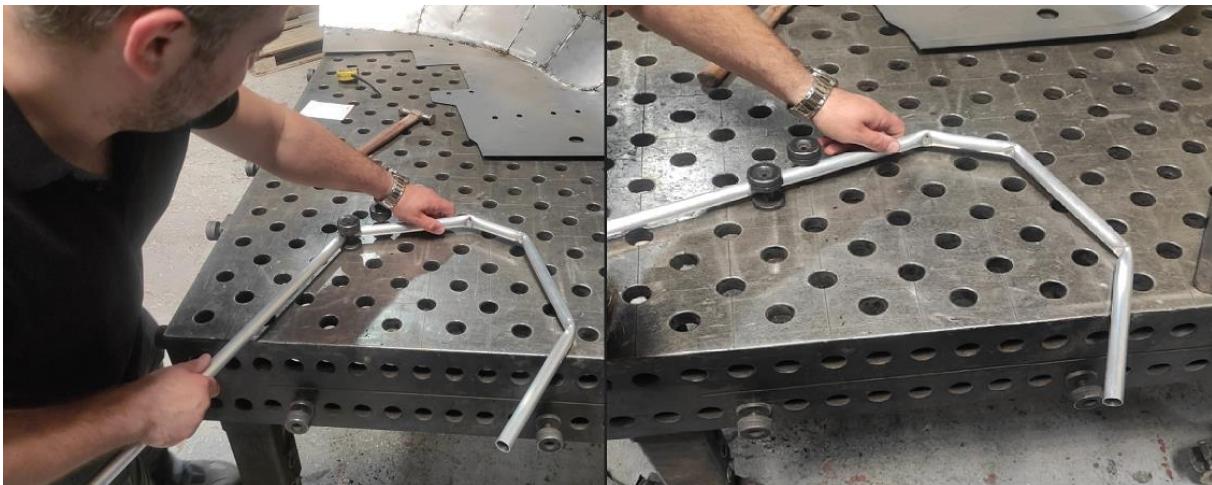
İniş takımları kırım yaşamadan havalandanın ve iniş yapmanın en güvenli yolu olduğundan ekipmanı korumak adına hava aracına eklenmesi gereken bir bileşendir. Piyasada bulunan iniş takımlarının yüksek maliyeti ve hava aracına göre tasarıma sahip olmamasından dolayı ekibin kendi imkanları ile bir iniş takımı üretmesi gerekliliği doğmuştur.

Bu hususta iniş takımı tasarımına başlanmıştır. Hafiflik ve yüksek darbe dayanımı olması gerekmektedir. Bu yüzden klasik lama alüminyum parçaların burkulması ile elde edilen iniş takımı gövdesinin dayanımı düşük ve metal yorgunluğunun daha hızlı olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle lama iniş takımlarının montajı, tasarımını ve üretimi daha kolay olmasına rağmen tercih edilmemiştir. Yukarıdaki sebeplerden ve yüksek maliyetlerden dolayı boru tasarıma geçilmiştir. Boru tasarımının lama tasarıma göre hem %38 daha hafif hemde %40 a yakın mukavemet artışı olduğu görülmüştür.



Şekil 7.1.10: İniş takımı tasarım görseli

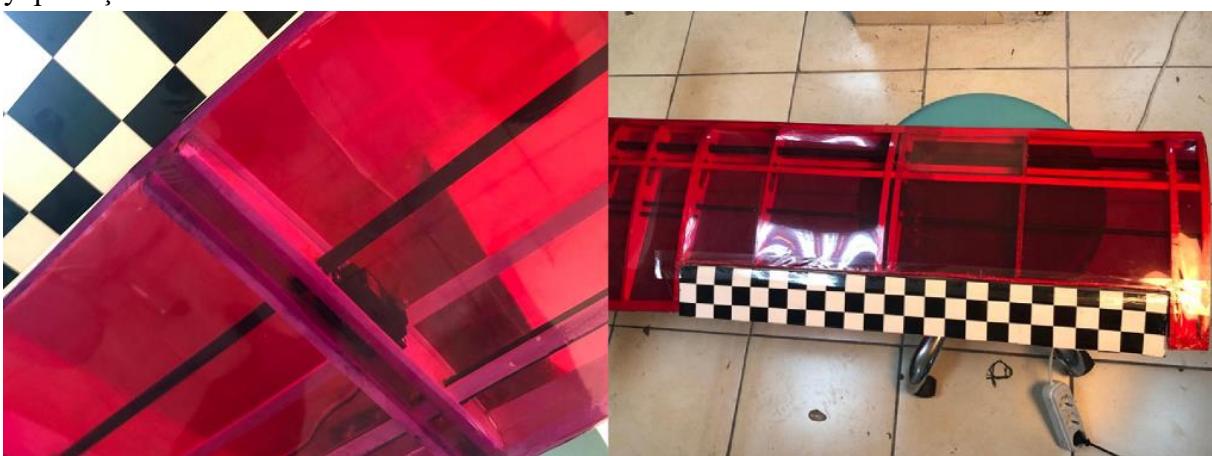
Karbon fiber iniş takımı maliyetlerinden dolayı kullanılmamış ve en mantıklı ikinci malzeme olan 6000 serisi alüminyum boru kullanılmasına karar verilmiştir. Tasarım yapıılırken basit üretilmesi için el ile bükülerek tek parça üretilmesi sağlanmıştır.



Şekil 7.1.11: İniş Takımı Üretimi

7.2. Mekanik Entegrasyon

Bu bölümde hava aracının bileşenlerinin entegrasyon aşamalarından bahsedilmiştir. Kanat için üretilmiş olan bileşenlerin gövde yapısına entegrasyonu öncesi, kanadın kendi bileşenlerinin montajı yapıldı. Bu hususta eleron ve kanat içi servolar döşenmiştir. Eleronlar film tabakası kullanılarak kanat ile entegre edildi. Ardından yeke ile servo bağlantıları yapılmıştır.



