



SAVAŞAN İHA YARIŞMASI KRİTİK TASARIM RAPORU

TAKIM ADI: Kapsül Mavi Hilal SİHA

TAKIM ID: 611589

BAŞVURU ID: 3492381

2025

İÇİNDEKİLER

1. TEMEL SİSTEM ÖZETİ	3
1.1 SİSTEM TANIMI.....	3
1.2 SİSTEM NİHAİ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ	4
2. ORGANİZASYON ÖZETİ	4
2.1 TAKIM ORGANİZASYONU	4
2.2 ZAMAN AKIŞ ÇİZELGESİ VE BÜTÇE	5
3. DETAYLI TASARIM ÖZETİ	6
3.1 HAVA ARACININ ÜÇ BOYUTLU TASARIMI	6
3.2 HAVA ARACI PERFORMANS ÖZETİ	7
3.2.1 Akışlar Mekanik Analizi	8
3.2.2 Kanat Analizi	8
3.3 NİHAİ SİSTEM MİMARİSİ VE ALT SİSTEMLER ÖZETİ	9
3.3.1 Nihai Sistem Mimarisi.....	9
3.3.2 Alt Sistemler Özeti.....	10
3.4 HAVA ARACI AĞIRLIK DAĞILIMI	12
4. OTONOM GÖREVLER	13
4.1 OTONOM KİLİTLENME.....	13
4.1.1 Hedef Tespit Algoritması	13
4.1.2. Hedef Seçim	14
4.1.3. Hedef Takibi.....	14
4.2 KAMIKAZE GÖREVİ	15
4.2.1 Normal Seyir ve Dalış Noktasına İntikal.....	15
4.2.2 Dalış Anı	15
4.2.3 Pas Anı ve Eski İrtifaya Dönüş	16
5. HAVA SAVUNMA SİSTEMİ	16
6. YER KONTROL İSTASYONU, HABERLEŞME VE KULLANICI ARAYÜZÜ	17
6.1 YER KONTROL İSTASYONU VE HABERLEŞME	17
6.1.1 MAVlink Protokolü.....	17
6.1.2 Haberleşme Sistemi.....	17
6.2 KULLANICI ARAYÜZÜ	18
7. HAVA ARACI ENTEGRASYONU	20
7.1 YAPISAL VE MEKANİK ENTEGRASYON	20
7.2 ELEKTRONİK ENTEGRASYON	20
8. TEST VE SİMÜLASYON	21
8.1 ALT SİSTEM TESTLERİ	21
8.1.1 Kumanda Haberleşme Testi	21
8.1.2 Motor İtki Testi	21
8.1.3 Yapısal Dayanıklılık Testi	21
8.2 UÇUŞ KONTROL LİSTESİ VE UÇUŞ LİSTESİ	22
8.3 GÖREV TESTLERİ.....	23
9. GÜVENLİK	24
10. REFERANSLAR	25

1. TEMEL SİSTEM ÖZETİ

1.1 Sistem Tanımı

Kapsül Mavi Hilal SİHA takımı olarak Teknofest Savaşan İHA yarışmasının gerekliliklerini karşılamak üzere etrafındaki İnsansız hava araçlarını tanıyabilen ve kilitlenip takip edebilen, yüksek manevra kabiliyetine sahip tam otonom iniş kalkış yapabilen ayrıca kamikaze görevi icra edebilecek bir savaşan insansız hava aracı (SİHA) geliştirmektedir. Geliştirilecek olan SİHA'nın ismi hedef alınanı kaçırmayan, yok eden kabiliyetini vurgulamak için NİŞANKIRAN olarak belirlenmiştir.

NİŞANKIRAN takımın imkanları dahilinde özgün olarak istenilen görevlerde yüksek performans gösterecek şekilde tasarlanmaktadır. Kameradan gelen görüntüleri içindeki görüntü işleme bilgisayarı sayesinde işleyerek wifi modülü aracılığıyla yer kontrol istasyonuna aktarmaktadır. Yer kontrol istasyonunda bulunan wifi anteni sayesinde görüntüler alınarak görüntü takibi sağlanmaktadır. Ayrıca içindeki uçuş bileşenleri ve otonom uçuş yazılımı sayesinde otonom iniş kalkış yapabilecek ve istenilen görevleri icra kabiliyetine sahiptir. Yarışmanın 2 adet temel görevi vardır. İlk görev rakip İHA'lara 4 saniye boyunca kilitlenerek puan toplamaktır. Diğer görev ise kamikaze görevidir. Bu görev dalış yaparak yerde bulunan 2.5x2.5 metre boyutlarında QR kodu dalış sırasında okumak ve yarışma sunucusuna aktarmaktır.

NİŞANKIRAN rakip hava araçlarının konumlarını yarışma sunucusu üzerinden gelen bilgiler ile analiz ederek kilitlenmeye en uygun hava aracını tespit ederek takibe alacak ve otonom şekilde düşman hava aracını 4 saniye boyunca kamerada belirlenen Hedef Vuruş Alanı içerisinde tutma görevini icra edecektir. Daha sonra hava aracı farklı bir hedefi seçerek aynı işlemleri tekrar edecektir. Rakip hava araçlarından gelen kilitlenme bilgileri sürekli analiz edilerek kendisine kilitlenilmesi durumunda kaçınma manevrasına başlayacaktır.

Kamikaze görevinde ise NİŞANKIRAN, yerde bulunan 2.5m x 2.5m boyutlarındaki QR kodlu hedefi otonom olarak tespit edecektir. Hedef tespiti için, yaklaşık 45 derecelik bir açı ile hedefe doğru kontrollü bir dalış manevrası başlatılacaktır. Dalış, hedefe belirli bir minimum güvenli irtifaya kadar devam edecek ve ardından otomatik olarak pas geçme manevrasına başlanacaktır.

Aynı zamanda bu görüntüler uçak içinden gelen telemetri bilgileri Mission Planner yazılımı kullanılarak kendi özelleştireceğimiz arayüz aracılığı ile yer kontrol bilgisayarı üzerinden izlenebilecektir.

Yarışma boyunca kamera görüntüsü, kilitlenme verileri ve telemetri verileri periyodik olarak yer istasyonuna aktarılacaktır. Hava aracının çoğunlukla otonom uçuş yapması planlanırken, beklenmeyen durumlarda yer istasyonu ve kumanda ile pilot tarafından müdahale edilebilecektir.

1.2 Sistem Nihai Performans Özellikleri

Özellik	Değer	Özellik	Değer	Özellik	Değer
Uzunluk	1100 mm	Ağırlık	5748 g	Kumanda Haberleşme Menzili	1.8 km
Kanat Açıklığı	1600 mm	Min Uçuş Süresi	17.2 dk	Maks İtki (22 V)	7600 g
Atak Açısı	5°	Dönüş Yarıçapı(30°)	30.5 m	İniş Mesafesi	39 m
Seyir Hızı	13.14 m/s	Dönüş Yarıçapı(45°)	17.16 m	Kalkış Mesafesi	11 m
Stall Hızı	10.95 m/s	Maks Hız	17.87 m/s		

Şekil 1.1 NİŞANKIRAN performans özellikleri

2. ORGANİZASYON ÖZETİ

2.1 Takım Organizasyonu

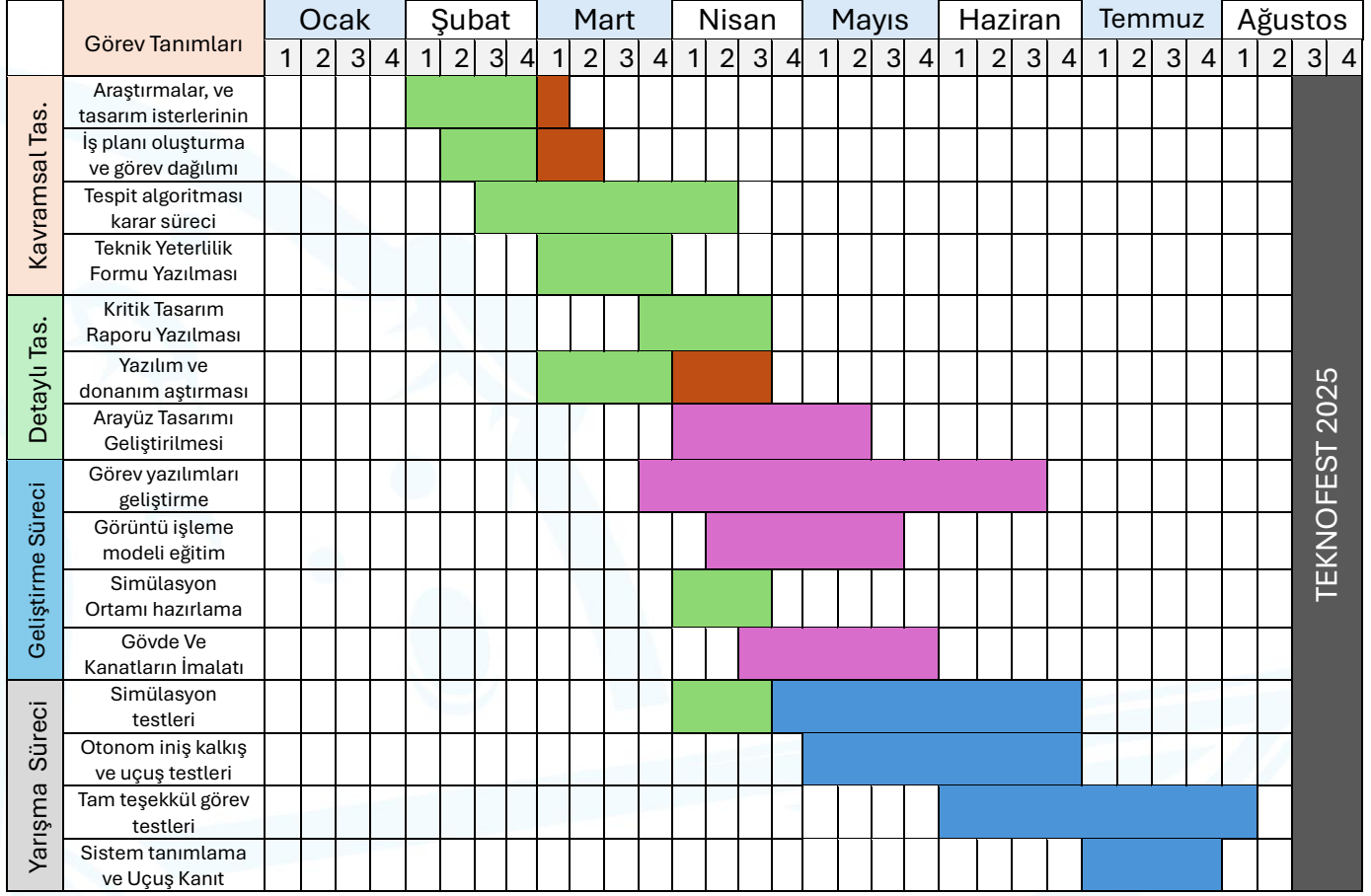
MAVİ HİLAL SİHA TAKIM ORGANİZASYON ŞEMASI