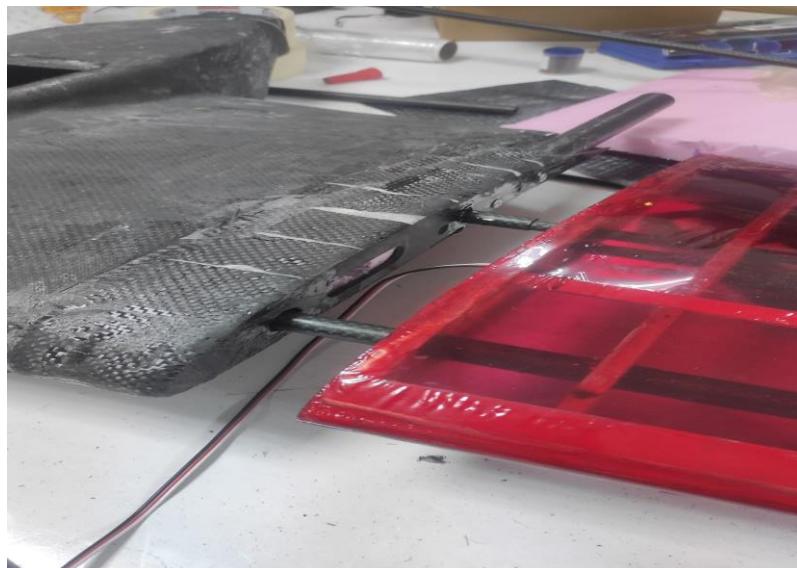
Şekil 7.2.1: Kanat Servosu ve Eleron Entegrasyonu

Kanadın bağlantısı yapılabilmesi için referans parça gövdeye yerleştirildi ve gövde üzerindeki uygun delikleri karbür uçlu matkapla açılmıştır. Burada amaç gövdedeki karbon fiberi çatlatmadan çapaksız bir delik elde edebilmektir. Ardından deliği açılan bölgeye kuyruk entegrasyonu için gerekli olan ara aparat perçinle sabitlenmiş daha sonra karbon elyaf ve kemosil kullanılarak sabitlenmiştir.



Sekil 7.2.2: Kuyruk Borusu Gövde Entegrasyonu

Ardından kanatlar arasında gövde içerisinde yatak görevi görmekte olan karbon boru yerleştirilir. Yerleşim ve sabitleme işleminden sonra modüler olan kanatlar sisteme entegre edilmiştir.



Sekil 7.2.3: Kanat Gövde Entegrasyonu

Kuyruk entegrasyonu için hava aracında 3 bileşen bulunmaktadır. Bunlar; Kuyruk, kuyruk boru, kuyruk kanat aparatıdır. Kuyruk hasar anında hızlı onarım yapılabilmesi için modüller yapıda inşa edilmiştir. Kanat entegrasyonunda takılan kuyruk kanat aparatının entegrasyonunun ardından kuyruk boru aparatı uçağa yerleştirilir.

Kanat aparatı ile kuyruk kanat arasındaki sabitleme civatası sıkılır. Kuyruk boru parçası üzerine dik olarak takılmış karbon pimler ile kuyruk içerisinde bulunan yatağa takılır. Ardından çıkmaması için çevresi sabitlenir.



Şekil 7.2.4: Kuyruk Entegrasyonu

Sabitlenen kuyruk konuma göre ayar yapılacağından rudder ve elevatörlerin takımı işlemeye geçirilir. Burada yeke yerleri üretimde işaretlenmiş bölgelere yekeler takılır. Ardından film kullanılarak ayarlamaları yapılır ve kuyruk üzerine hareket yüzeyleri entegre edilir. Sıfırlama ayarları yapılır ve montaj tamamlanır.



Şekil 7.2.5: Kuyruk Entegrasyonu

Hava aracının iniş takımları 3 ana parçadan oluşmaktadır bunlar; arka iniş takımı gövdesi, tekerlekler, ön iniş takımıdır. İlk olarak hava aracının üretim planından alınan planlar hava aracına yerleştirilir ve montaj bölgelerinin yerleri işaretlenir. İşaretlemenin ardından düzeltme çizimleri yapılır ve iki uçtan ölçümler alınarak montaj noktaları karbür matkap uçla delinir.

Ardandan gövde içeresine önceden hazırlanmış saplama vidaları sabitlenir. Daha sonra iniş takımı ile gövde bağlantısı yapılacak olan civataların ön hazırlığı yapılır. Civataların dışlerine tek tek bakılır çatlak kontrolü yapılır. Daha sonra civatalar ince makine yağı ile yağlanır ve temizlenir. Temizlenen vidalar tork boyası sürülerek iniş takımı ile saplama yatak arasına eşit oranda ve civatanın önerilen sıkma torkunda sıkılır.