Şekil 2.1. Takım organizasyon şeması

Mavi Hilal SİHA takımı, Kaptan liderliğinde, Pilot, Yazılım Ekibi ve Tasarım Ekibinden oluşur. Yazılım Ekibi, Sistemin yazılım altyapısından sorumludur. Arayüz Tasarımı WPF ile Yer Kontrol İstasyonu arayüzünü geliştirir. Uçuş Yazılımları, Yer Kontrol İstasyonu, haberleşme, görüntü işleme/yapay zeka ve Kilitlenme/Kamikaze görev yazılımlarını geliştirir. Tasarım Ekibi: Hava aracının fiziksel ve elektronik tasarımını yapar. Mekanik, Uçağın tasarımını, imalatını ve analizini yapar. Donanım, Aviyonik ve haberleşme sistemlerinin entegrasyonunu sağlar. Bu yapı, projenin yazılım ve donanım geliştirme süreçlerinin profesyonelce yürütülmesini sağlar.

2.2 Zaman Akış Çizelgesi ve Bütçe



Not :Kareler haftaları temsil etmektedir.

Planlanıyor

Tamamlanmış

Devam Eden Çalışma

Geciken Çalışma

Şekil 2.2. Zaman akış çizelgesi

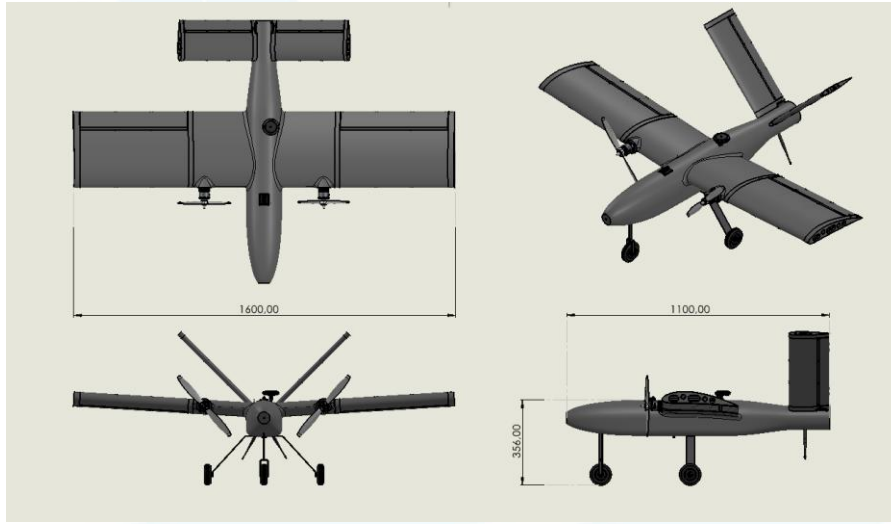
	Malzeme	Adet	Fiyat
1	Pixhawk Orange cube	1	19.174TL
2	OmniWise ONX-101 Orin Nano 8GB Yapay Zeka Kiti	1	29.764,80TL
3	Waveshare IMX219-120 Kamera, 120° FOV, Jetson Nano Uyumlu, 16579	1	989,54TL
4	GEMFAN APC Tip 13X6.5E Thin Elektrik Pervane 21gr 1365 Cam Elyaf	2	470,00TL
5	Tower Pro MG995 Yüksek Torklu Servo Motor - 180 Derece	4	619,08 TL
6	Skywalker 60a Esc Fırçasız Motor Hız kontrol Sürücü devresi	2	3.030,82TL
7	Sunnysky x3520 motor	2	5.760,00TL
8	JetFire 22.2V 22000mAh 25C Solid Stated Lipo Batarya 6S Lipo Pil	1	18.960,00 TL
9	TP-Link TL-SG105 Switch	1	576,17TL
10	Here 4 gps gnns	1	16.999,90TL
11	Here+ rtk base	1	6.000,00TL
12	Ubiquiti rocket r5ac	1	6.285,00TL
13	Flysky FS-I6 2.4GHz 6 Kanal Kumanda	1	3.187,00TL
14	RFD 900x Telemetry	1	14.160,00TL
15	Holybro PM PM02D-6S LV	2	4.320,00TL
16	XL4015 75W 5A DC-DC Voltmetre Ekranlı (3Digits) Voltaj Düşürücü Modül	1	142.35TL
17	Benewake TFmini-S Lidar	1	2.112,00TL
18	Motorbit 150A Car Amplifier Fuse Box - Circuit Breaker	1	521.82TL
	Toplam		133.072,48TL

Şekil 2.3 Bütçe Planlaması

3. DETAYLI TASARIM ÖZETİ

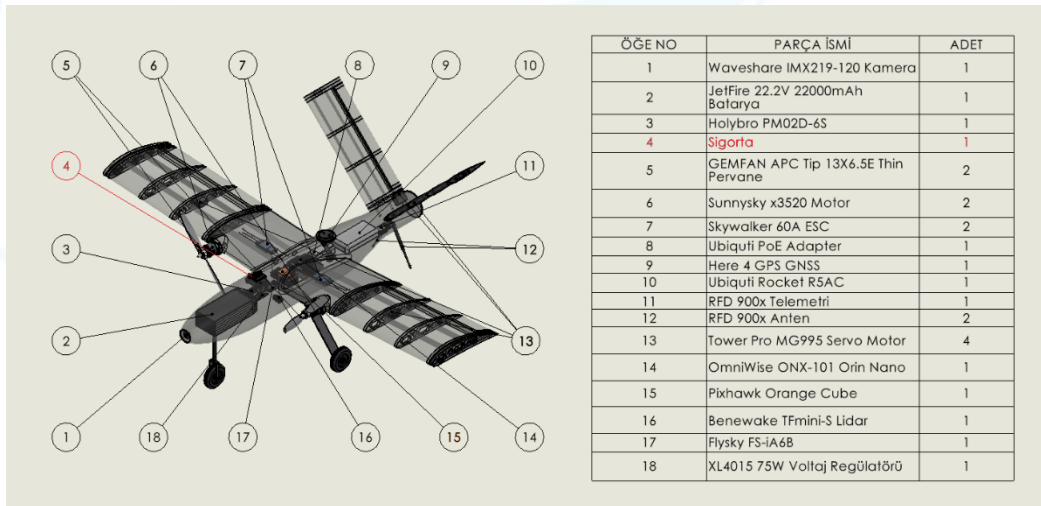
3.1 Hava Aracının Üç Boyutlu Tasarımı

Geliştirilen hava aracı, sabit kanatlı, çift motorlu ve V-kuyruk konfigürasyonuna sahiptir. Tasarım çalışmaları, yarışma görev gereksinimleri doğrultusunda aerodinamik verimlilik, yapısal sağlamlık ve ağırlık merkezi optimizasyonu göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Hava aracının kanat açıklığı 1600 mm, gövde uzunluğu 1100 mm ve gövde yüksekliği 356 mm'dir. Bu boyutlar ve genel görünüş Şekil 3.1'de sunulmuştur.



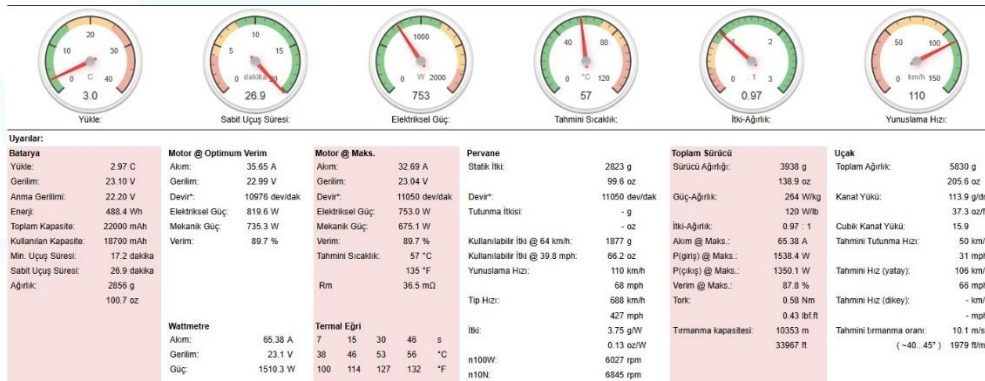
Şekil 3.1. Hava Aracı Boyutları ve Genel Görüntüsü

Alt sistem yerleşimleri, ağırlık merkezi optimizasyonu ve sistem güvenliği esas alınarak planlanmıştır. Batarya, motorlar, ESC'ler, uçuş kontrol birimi, telemetri, GNSS, lidar ve kamera gibi tüm alt sistem bileşenleri, Şekil 3.2'de gösterildiği şekilde yerleştirilmiştir. Sigorta, güvenlik amacıyla batarya çıkış hattında konumlandırılmıştır. Parça listesi ve adet bilgileri ilgili tabloda sunulmuştur. Bu düzenleme, teknik kontrol sürecinde tasarım ile sahaya getirilen hava aracının uyumunun doğrulanmasını kolaylaştıracaktır.

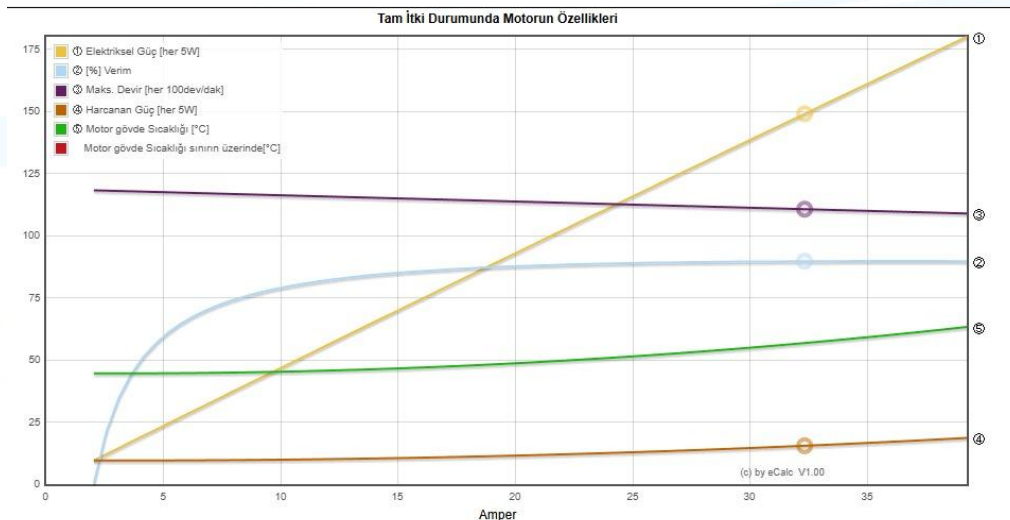


Şekil 3.2. Alt Sistemlerin Araç İçeri Yerleşimleri

NİŞANKIRAN'ın genel performansını hesaplamak için, ücretli bir site olan www.ecalc.ch'dan faydalanılmıştır.



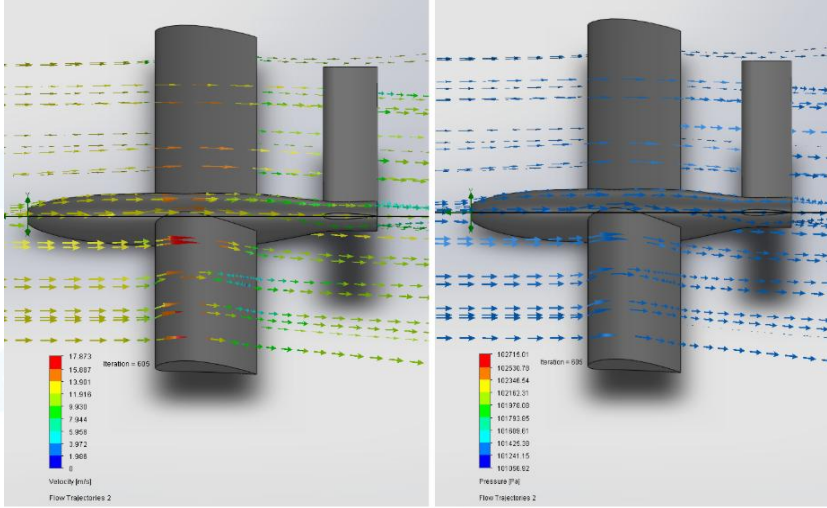
Şekil 3.3. Performans analizleri



Şekil 3.4 Tam itki durumu analizi

Şekil 3.3 ve Şekil 3.4 de Hava aracının uçuş süresi, motorların tahmini sıcaklığı, itki-ağırlık oranı gibi bilgiler gözükmemektedir. Hesaplamalara göre pil tam şarjdan %85 deşarj halinde ve sakin sürüşte yaklaşık 27, agresif bir sürüşte ise 17 dakikaya kadar havada kalabilecek performansa sahiptir. Motorlar ise serin, stabil ve verimli çalışmaktadır. Yapılan analizler sonucunda sistem parçalarının uyumlu çalışacağı anlaşılmıştır.

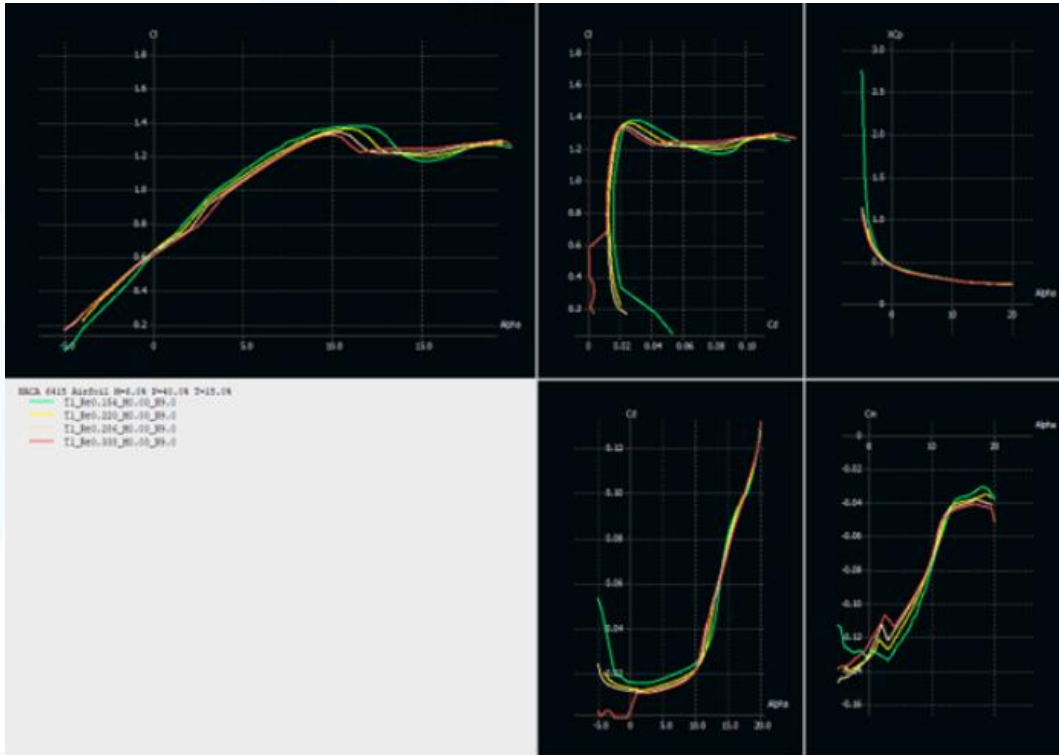
3.2.1 Akışlar Mekanîği Analizi



Şekil 3.5 Akışkanlar mekanîği

m/s olduğu tespit edilmiştir. Bu analizler aracın yeterli aerodinamik performansa sahip olduğunu doğrulamaktadır.

3.2.2 Kanat Analizi



Şekil 3.6 Kanat analizi

Grafiklerde NACA 6415 kanat profili için farklı Reynolds sayılarında (Re) kaldırma katsayısı (C_L), sürükleme katsayısı (C_d) ve moment katsayısı (C_m) değerlerinin hücum açısına (α) göre değişimleri gösterilmektedir. Kanat profilinin maksimum kaldırma katsayısı yaklaşık 1.3 civarında olup, stall açısı 15 derece dolaylarında

gerçekleşmektedir. Bu veriler, hava aracının dengeli ve verimli bir uçuş performansı sergileyeceğini doğrulamaktadır.