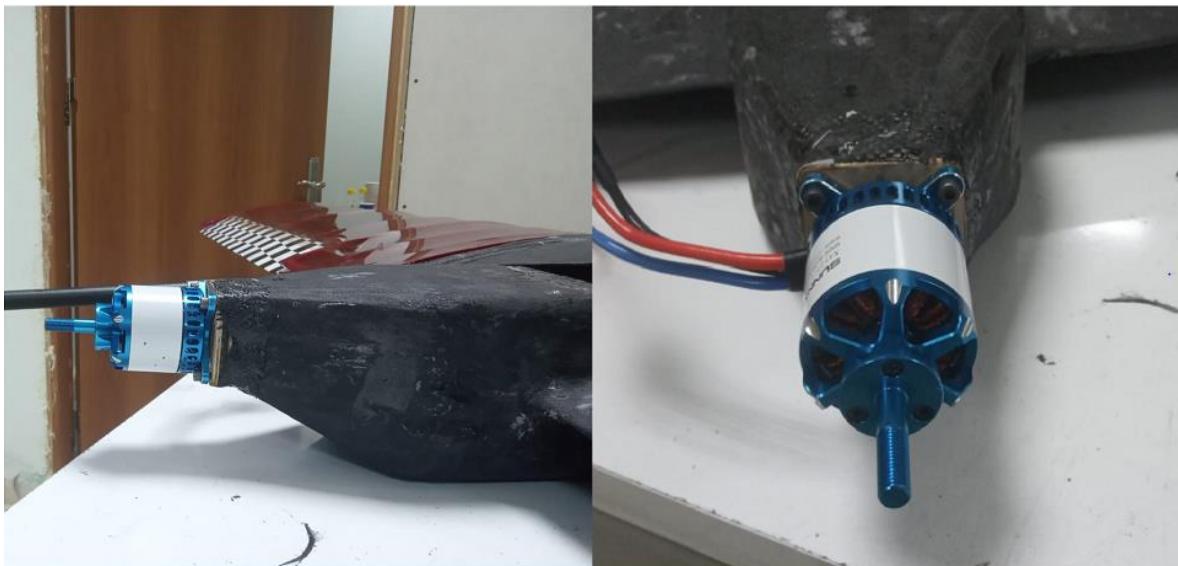
Şekil 7.2.6: Iniş Takımı Montajı

Motor entegrason için üç adet bileşen bulunmaktadır bunlar; motor, motor yatak , gövde yataktır. İlk olarak motor yatak ile motor bağlantısı yapılır. Bu entegrasyon motorun kutu içerisinde çıkan parçalarla yapılmaktadır. Burada en önemli husus motor vidalarının doğru torkta sıkılmasıdır. Eğer kullanım klavuzunda belirtilen değerlerden daha yüksek sıkılması durumunda vidaların çok hızlı diş yemesidir. Ayrıca bütün parçaların titreşimde çıkmaması için tork boyası ile boyanması gerekmektedir.



Şekil 7.2.6: Motor Entegrasyonu

Ardından gövde yatak parçasının montajına geçilir. Bu parça ağaç ve karbon fiber plaka kullanılarak üretilmiştir. Bu parça gövde üzerinde bulunan yerine yerleştirilir ve sabitlenir. sabitlenme işleminden sonra gövde ile bağlayıcılığını artırmak için çevresine karbon fiber elyaf dönülür ve reçinenin kürlenmesi bitene kadar beklenir. Yerine sabitlenen parça ile motor bileşenleri delinen civata yerlerinden ön montajı yapılır. Ön montajı tamamlandıktan sonra motor bölgesinin kalibrasyonu işlemeye geçilir. Düzgün ve stabil bir uçuş için bütün oluşan kuvvetlerin sabitlenmesi gerekmektedir. Bu kuvvetlerin en önemlisi motor bileşenidir. Motor kendi ekseninde dönerken çalışan bir mekanike sahip olmasından dolayı kendi çevresinde moment oluşturmaktadır. Ayrıca hava aracının motorlarının yarattığı itkiden dolayı sürekli olarak hava aracını yukarı kaldırın bir kuvvet oluşmaktadır. Eğer kullanıcı itki miktarını artırırsa bütün bu kuvvetler artacaktır. Bütün bu kuvvetler dengelenmezse sürekli olarak motorun dönüş çevresinde dönmeye çalışan ve itki artırıldıkça tırmanma eğilimi gösteren bir hava aracı olacaktır. Bu kuvvetlerin dengelenmesi için motorun yatak konumuna göre aşağı ve motorun dönüş yönünün tersine bakacak şekilde kalibre edilmesi gerekmektedir.



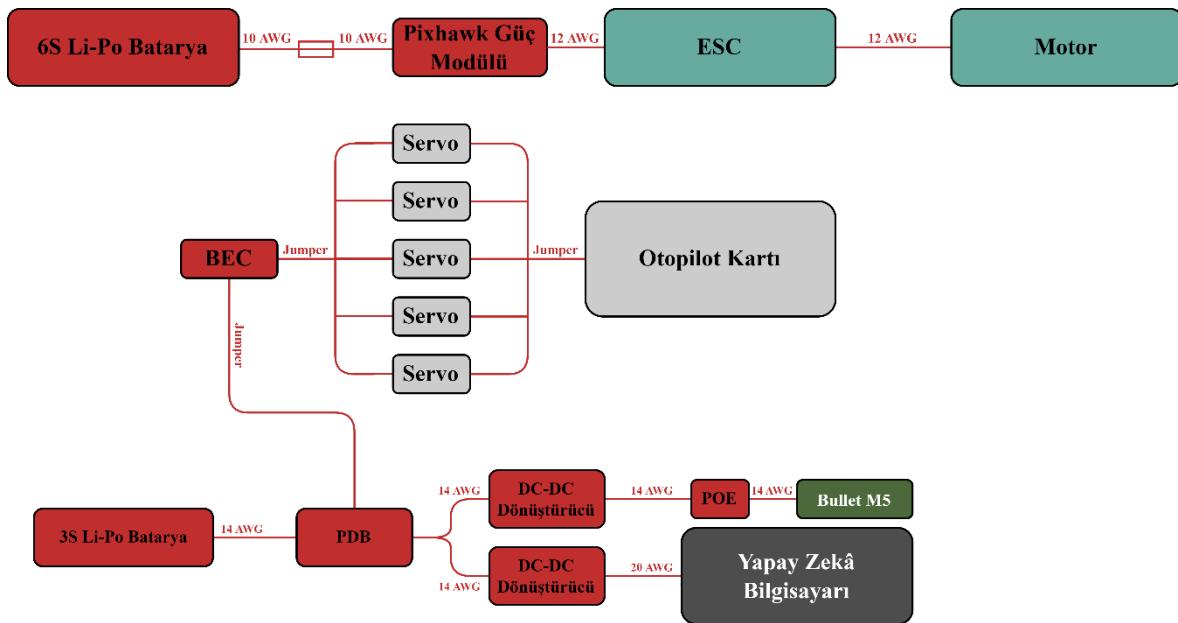
Şekil 7.2.7: Motor Gövde Entegrasyonu

Kalibrasyon işlemi için alüminyum pul kullanılmaktadır. Pullar motorun bağlantı bölgelerine yerleştirilerek eğilme işlemi yapılır. Kalibrasyonun doğruluğu için hava aracı itki verilerek önce yerde daha sonra havada deneme uçuşları yapılarak testleri yapılır ve kalibrasyon tamamlanır.

7.3 Elektronik Entegrasyon

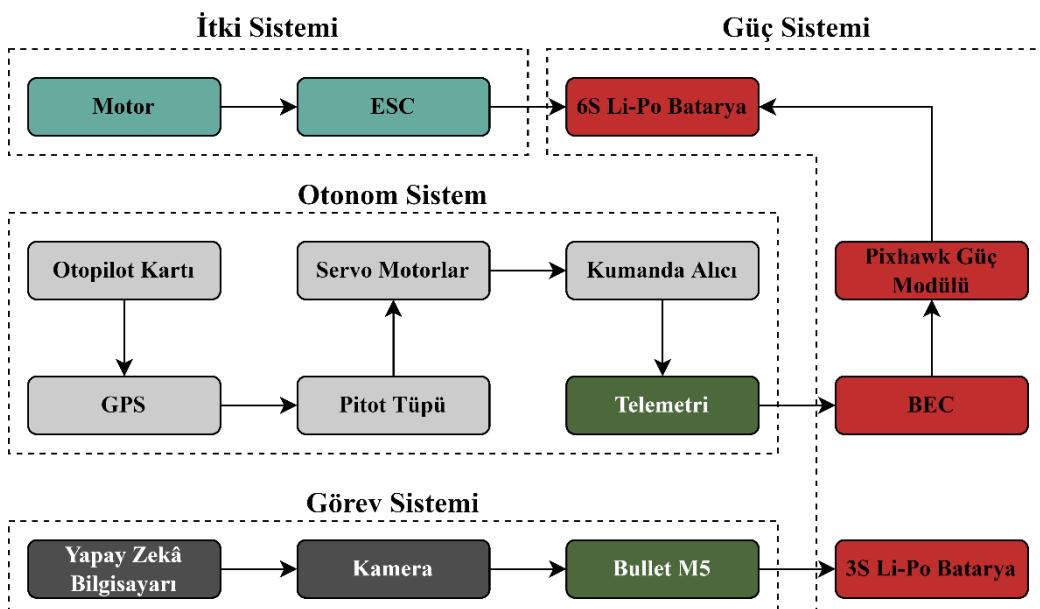
ACE'in elektronik sistemi, görev odaklı donanımlar ile kurulmuştur. Haberleşme, itki ve güç dağıtım sistemleri bu donanımların gereksinimlerine göre tasarlanmıştır. Donanımların gereksinimi göz önünde bulundurularak güç hattı şeması çizilmiştir. Kablo kesitleri iletim esnasında gerekli gücü karşılayabilecek şekilde seçilmiştir.

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022

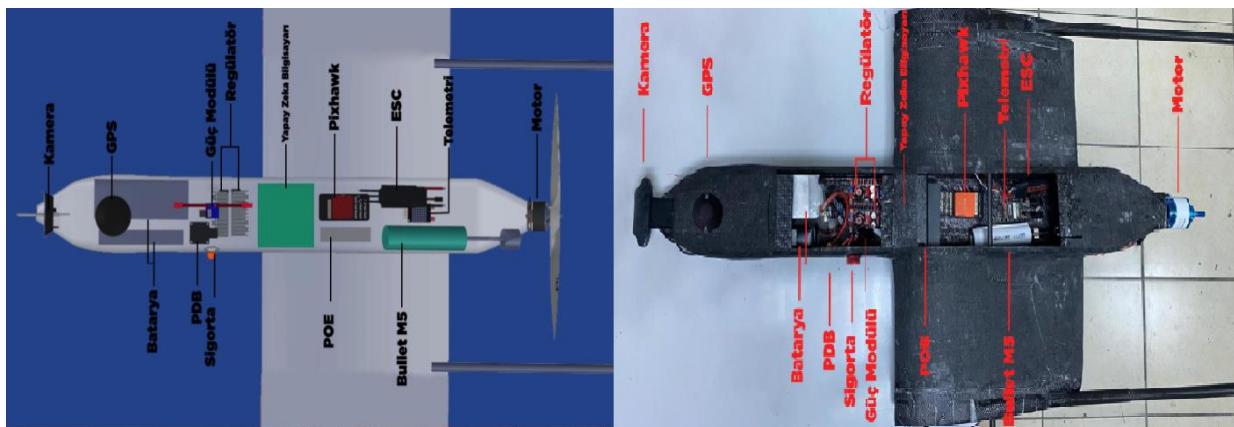


Şekil 7.3.1: İHA'nın Elektronik Dizilim Şeması

Donanımların gövde içine yerleştirilirken güç iletim esnasındaki kayıpları en düşük seviyede tutmak için alt sistem elemanları arasındaki mesafe optimize edilmiştir. Haberleşme elemanlarının antenleri izolasyonu en yüksek seviyede tutmak için gövde dışına yerleştirilmiştir. Donanımlar gövde içine yerleştirilmeden önce gövde dışında kurulum gerçekleştirilecek ve sistem kontrol edilecektir. Kontrol gerçekleştirildikten sonra itki sistem elemanları ve itki sistemi için gerekli batarya ACE'ye entegre edilecektir. İtki sistemi yerleştirildikten sonra otonom sistem ve otonom sistemi besleyecek güç elemanları entegre edilecektir. Son olarak da görevi gerçekleştirecek sistemlerin ACE'ye entegrasyonu tamamlanacaktır. Entegrasyon sürecinin her aşamasında alt sistemler test edilecek, sistemlerin test ve kontrolleri tamamlanmadan entegrasyonun sonraki aşamalarına ilerlenmeyecektir.