3.3 Nihai Sistem Mimarisi ve Alt Sistemler Özeti

3.3.1 Nihai Sistem Mimarisi

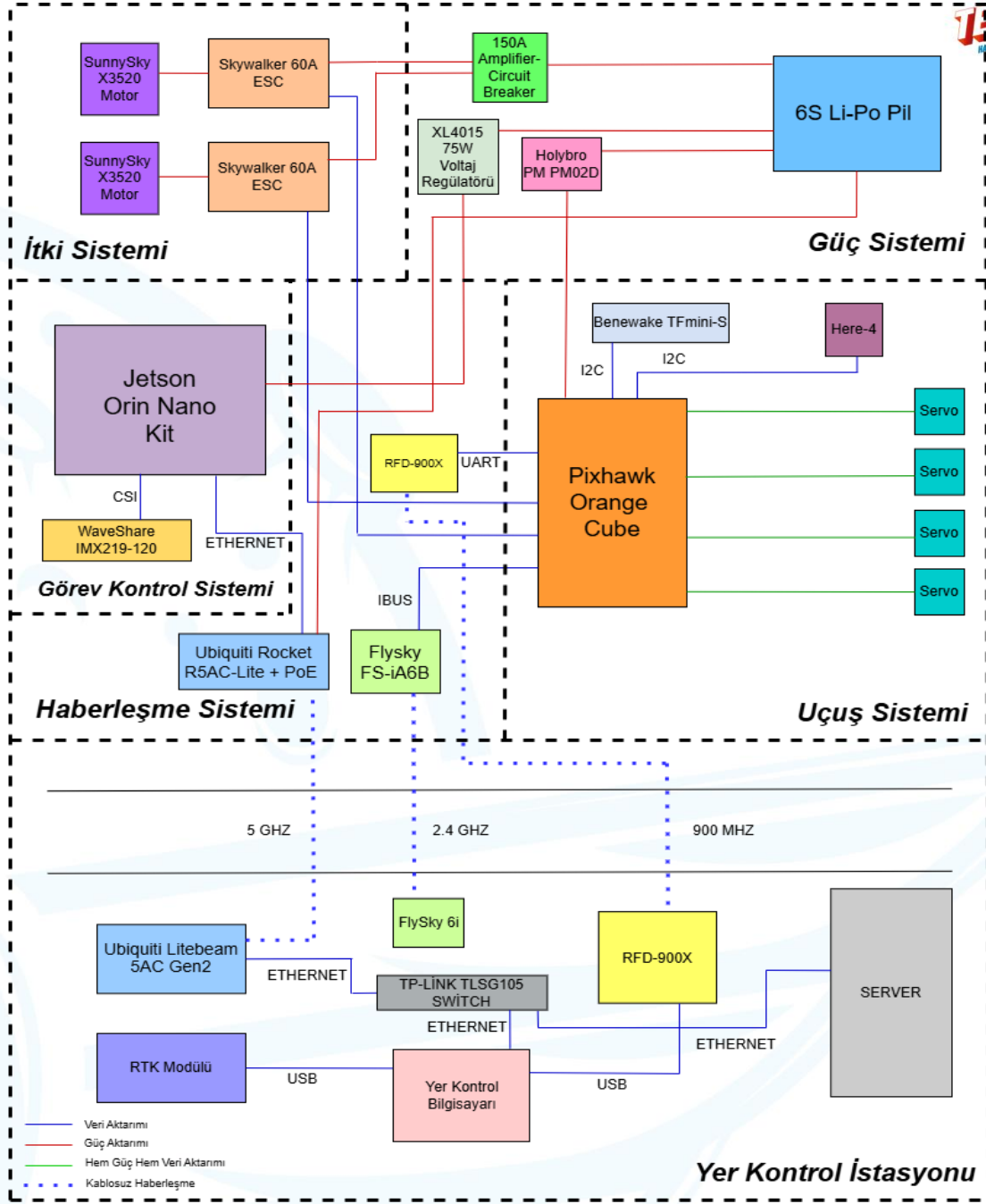
NİŞANKIRAN platformunun yapay zekâ tabanlı görev yönetimi, OmniWise ONX-101 kiti içerisinde yer alan NVIDIA Jetson Orin Nano 8GB görev bilgisayarı ile sağlanmaktadır. 1024 CUDA çekirdeği ve 6 çekirdekli ARM Cortex-A78AE işlemcisiyle donatılmış bu birim, görüntü işleme ve görev kontrol sürecini yönetmektedir. Görüntü aktarımı için, Jetson kitinden Ethernet aracılığıyla Ubiquiti Rocket R5AC Lite Wi-Fi modülüne veri aktarılır ve bu veriler, yer kontrol istasyonundaki LiteBeam LBE-5AC-Gen2 anteniyle alınır. Sistemin kontrol ve veri paylaşımı için ayrıca hem hava aracında hem de yer istasyonunda RFD 900x telemetri modülleri bulunmaktadır. Böylece çift yönlü, düşük gecikmeli ve uzun menzilli haberleşme sağlanır.

Uçuş kontrolü, yüksek güvenlik ve hassasiyet sunan CubePilot Pixhawk The Cube Orange kartı ile gerçekleştirilir. Bu kontrol kartı, üçlü IMU, iki barometre ve termal kontrollü yapısı sayesinde otonom ve yedekli uçuş kabiliyeti sunar. Hassas konumlandırma görevlerinde ise U-blox F9P tabanlı Here 4 RTK GNSS modülü kullanılır. Çift bantlı L1/L2 GNSS desteğiyle santimetre hassasiyetinde veri sağlayan bu modül, RTK Base+ istasyonu ile birlikte çalışarak gerçek zamanlı düzeltme verileri sağlar. Bu yapı sayesinde hız takibi de yapılmaktadır.

Uçağın havalanması için gereken itki, her biri bir kanada monteli iki adet Sunnysky X3525 520kV motor ve bu motorlarla uyumlu olarak seçilen APC 13x6.5 model pervaneler ile sağlanır. Motorların hız kontrolü, 60 amperlik Skywalker ESC'ler ile sağlanır. ESC'ler, pilin gerilim seviyeleri ve motorların maksimum akım çekimi dikkate alınarak seçilmiştir. Enerji kaynağı olarak 6 hücreli, 22000mAh kapasiteli Jetfire Li-Po batarya kullanılacaktır. Yaklaşık 1880 gram ağırlığa sahip bu batarya, uzun uçuş süresi sağlamasına rağmen hafif yapısı sebebi ile tercih edilmiştir.

Kamera sisteminde 8 megapiksel çözünürlük ve 120 derecelik geniş açıya sahip IMX219-120 kamera tercih edilmiştir. Bu kamera, Jetson Orin Nano ile doğrudan uyumlu çalışarak görüntü işleme görevlerine destek verir. Ayrıca sistemin iniş ve kalkış süreçlerinde çevre algılamasını artırmak amacıyla, alt kısmına Benewake TFmini-S lidar sensörü entegre edilmiştir. Bu sensör, özellikle iniş esnasında yer mesafesini hassas şekilde ölçerek güvenli manevralar yapılmasına katkı sağlar.

Sistemin manuel kontrolü gerektiğinde, Flysky FS-i6 verici ve FS-iA6B alıcı seti kullanılır. Bu 6 kanallı kumanda sistemi, düşük gecikmeli ve güvenilir sinyal aktarımı ile uçuş sırasında operatöre tam kontrol sağlar. Bu yapı, NİŞANKIRAN'ın görev esnasında tam otonom ya da manuel modda güvenli ve etkin bir şekilde kullanılmasına olanak tanımaktadır.



Şekil 3.8. Nihai sistem mimarisi

3.3.2 Alt Sistemler Özeti

İtki Sistemi: NİŞANKIRAN'ın uçuş kabiliyeti, kendi ağırlığından fazla itki üretebilecek kuvvette olan kanatlara yerleşik iki adet Sunnysky X3520 520kV motor ve APC 13x6.5 pervane kombinasyonu ile sağlanmaktadır. Motorlar Skywalker 60A ESC'lere bağlıdır. Bu ESC'ler ise paralel şekilde sigorta çıkış ucuna bağlıdır.

Görev Kontrol Sistemi: NİŞANKIRAN'ın görev kontrol kabiliyeti, Jetson Orin Nano görev bilgisayarı ile sağlanmaktadır. Bu birim, Cube Orange uçuş kontrol kartı ile MAVLink protokolü üzerinden haberleşmektedir. Uçuş verileri, sensör girdileri ve pozisyon bilgileri Cube Orange tarafından işlenip Jetson'a aktarılırken, Jetson da YKİ

ve Orange Cubeden alınan verileri işler, gerektiğinde uçuş sistemine komut gönderir. Jetson Orin Nano üzerinde çalışan yapay zekâ algoritmaları, gerçek zamanlı görüntü işleme görevlerini yerine getirir. Bu süreçte, IMX219-120 model kamera aracılığıyla elde edilen görüntüler analiz edilerek görev kararları oluşturulur.

Güç Sistemi: Tüm sistemin enerji ihtiyacı Jetfire 6S 22000mAh Li-Po batarya ile karşılanmaktadır. Bu batarya, 1880g ağırlığı ile kapasitesine göre hafif yapıdadır. Orange Cube kartına Holybro PM PM02D-6S LV modülü aracılığı ile güç sağlarken XL4015 75W ayarlanabilir voltaj regülatörü ile Jetson Orin Nano geliştirme kitine 12V 5A güç çıkış sağlayarak enerji vermektedir. Ubiquiti R5AC-Lite için ise PoE modülü ile güç sağlanmaktadır. ESC ve Motorlar için ise 150A Amplifier akım kesici sigortadan çıkış sağlanarak güç gönderilmektedir. İtki sisteminde arıza olması durumunda uçağın kontrolünü kaybetmemek ve güvenli inş yapılabilmesi için diğer alt sistemlere giden enerji kesilmemektedir.

Haberleşme Sistemi: Hava aracı ile yer kontrol istasyonu arasında görüntü aktarımı, Ubiquiti Rocket R5AC Lite Wi-Fi modülü ile sağlanmaktadır. Yer kontrol istasyonuna uçuş verilerinin gönderilmesi ve alınması işlemleri ise RFD 900X telemetrileri ile gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda FS-iA6B alıcısı da Uçuş kartına bağlıdır ve kumandadan gelen verileri almaktadır. Bu sayede pilot manuel kontrol yapabilmektedir.

Uçuş Kontrol Sistemi: NİŞANKIRAN'ın uçuşunu CubePilot Pixhawk The Cube Orange kontrol etmektedir. Üçlü Sistem; yönelim, yükseklik, konum ve hız verilerini sürekli takip ederek motorlara komut göndermekte ve uçuşu gerçek zamanlı olarak stabilize etmektedir. Kontrol yüzeyleri ise yine Orange Cube bağlı 4 adet Tower Pro 12KG MG995 180° servo motorlar ile kontrol edilmektedir. Ayrıca Here 4 RTK GNSS modülü ile yer istasyonuna bağlı RTK Base+ ünitesi arasında telemetri aracılığı ile çift yönlü konum düzeltme verileri aktarımı sağlanmakta, böylece santimetre hassasiyetinde konumlama mümkün olmaktadır. Bu sayede teknik tasarım raporunda olacağı gösterilen Airspeed Sensör sistemden çıkarılmış ve konum değişimi bazlı bir hız hesaplaması uygun görülmüştür.

Yer Kontrol İstasyonu: NİŞANKIRAN yer kontrol istasyonu tarafından izlenebilmekte ve kontrol edilebilmektedir. Görüntüler Lbe-5Ac-Gen2 Lite Beam anteni aracılığı ile alınarak görev kontrol bilgisayarına iletilmektedir. Yer kontrol istasyonu üzerinden, uçuş rotası planlama, görev komutları gönderme, canlı görüntü akışı alma ve sistem durumu izleme işlevleri gerçekleştirilmektedir. Uçuş Verileri ise RFD 900X telemetrileri iletilmekte ve alınmaktadır. Yer kontrol bilgisayarı aynı zamanda yarışma sunucusu ile haberleşmeyi de sağlamaktadır. Anten ve Sunucu Ethernet ile haberleşme sağladığından dolayı bu birimler ve kontrol bilgisayarı TP-LİNK TLSG105 switch'e bağlanarak haberleşme düzenlenmiştir. YKİde bulunan pilot kontrolündeki kumanda ile NİŞANKIRAN'ı manuel moda alınarak kontrol edilebilmektedir. Aynı zamanda YKİde yer alan ve bilgisayara usb ile bağlı bulunan CubePilot Pixhawk Here+ Base (M8P) telemetri ile konum düzeltme verileri göndererek santimetre düzeyinde konum hassasiyetine ulaşılmasını sağlamaktadır.

3.4 Hava Aracı Ağırlık Dağılımı

Hava aracında kullanılan tüm alt sistemlerin ağırlıkları ve konum bilgileri dikkate alınarak, üç ekseninde (X, Y, Z) ağırlık merkezi hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda referans noktası olarak uçağın burun kısmındaki orijin ($X = 0$, $Y = 0$, $Z = 0$) seçilmiş, her bileşenin ağırlığı ile konumunun moment çarpımı alınarak toplam momentler üzerinden ağırlık merkezi bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda hava aracının toplam ağırlığı 5748 gram, burun referansına göre ağırlık merkezi ise $X: -0.66$ mm, $Y: 15.23$ mm, $Z: -425.05$ mm olarak belirlenmiştir. Kanat kökü referans noktası ($X = 0$, $Y = 27.89$ mm, $Z = -400$ mm) esas alındığında, ağırlık merkezi bu noktaya göre $X: -0.66$ mm, $Y: -12.66$ mm, $Z: -25.05$ mm konumunda yer almakta olup, bu durum uçağın uçuş stabilitesi açısından önemli olan aerodinamik merkez–ağırlık merkezi ilişkisinin pozitif statik stabiliteyi sağlayacak düzeyde olduğunu göstermektedir. Alt sistem seviyesindeki tüm bileşenlerin ağırlıkları, konum bilgileri ve moment hesaplamaları Şekil 3.9’da sunulmuş olup, bu bilgiler tasarım doğrulama ve üretim aşamasına geçilmeden önce yapılacak dengeleme çalışmalarında temel referans olarak kullanılmaktadır.

KOMPONENT	AĞIRLIK (g)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
Gövde + Kanat + Kuyruk	2150	-0,09	48,01	-581,63
Sunnysky x3520 Motorlar	414	0,00	48,80	-374,42
13x6.5 Pervaneler	42	-0,06	50,00	-336,95
IMX219-120 Kamera	3	-0,05	-0,01	-6,40
JetFire 22.2V 22000mAh Batarya	1880	-1,41	-0,03	-198,98
Holybro PM02D-6S	20	-30,42	0,56	-355,66
XL4015 Voltaj Regülatörü	33	15,06	4,18	-349,93
Sigorta	100	0,00	61,89	-350,16
Skywalker 60A ESCler	126	0,00	38,29	-530,01
Benewake Tfmini-S Lidar	5	0,11	-72,41	-450,00
Pixhawk Orange Cube	73	2,31	11,88	-479,93
OmniWise ONX-101 Orin Nano	70	-0,10	8,15	-569,87
Ubiquiti PoE Adapter	72	-15,00	2,93	-673,93
Ubiquiti Rocket R5AC	250	0,00	-1,00	-825,00
Here 4 Gps Gnss	60	29,29	83,18	-655,81
Flysky FS-IA6B	15	10,01	6,11	-409,64
RFD 900x Telemetry	15	0,45	-64,52	-987,83
Tower Pro MG995 Servolar	220	-0,01	44,92	-800,18
İniş Takımı	200	0,00	-223,90	-402,63
BURUNA GÖRE AĞIRLIK MERKEZİ	5748	-0,66	15,14	-425,03
KANAT KÖKÜNE GÖRE AĞIRLIK MERKEZİ	5748	-0,66	-12,66	-25,05

Şekil 3.9 Komponentlerin Ağırlıkları ve Konum Bilgileri

4. OTONOM GÖREVLER

4.1 Otonom Kilitlenme

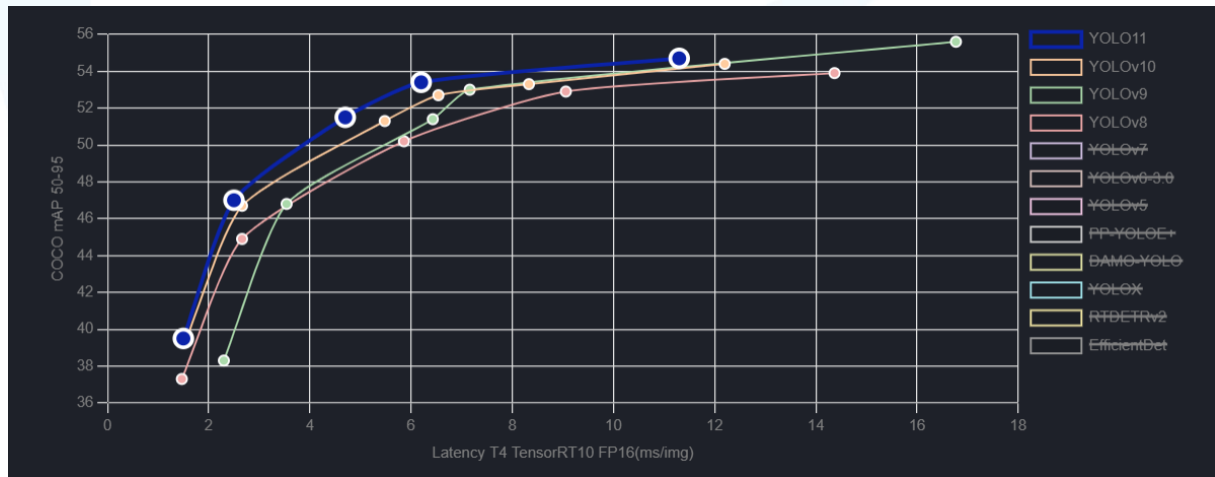
Geliştirilen hedef tespit ve takip sistemi, YOLOv11 tabanlı nesne tespiti, kuyruk yapısal avantajları ile optimize edilmiş yönelim hareketleri ve kümeleme tabanlı en yakın hedef seçimi üzerine inşa edilmiştir. Sistem, gelen görüntülerden anlık olarak tespit ettiği hedefin pozisyonuna göre, ağırlıklı yalpa manevraları ile uçağı yönlendirmekte; bu yönlendirme sırasında uçak, konumsal hataya göre giderek hassaslaşan kontrol tepkileri üretmektedir.