Şekil 7.3.2: İHA'nın Alt Sistemler Şeması



Şekil 7.3.3: İHA Elektronik Dizilimi

8. TEST VE SİMÜLASYON

8.1 Alt Sistem Testleri

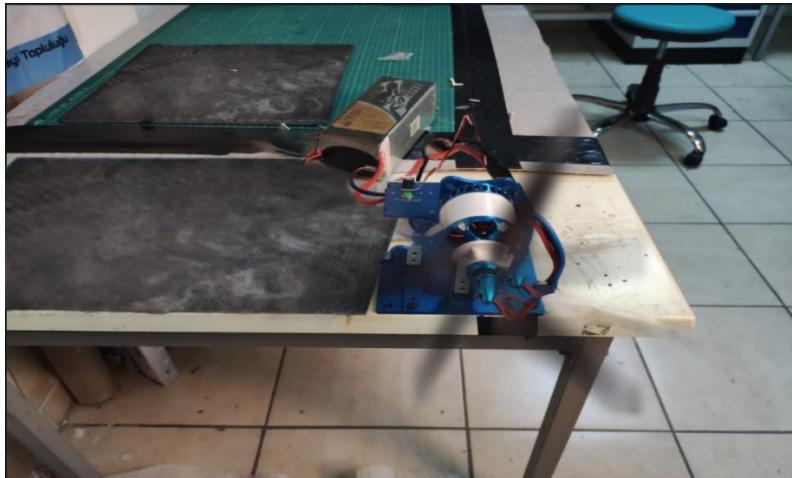
İHA'nın geliştirme aşamasında yapılan ve yapılacak olan testler bu başlık altında toplanmıştır.

İtki Testleri

Seçilen motorun datasheet'inde verilen itki kuvveti, çekilen akım ve dönüş hızı gibi değerlerin doğruluğu Şekil 8.1.2.1 de gösterildiği gibi itki sisteminde test edilerek doğrulanmıştır. Bu testler sayesinde kumandanдан otopilot'a gönderilen 'PWM' sinyalinin seviyesine karşılık gelen motorun sağladığı itki kuvveti, çektiği akım düzeyleri ve motorun çalışması sırasında dönüş hızı değerleri kontrol edilmiştir. Yapılacak test sırasında 'Thrust Tester' kullanılmıştır. Test sonucunda elde edilen veriler motorun datasheet'i ve testlerde elde edilen değerler Tablo 8.1.2.1'de kıyaslanmıştır.

| Gaz Yüzdesi | DATASHEET | | TEST | |
|-------------|-----------|----------|---------|----------|
| | Akım(A) | İtki(gr) | Akım(A) | İtki(gr) |
| 15 | 1,9 | 540 | 1,2 | 482 |
| 30 | 5,71 | 1274 | 3,6 | 1124 |
| 50 | 13,24 | 2317 | 9,82 | 2163 |
| 70 | 29,56 | 3980 | 21,32 | 3671 |
| 75 | 43,83 | 5058 | 32,9 | 5000 |

Tablo 8.1.2.1: İtki Test Karşılaştırması



Şekil 8.1.2.2: İtki Test Sistemi

Batarya Tüketim Testi

Li-Po bataryaların karakteristiği gereği sağlıklı bir kullanım ömrü sunması için şarj-deşarj sırasında tüm hücrelerin eşit gerilimde kalması gerekmektedir. Yapılacak batarya testi ile bataryaların hücre gerilimleri şarj ve deşarj sırasında ölçülecektir. ‘Storage’ durumunda tüm hücrelerinin 3.7V, ‘Balance’ durumunda ise 4.2V olması gerekmektedir. İkinci aşamada bataryaların teorik hesaplarını sağlayabilmesi üzerine testler yapılacaktır. Bu aşamada iki test gerçekleştirilecektir: Maksimum akım ve Batarya kullanım süresi testi. Maksimum akım testi: Tablo 8.1.3.1’deki formül kullanılarak hesaplanan teorik verilerin pratikte sağlandığı doğrulanacaktır. Bu test için 8.1.2 de kurulan itki test sistemi kullanılmıştır. Böylece hesaplanan maksimum akım değerinin doğruluğu ispatlanmıştır.

| Hesaplama | Formül |
|----------------------------|---|
| Sağlanan Maksimum Akım (A) | $C \text{ Katsayısı} * \text{Batarya Kapasitesi(Ah)}$ |

Tablo 8.1.3.1: Batarya Maksimum Süre Hesabı

Batarya kullanım süresi testi: Tablo 8.1.3.2’de bulunan Batarya süre hesabı iki kez uygulanacaktır. İlk seferde motorun datasheetinde verilen akım değerleri kullanılarak uçuş süresi hesabı yapılmıştır. Hesaplarda minimum ve maksimum uçuş süreleri hesaplanmıştır. İkinci hesaplama motorun gerçekle çektığı akım değerleri kullanılarak maksimum ve minimum uçuş süreleri hesaplanmıştır. İki hesap kıyaslandığında uçuş süresinin yarışma isterlerini kesin olarak karşılayacağı görüşmüştür.

| Hesaplama | Formül |
|------------------------------|--|
| Batarya Kullanım Süresi (dk) | $\frac{\text{Batarya Kapasitesi (Ah)}}{\text{Çekilen Maksimum Akım (A)}} * 60$ |

Tablo 8.1.3.2: Batarya Kullanım Süresi Hesabı

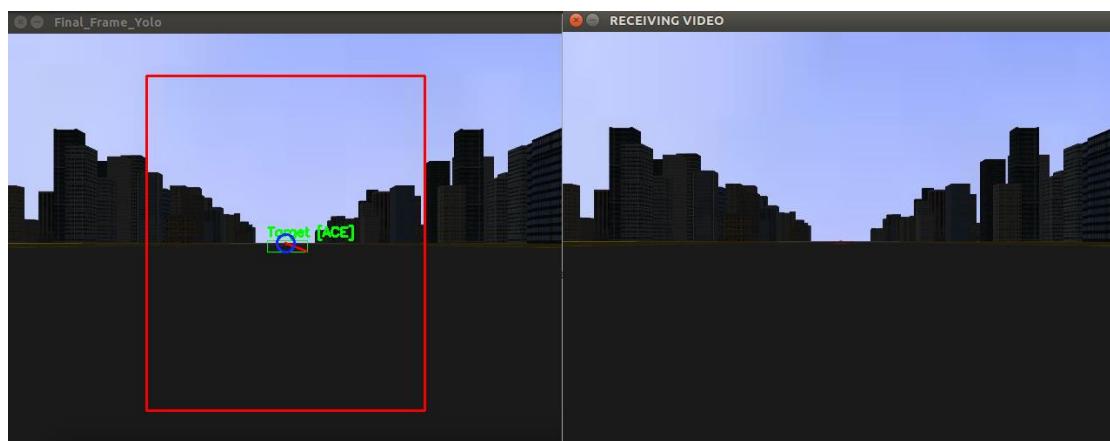
Yazılım Testleri

ACE'in yazılımı genel anlamda veri gönderme, veri alma, takip, tespit ve güvenlik gibi alt dallara ayrılabilir. Veri gönderme ve alma algoritmaları yer istasyonuyla haberleşmede, takip ve tespit algoritmaları yarışma görevlerini gerçekleştirmede, güvenlik algoritmaları ise uçağın çarpışma, ani düşüş ve güç kaybetme durumlarında uçağı kurtarmak amacıyla kullanılır