4.1.1 Hedef Tespit Algoritması

NİŞANKIRAN otonom hedef tespit sistemi için model olarak YOLOv11 algoritması seçilmiştir. Bu seçimde temel önceliklerimiz, sistemin yüksek doğruluk başarımı göstermesi ve değişken aydınlatma, kısmi engellenme veya hareket bulanıklığı gibi zorlu koşullar altında dahi istikrarlı çalışabilmesiydi. YOLOv11 mimarisinin, önceki nesil modellere kıyasla bu gereksinimleri karşılama potansiyelinin daha yüksek olması, bu modelin tercih edilmesinde önemli bir etken olmuştur.

Diğer modellerle (YOLOv8, v9, v10) yapılan performans karşılaştırmalarında (bkz. Şekil 4.1), YOLOv11'in özellikle doğruluk oranı ile işlem hızı/gecikme süresi arasındaki hassas dengeyi sağlamada belirgin bir avantaj sunduğu görülmektedir. Bununla birlikte, bu yüksek performans seviyesinin doğal bir gereği olarak modelin daha fazla hesaplama gücüne ihtiyaç duyması, beraberinde artan işlem maliyeti ve potansiyel olarak daha uzun çıkarım süreleri gibi değerlendirilmesi gereken faktörleri getirmektedir.

NİŞANKIRAN sisteminin gerektirdiği yüksek işlem gücünü karşılamak üzere donanım platformu olarak, yüksek hesaplama kapasitesi sunan NVIDIA Jetson Orin tercih edilmiştir. Yapılan testlerde, Jetson Orin platformunun, ek bir yük altında olmadığı durumlarda, hedef tespit modeli için saniyede 90 kareye (90 fps) varan işlem hızlarına ulaşabildiği görülmektedir.



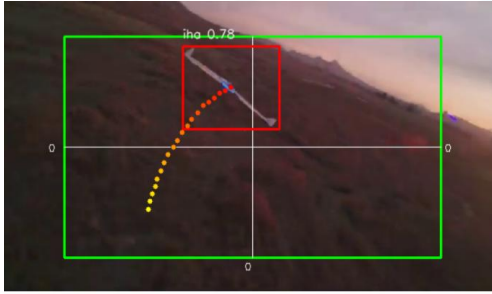
Şekil 4.1 Yolov11'in diğer modellerle karşılaştırılması

4.1.2. Hedef Seçim

Yarışma sunucusundan gelen rakip araçların telemetri bilgileri NİŞANKIRAN'a sürekli olarak iletilmektedir. Rakip araçların konumları kümelenerek gruplanacak ve NİŞANKIRAN en yakın grubun tüm araçlarına mesafe hesaplanarak kilitlenmek için en yakın hava aracı seçecektir. Rota tahmini karşılaşılabilecek noktaya doğru rota planlanacaktır. Eğer 15 saniye içinde kilit alınamazsa süreç en baştan başlatılacaktır.

4.1.3. Hedef Takibi

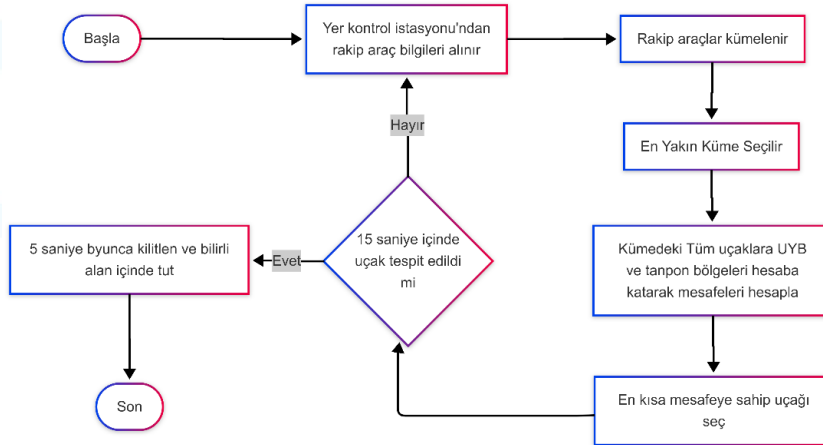
Hedef takip stratejimiz, hedef uçağın anlık konumunu takip etmek yerine, hareket vektörünü analiz ederek gelecekteki konumunu öngörmeye dayanmaktadır. Sistem, görüntü işleme aracılığıyla hedef uçağın ardında bıraktığı izi (geçmiş konumlarını) sürekli olarak kaydeder. Bu izdeki noktaların analizi, hedef uçağın hız vektörünü (yönünü ve büyüklüğünü) tahmin etmek için kullanılır. Noktaların birbirine yakın olması hedefin yavaşladığını veya sabit hızda seyrettiğini gösterirken, noktalar arasındaki mesafenin açılması hedefin hızlandığına işaret eder.



Şekil 4.2 Hedef tespiti

Elde edilen hız vektörü bilgisiyle, hedef uçağın kısa bir süre sonra bulunacağı muhtemel konum tahmin edilir. Kontrol sistemi, uçağımızın manevralarını bu *tahmini hedef noktasına* göre ayarlar. Temel amaç, hedef uçağın kendisini değil, onun hareket vektörünün işaret ettiği gelecekteki konumunu görüntü merkezine getirmektir. Yüksek manevra kabiliyetine sahip hedeflerin takibinde sistemin gecikmesini

minimize eder ve daha başarılı bir kilitleme sağlar. Tahmini nokta merkezden ne kadar uzaktaysa, sistem o kadar çevik ve keskin manevralar yapar. Hedefin tahmini konumu görüntü merkezine yaklaştıkça, kontrol yüzeyi hareketlerinin hassasiyeti artırılır. Kontrol mekanizması, hem hedefe hızla yaklaşmayı sağlar hem de hedefe kilitlenme aşamasında aşırı yönelimlerden kaçınarak takip kararlılığını ve hassasiyetini en üst düzeye çıkarır.

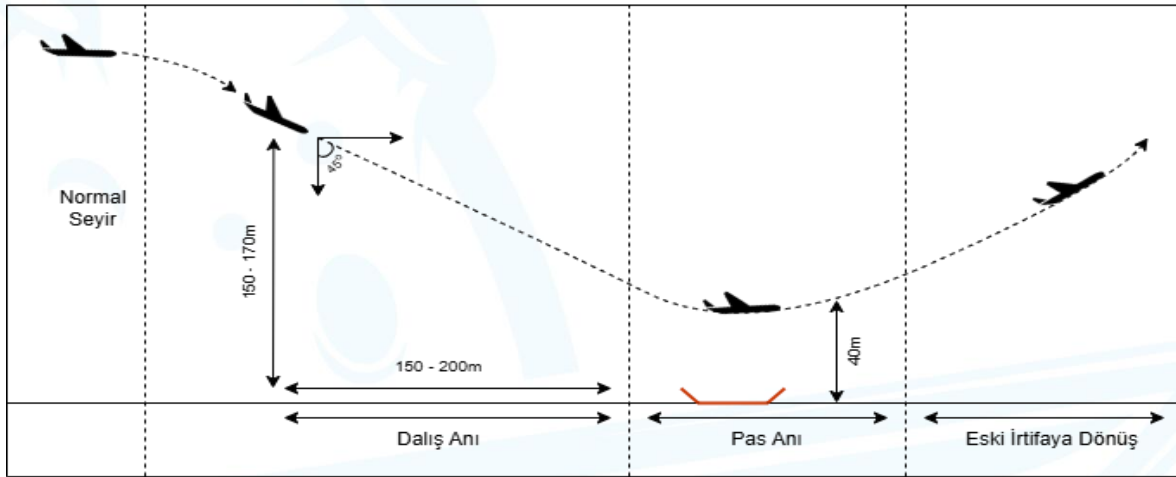


Şekil 4.3 Otonom kilitlenme akış diyagramı

Otonom kilitlenme algoritmasının akış şemasına Şekil 4.3 Otonom kilitlenme akış diyagramında yer verilmiştir.

4.2 Kamikaze Görevi

Kamikaze görevi Şekil 4.4. Kamikaze Görev Profili'nde gösterildiği gibi dört ana aşamadan oluşmaktadır: Normal Seyir ve Dalış Anı, Dalış Anı, Pas Anı ve Eski İrtifaya Dönüş. Kamikaze görevinin özellikle yüksek hızda gerçekleştirilen Dalış Anı ve Pas Anı aşamaları, hava aracının yapısal limitleri açısından değerlendirilmiştir. Bu nedenle dalış açısı, minimum pas geçme irtifası ve pas geçme manevrasının yumuşaklığı dikkatle planlanmıştır. Simülasyona yapılan analizler ve görev istekleri doğrultusunda da dalış için yaklaşık 45 derecelik bir dikilme açısı kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 4.4. Kamikaze görev profili

4.2.1 Normal Seyir ve Dalış Noktasına İntikal

Kamikaze görevi komutu Yer Kontrol İstasyonu (YKİ) arayüzü üzerinden operatör tarafından tetiklendiğinde, NİŞANKIRAN öncelikle hakem sunucusundan alınan QR kod hedefinin koordinatlarına doğru yönlendirilir. Bu aşamada hava aracı, şemada belirtildiği gibi yaklaşık 150-170 metre aralığındaki standart bir seyir irtifasında ve normal seyir hızında uçuşunu sürdürür. Hava aracı, hedefe yatay düzlemde önceden hesaplanmış ve şemada gösterilen yaklaşık 150-200 metre mesafedeki dalış başlangıç noktasına ulaştığında "Dalış Anı" için gerekli komutlar otomatik olarak üretilir. NİŞANKIRAN belirli bir irtifaya tırmanıp özel bir eğriyi takip etmek yerine, doğrudan stabil seyir irtifasından dalışa geçişi esas alır.

4.2.2 Dalış Anı

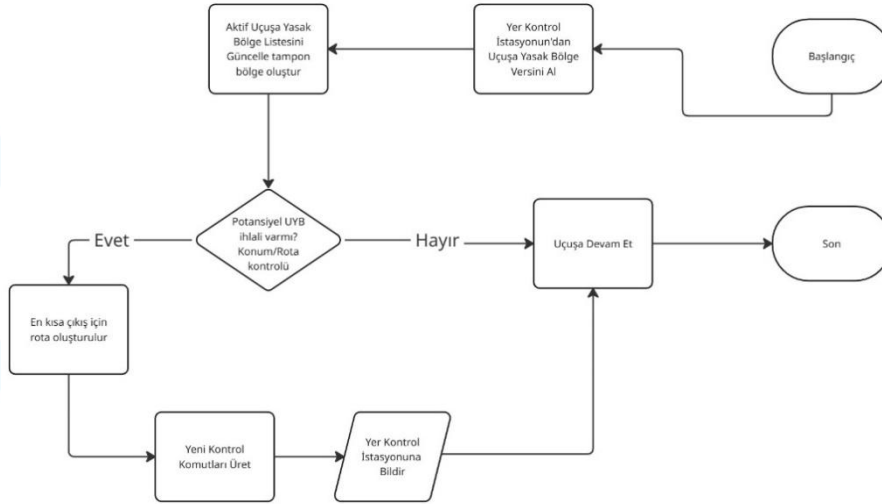
NİŞANKIRAN hesaplanan dalış başlangıç noktasına vardığında, otopilota hedeflenen 45 derecelik dalma açısı komutu iletilir ve NİŞANKIRAN kontrollü bir şekilde dalışa başlar. Dalış süresince otopilot, hava aracının kamera merkezini sürekli olarak QR kodun merkeziyle hizalı tutmaya çalışır. Kamera görüntüsünün merkezi QR koda ne kadar yakınsa kontrol yüzeylerinin tepkileri o kadar hassaslaştırılır. 45 derecelik dalış rotası, yerdeki hedefin üzerinde, şemada 40 metre olarak belirtilen minimum güvenli

irtifaya ulaşana kadar muhafaza edilir. Dalışın bu etabında, NİŞANKIRAN'ın görüntü işleme sistemi, QR kodunu okuma ve çözme görevini aktif olarak gerçekleştirir.

4.2.3 Pas Anı ve Eski İrtifaya Dönüş

Hava aracı, belirlenen minimum güvenli irtifaya (40m) indiğinde "Pas Anı" otomatik olarak devreye girer. Dalış sırasında kazanılan yüksek hız nedeniyle, bu aşamadaki yukarı çekiş manevrası, yapısal G limitlerinin aşılmaması için hassasiyetle yönetilir. Ani ve sert pozitif dikilme komutları yerine, G kuvvetini sınırlandıracak şekilde daha yumuşak ve kontrollü bir tırmanış eğrisi izlenir. Pas Anı'nın başarıyla tamamlanmasını takiben "Eski İrtifaya Dönüş" aşamasına geçilir. Bu aşamada NİŞANKIRAN, görevine devam etmek veya yeni komutları almak üzere tekrar önceki güvenli seyir irtifasına tırmanışını gerçekleştirir. Eğer QR kod başarı ile okunmuş ve görev tamamlanmışsa yer kontrol istasyonundan otonom iniş yapılması için komut gönderilir. Eğer QR kod okuma görevi istenilen şekilde tamamlanmamışsa NİŞANKIRAN alacağı talimat ve düzeltme verileri eşliğinde görevi tekrar eder.

5.HAVA SAVUNMA SİSTEMİ



Şekil 5.1. Otonom Kaçış Şeması

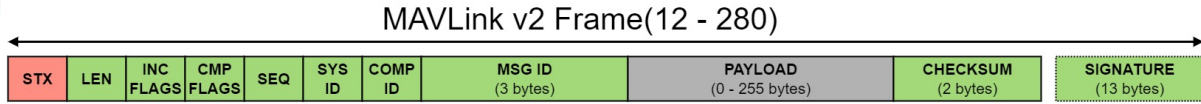
Hava savunma sistemi (HSS) aktivasyonundan 1 dakika önce yapılan duyuruyu takiben yarışma sunucusundan alınan UYB(Uçuşa Yasak Bölge) merkez koordinatı ve çap verileri NİŞANKIRAN sistemine iletilmesiyle başlar. YKİ(Yer Kontrol İstasyonu), bu verileri alır ve hem kendi harita modülünde görselleştirir hem de NİŞANKIRAN üzerindeki UKY'e (Uçuş kontrol yazılımı) aktarır. UKY, aktif UYB listesini günceller ve güvenlik amacıyla bu bölgelerin etrafına sanal tampon bölgeler oluşturur. Her Rota güncellendiğinde (sürekli yapılır) yada UYB ilan edildiğinde UKY Kontrol algoritması çalıştırır.

6. YER KONTROL İSTASYONU, HABERLEŞME VE KULLANICI ARAYÜZÜ

6.1 Yer Kontrol İstasyonu ve Haberleşme

6.1.1 MAVlink Protokolü

NİŞANKIRAN temel bileşenleri arasındaki veri akışının standardizasyonu ve verimliliği, MAVLink (Micro Air Vehicle Link) protokolü aracılığıyla sağlanmaktadır. MAVLink, k hava araçları ve yer kontrol istasyonları arasındaki iletişim için tasarlanmış, hafif ve başlık-odaklı bir mesajlaşma protokolüdür.



Şekil 6.1 MAVlink haberleşme paketleri

Her bir paketin uzunluğu 12-280 byte arasında değişmektedir. İlk 9-byte içerisinde, paket başlangıç işareti, sistem ID'si, komponent ID'si, faydalı yük uzunluğu, uyumluluk flagleri, gibi veriler saklanmaktadır. Sonraki n adet byte içerisinde mesaj versini içeren faydalı yük bulunmaktadır. Son 15 byte içerisinde ise kimlik doğrulama yapılmaktadır.

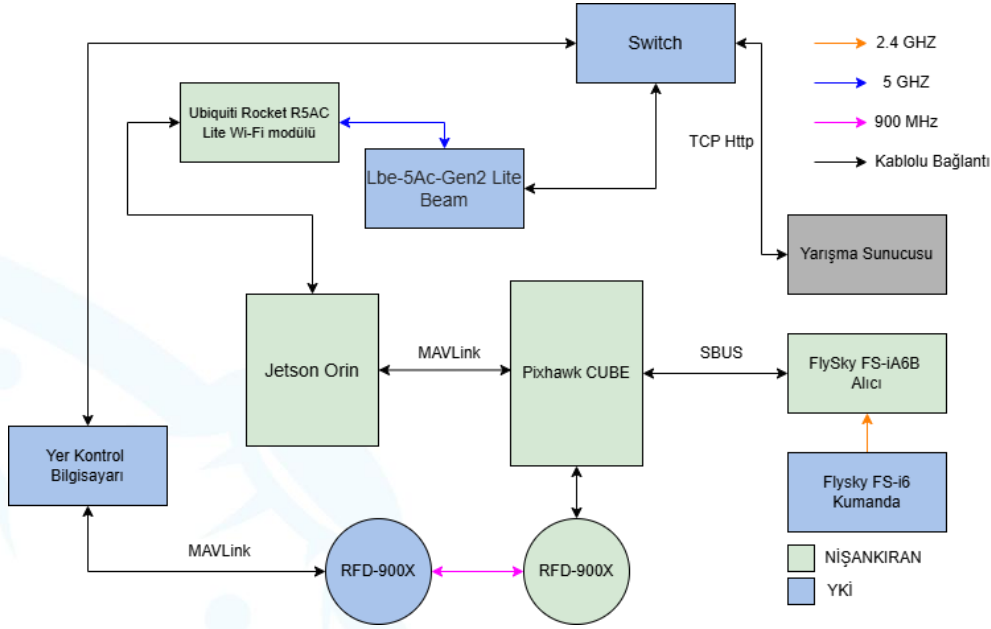
Sistem mimarimizde MAVLink, Orange Cube ile yer istasyonu yazılımı ve görev kontrol sistemi arasındaki iki yönlü iletişimi sağlamaktadır.

6.1.2 Haberleşme Sistemi

Yarışma sunucusu ile haberleşme için için standart Hiper Metin Aktarım Protokolü (HTTP) kullanılacaktır. JavaScript Nesne Gösterimi (JSON) formatı API kurallarına göre veri paketi yapısını tanımlamak için kullanılmıştır. Sunucuya iletilecek paket veri yapılandırması, yarışma organizasyonu tarafından belirlenen teknik özelliklere göre tasarlanmıştır. Yarışma sunucusu ile haberleşme, API aracılığı ile yarışma sunucusuna gönderilen GET ve POST istekleri gönderip-alınarak sağlanacaktır.