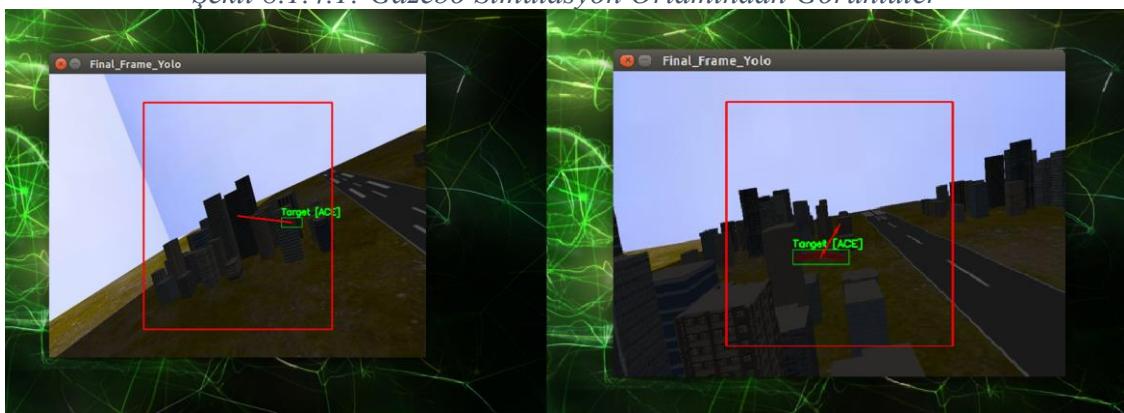
Yazılım testleri temelde 3 gruba ayrılabilir;

Simülasyon Testleri

Bu testler, uçak henüz tasarım aşamasındayken başlamıştır. Simülasyon testleri Gazebo üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu testlerde yazılımın takip algoritması, güvenlik algoritmaları ve tespit algoritması test edilmiştir. Ubuntu işletim sistemine sahip harici bir bilgisayarda simülasyon ortamı gerçekleştirip buradaki kamera görüntüsü Ethernet kablosu ile yapay zeka bilgisayarı olan Xavier kartına aktarılmıştır.



Şekil 8.1.4.1: Gazebo Simülasyon Ortamından Görüntüler

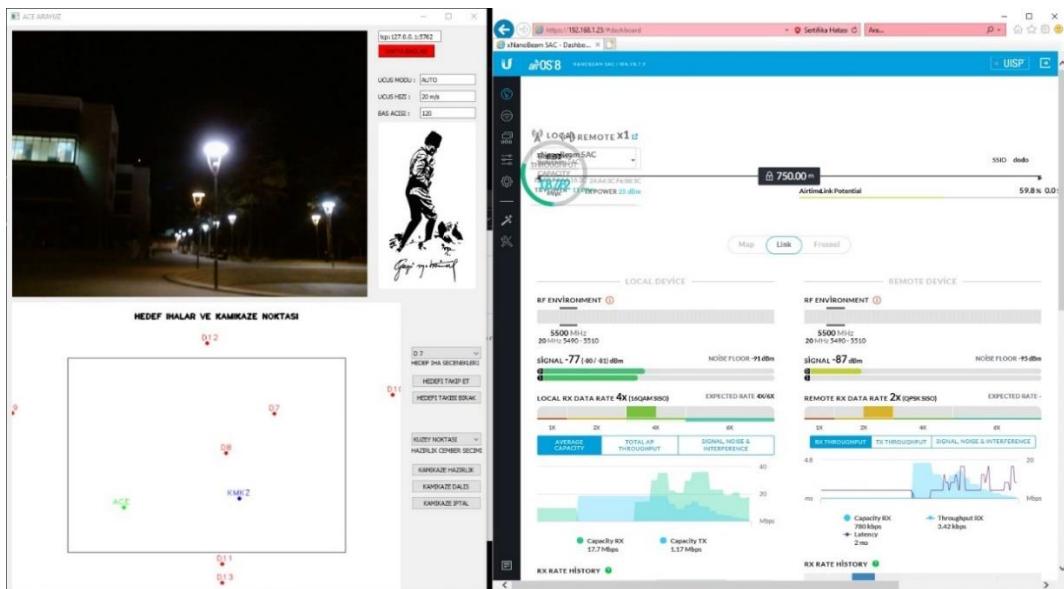


Şekil 8.1.4.2: Gazebo Simülasyon Ortamından Görüntüler

Yer Testleri

Bu testler uçağın donanımları tamamlandıktan sonra, uçağın havada olma şartı olmaksızın gerçekleştirilebilir. Bu testlerde uçağın yer istasyonuyla haberleşmesi, veri göndermesi, komut alması ve basitçe tespit algoritmaları test edilmiştir. (Şekil 8.1.4.1)

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022



Şekil 8.1.4.3: Haberleşme Testi

Yer testleri yapılmırken uçak minimum risk durumunda olduğu için, haberleşme menzili testleri bu aşamada gerçekleştirılmıştır. Böylece uçağın ne zaman haberleşme menzilinden çıkacağı görülmüş ve bu durumda uçağın nasıl bir yol izleyeceği kontrol edilmiştir.

Uçuş Testleri

Bu testler uçak uçuşa hazır olduğu durumda yapılacaktır. Güncel tarih itibarıyle ACE uçuşa hazır olmadığı için bu testler planlanmıştır. Uçuş testleri esnasında ilk olarak uçağın genel performansı ve uçuşa uygunluğu denenecektir. Uçuşa uygun duruma geldiğinde yazılım testleri başlayacaktır.

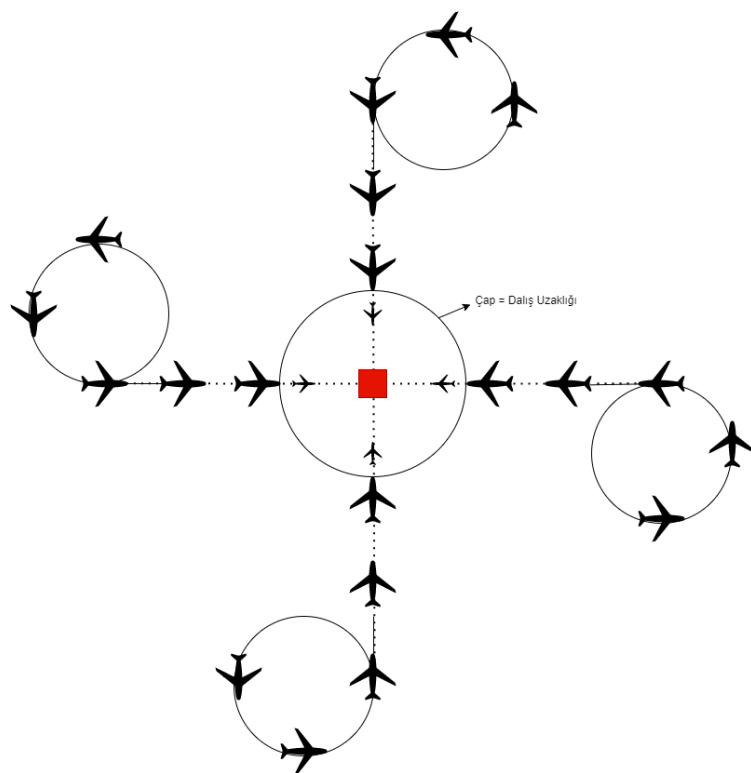
Yazılım testleri güvenlik yazılımı testi ile başlayacaktır. Bu yazılım, uçak savaş modunda iken belirli bir yüksekliğin altına geldiğinde uçağın kurtarma manevrası yapmasını içeren yazılımdır. Bu sayede, bundan sonra yapılacak denemeler daha güvenli bir şekilde yapılabilecektir. Bunun dışında uçağın menzil dışı kalma durumunda ise kalkış konuma dönmesini sağlayan algoritma bu yazılıma dahildir.

Güvenlik testlerinin başarıyla tamamlanmasının ardından tespit, takip ve veri aktarım yazılımları test edilecektir. Bu yazılımlar test edilirken, takımın daha önceden hedef uçak olarak ürettiği diğer uçaklar kullanılacaktır. Aynı zamanda bu testler tam performans testi olduğu için uçağın uçuş karakteristiği ve uçuş süresi de test edilecektir.

8.2 Uçuş Testi ve Uçuş Kontrol Listesi

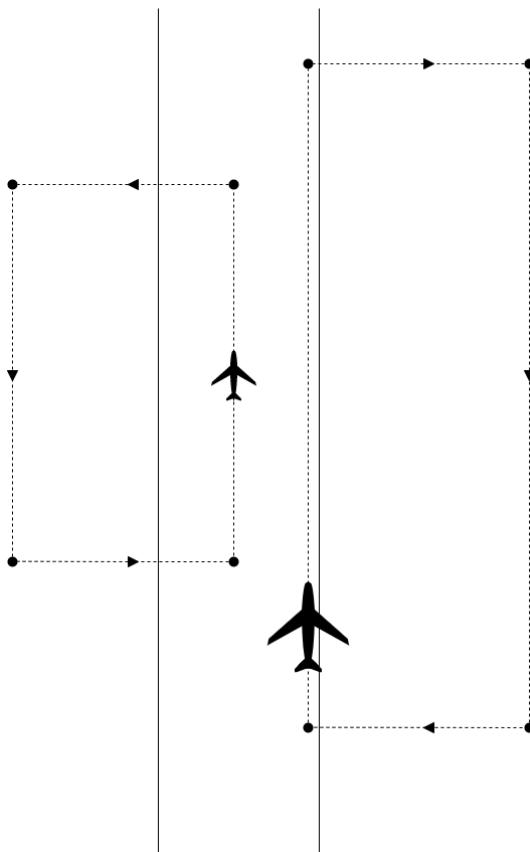
Takım tedarik sürecinde yaşamış olduğu problemlerden dolayı hava aracını rapor tarihinden önce uçak seviyeye getirememiştir. Bu aksaklılardan ötürü takım yapılacak olan testlerin bir yol haritasını çıkartmıştır. Yapılacak olan testlerde kullanılacak olan kontrol listesi Şekil 8.2.3'de görüldüğü gibidir. Hava aracının ilk uçuşundan itibaren olağandışı bir sorun olmadığı sürece yapacak olacak testleri aşağıda gösterildiği gibidir ;

- İlk uçuş testi.
- ‘Autotune’ modu ile PID katsayılarının ayarlanması.
- İHA’nın tehlike altına girmeden dönebileceği 360° çemberin minimum çapının bulunması.(Şekil 8.2.1)
- Kamikaze görevinde bulunan hazırlık, dalış ve iptal sekanslarının denenmesi.
- Kamikaze görevi için İHA’nın kaza kırım gerçekleştirmeden dalış yapabileceği maksimum açının bulunması.
- ACE ve hedef uçak ile aynı anda uçuş yapılması ve takip algoritması için veri toplanması.
- İlkili uçuş yapılrken düz bir hat üzerinde takip algoritmasının denenmesi.(Şekil 8.2.2)
- Takip algoritmasının PID katsayılarını iyileştirmek için farklı rotalar ile takip algoritmasının denenmesi.



Şekil 8.2.1 : Hazırlık Çemberleri ve Dalış Çemberi

SAVASAN İHA YARIŞMASI 2022



Şekil 8.2.2 : Takip Testi

| KONTROL LİSTESİ | | | | | | | | | | | |
|---|---|---------------------------|---|---------------|---|---|---|-------|---|---|---|
| ATÖLYE İÇERİSİNDEKİ KONTROLLER | ✓ | ✗ | ? | ? | ? | UCUŞ ÖNCESİ KONTROLLER | ✓ | ✗ | ? | ? | ? |
| Yapay Zeka Bilgisayar ile Otopilot Kartı Arasında Bağlantı Var Mı? | | | | | | Yapay Zeka Bilgisayar ile Otopilot Kartı Arasında Bağlantı Var Mı? | | | | | |
| Yapay Zeka Bilgisayarına Kamera Görüntüsü Geliyor Mu? | | | | | | Yapay Zeka Bilgisayarına Kamera Görüntüsü Geliyor Mu? | | | | | |
| Arayızza Görüntü ve Diğer Veriler Geliyor Mu? (Nanobeam-Bullet) | | | | | | Arayızza Görüntü ve Diğer Veriler Geliyor Mu? (Nanobeam-Bullet) | | | | | |
| Otopilot Kartına Bağlı Sensörlerin Doğruluğu İyi Mi? (GPS, Pitot Tipi, IMU) | | | | | | Otopilot Kartına Bağlı Sensörlerin Doğruluğu İyi Mi? (GPS, Pitot Tipi, IMU) | | | | | |
| Arayüzden İHA'ya Komut Gidiyor Mu? (Nanobeam-Bullet) | | | | | | Arayüzden İHA'ya Komut Gidiyor Mu? (Nanobeam-Bullet) | | | | | |
| Mission Planner Bağlantısı Sağlanıyor Mu? | | | | | | Mission Planner Bağlantısı Sağlanıyor Mu? | | | | | |
| Kumanda Bağlantısı Var Mı? | | | | | | Kumanda Bağlantısı Var Mı? | | | | | |
| Hareketli Yüzeyler Çalışmasında Skıntı Var Mı? | | | | | | Hareketli Yüzeyler Çalışmasında Skıntı Var Mı? | | | | | |
| Pervanesiz Motor Testi Yapıldı Mı? | | | | | | Hareketli Yüzeylerin Önleri Değrı Mu? | | | | | |
| Motor Yönü Değrı Mu? | | | | | | Pervanesiz Motor Testi Yapıldı Mı? | | | | | |
| Uçajın Ağırlık Merkezi Doğru Mu? | | | | | | Motor Yönü Değrı Mu? | | | | | |
| ESC Kalibrasyonu | | | | | | Pervane Yönü Değrı Mu? | | | | | |
| YAPILACAK TEST | | | | | | | | | | | |
| KONTROL LİSTESİNE YAPAN-1 | | KONTROL LİSTESİNE YAPAN-2 | | YER İSTASYONU | | | | PILOT | | | |

Şekil 8.2.3 : Uçuş Öncesi Kontrol Listesi

SAVAŞAN İHA YARIŞMASI 2022

9. GÜVENLİK

| RİSK | GÜVENLİK |
|--|--|
| Üretim yeri ve uçuş alanında yüksek gerilimlerde elektronik cihazların sıcaklığının artması sonucu oluşacak hasarlar beraberinde çakabilecek yangın. | Alanlarda bulundurulan yangın tüpleri. |
| Uçağın takip esnasında güvenli uçuş durumundan çıkışması ve fazla irtifa kaybetmesi. | Yazılıma eklenen sanal güvenlik bariyeri sayesinde uçağın belirli irtifa altına düşünce kurtarma hareketi yapmasının sağlanması. |
| Uçağın menzil dışına çıkış durumunda kontrol edilememesi. | Uçağın otonom uçuş kabiliyeti sayesinde kumanda haberleşmesi kesildiğinde kalkış alanına geri dönmesi. |
| Elden fırlatma esnasında arka motorun fırlatıcı kişiye zarar vermesi. | Uçağın pist üzerinden kalkmak üzere tasarlanması. |
| Elektronik sistemlerin kesilmesi durumunda uçağın kontrolden çıkışması. | Uçağın fail-safe moduna geçmesi. |
| Üretim ve tamir esnasında tamir yapan kişinin vücutuna zarar gelmesi. | Maske, eldiven ve gözlük kullanımı. |
| Uçuşlarda ani kazalarda yüksek gerilimin can ve mal kaybına neden olması. | Sigorta kullanımı. |
| Uçuş denemeleri sırasında uçağın kontrolden çkarak mal ve can kaybına yol açması. | Hava limanı ve yerleşimden uzak dağlık arazilerde uçuş yapmak. |
| Istemeyen durumlarda motorun çalışır hale gelmesi. | Elektronik anahtarlama elemanı kullanımı. |
| Lipo pillerin patlaması durumunda çevreye verebileceği zarar. | Lipo pillere özel tasarılmış çanta kullanmak. |
| Üretim yada uçuş alanında personelin yaralanması durumu. | Alanlarda ilk yardım kiti bulundurmak. |

Şekil 9.1: Risk/Güvenlik Tablosu

10. REFERANSLAR

- https://en.wikipedia.org/wiki/Convolutional_neural_network
- <https://jonathan-hui.medium.com/ssd-object-detection-single-shot-multibox-detector-for-real-time-processing-9bd8deac0e06>
- <https://towardsdatascience.com/faster-r-cnn-for-object-detection-a-technical-summary-474c5b857b46>
- <https://pjreddie.com/darknet/yolo/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System
- <https://mavlink.io/en/>
- <https://www.techtarget.com/whatis/definition/field-of-view-FOV>
- <https://www.elprocus.com/the-working-of-a-pid-controller/>
- <https://www.computerhope.com/jargon/u/usb.htm>
- <https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/uart-a-hardware-communication-protocol.html>
- https://github-wiki-see.page/m/uzh-rpg/rpg_quadrotor_control/wiki/SBUS-Protocol#:~:text=The%20SBUS%20Protocol%20is%20a,lost%22%20and%20%22fail-safe%22.
- <https://tr.wikipedia.org/wiki/UDP>
- <https://www.veracityglobal.com/resources/articles-and-white-papers/poe-explained-part-1.aspx>
- <https://www.baesystems.com/en-us/definition/what-is-a-head-up-display>