Haberleşme sistemi Şekil 6.2 de gösterildiği gibi ayarlanmıştır. Geliştirilen API yazılımının ve sunucu ile haberleşme altyapısının işlevselliğini doğrulamak amacıyla, kontrollü bir test ortamı kurulmuş ve başarılı haberleşme testleri gerçekleştirilmiştir. Bu testler, sırasında iletişim sorunsuz gerçekleşmiştir. Aynı zamanda iletişim mimarisi yer istasyonunun sunucu ile kesintisiz veri alışverişini sağlayacak şekilde kurgulanmıştır.

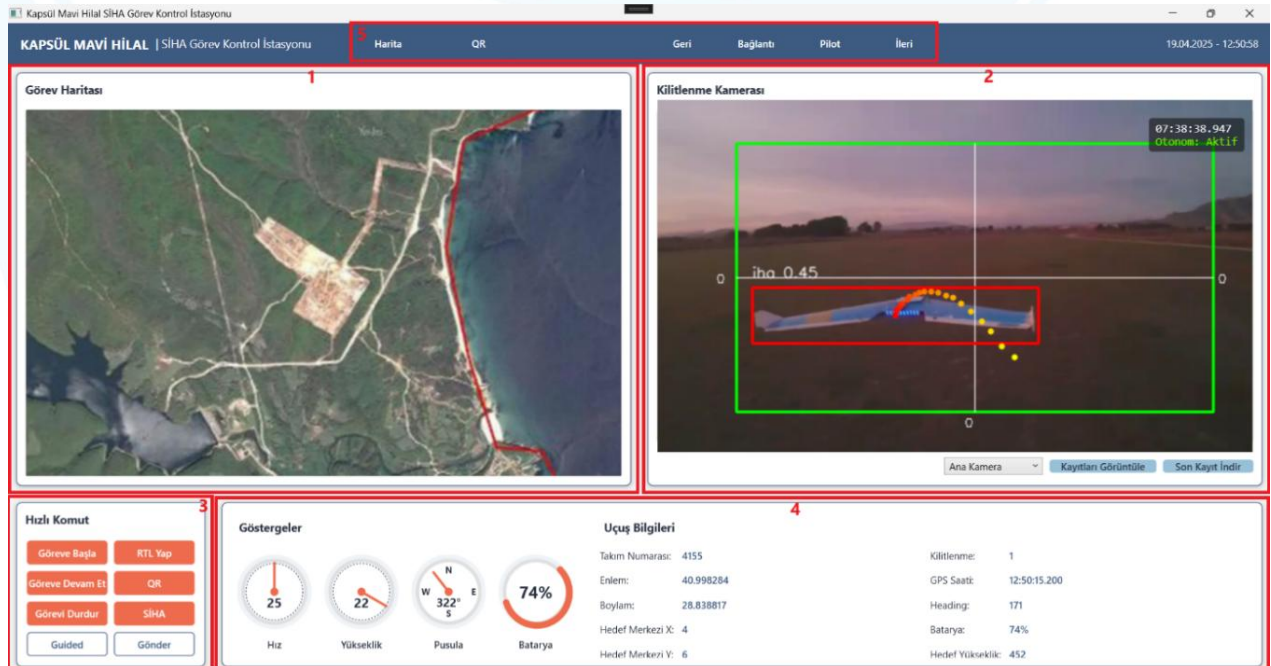
Beklenmeyen telemetri paket kaybı durumunda telemetri verileri Rocket AC Lite ve PowerBeam Lbe-5Ac Gen2 LiteBeam üzerinden gönderilebilecektir.



Şekil 6.2 Haberleşme mimarisi

Haberleşme sistemi Şekil 6.2 de gösterildiği gibi ayarlanmıştır. Geliştirilen API yazılımının ve sunucu ile haberleşme altyapısının işlevselliğini doğrulamak amacıyla, kontrollü bir test ortamı kurulmuş ve başarılı haberleşme testleri gerçekleştirilmiştir. Bu testler, sırasında iletişim sorunsuz gerçekleşmiştir. Aynı zamanda iletişim mimarisi yer istasyonunun sunucu ile kesintisiz veri alışverişini sağlayacak şekilde kurgulanmıştır. Beklenmeyen telemetri paket kaybı durumunda telemetri verileri Rocket AC Lite ve PowerBeam Lbe-5Ac Gen2 LiteBeam üzerinden gönderilebilecektir.

6.2 Kullanıcı Arayüzü



Şekil 6.3 Siha görev kontrol istasyonu arayüzü

Bununla birlikte, İHA'nın temel uçuş kontrolü, otonom görev planlaması, telemetri takibi ve parametre ayarları gibi standart YKİ işlevleri için açık kaynaklı ve MAVLink uyumlu Mission Planner yazılımından faydalanılmaktadır. Mission Planner, grafiksel harita üzerinde görev noktası planlama, gerçek zamanlı uçuş verilerini izleme (irtifa, hız, batarya, GPS durumu vb.), uçuş modlarını değiştirme ve otopilot parametrelerini yapılandırma gibi kapsamlı yetenekler sunan güçlü bir yer kontrol istasyonu yazılımıdır.

Sistem mimarisinde Mission Planner, yer istasyonundaki RFD-900X telemetrisi aracılığıyla İHA üzerindeki otopilot ile MAVLink protokolü üzerinden doğrudan iletişim kurar. Bu sayede standart uçuş operasyonları güvenilir bir şekilde yönetilir.

Özel olarak geliştirilen YKİ arayüzümüz ise daha çok göreve özgü işlevlere odaklanmıştır. Arayüzün temel bileşenleri Görsel 6.3'de numaralandırılmıştır:

1. **Görev Haritası:** Bu panelde, NİŞANKIRAN'nın anlık konumu, planladığı uçuş rotası, görev alanı sınırları ve belirlenen görev noktaları gösterilmektedir.
2. **Kilitlenme Kamerası Görüntüsü:** Görev yükü olarak kullanılan kameradan alınan canlı video akışının gösterildiği bölümdür. Hedef tespit ve takip algoritmalarının çıktısı (hedefi çevreleyen sınırlayıcı kutu, hedefin ekrandaki önceki konumlarından oluşan noktalar ve hedefe kilitlenmeyi sürdürmek için merkeze alınmak istenen nokta) bu görüntü gösterilerek operatöre sunulur. kayıt başlatma gibi kontrollere de buradan erişilebilir. Sunucuya gönderilecek olan görüntü ile YKİ'de gösterilen görüntü farklıdır.
3. **Hızlı Komutlar ve Göstergeler:** Hızlı Komutlar: Operatörün sık kullanacağı temel komutlar ("Göreve Başla", "RTL Yap - Eve Dönüş", "QR Gönder) için butonlar içerir.
4. **Detaylı Uçuş Bilgileri:** Bu alanda, Takım Numarası, İHA'nın GPS koordinatları, GPS saati, yönelim ve batarya durumu gibi daha detaylı telemetri verileri metin formatında listelenir. Ayrıca görevle ilgili olabilecek hedef koordinatları gibi ek bilgilerin de ileride burada yer alması planlanmaktadır.
5. **Ana Menü/Sekmeler:** Arayüzün üst kısmında yer alan bu bölüm, farklı ekranlara veya işlevlere (Harita detayları, QR kod işlemleri, Görüntü ayarları, Bağlantı durumu, Pilot bilgileri vb.) geçiş yapmak için kullanılan sekmeleri barındırır.

7. HAVA ARACI ENTEGRASYONU

7.1 Yapısal ve Mekanik Entegrasyon

NİŞANKIRAN'ın üretim sürecinde, dayanıklı ve hafif bir yapı elde edilmesi amacıyla gövde, kanat ve kuyruk bölümlerinde cam elyaf kumaş takviyeli kompozit malzeme kullanılması planlanmaktadır. Kompozit üretiminde kalıp üzerine serim ve vakum infüzyon yöntemlerinin uygulanması hedeflenmekte, bu sayede yüksek mukavemet ve düşük ağırlık sağlanması amaçlanmaktadır. Yapısal tasarımda, kanat ve kuyruk bağlantı noktalarının güçlendirilmesi ve rijit bir gövde-kuyruk-kanat entegrasyonu sağlanması öngörülmektedir.

Kanat yapısının balsa ribler ve karbon fiber borular ile güçlendirilmesi, yüzey kaplamasında ise hafif film malzeme kullanılması planlanmaktadır. Kanatların gövdeye sabitlenmesi ve karbon fiber borularla desteklenmesi, kuyruk bölümünün ise V-kuyruk konfigürasyonunda ve 50° açıyla gövdeye monte edilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, kanat uçlarına modüler olarak eklenip çıkarılabilecek wingletler tasarlanması planlanmakta olup, ihtiyaç duyulan görevlerde bu wingletlerin montajlanarak aerodinamik verimliliğin artırılması ve uçuş performansının güçlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Motorların, her iki kanat altında simetrik olarak konumlandırılması ve titreşim sönmüleyici elemanlarla montajlarının yapılması planlanmıştır. ESC'lerin motorlara yakın yerleştirilmesi ve kablo yönetiminin düzenli şekilde sağlanması öngörülmektedir. İniş takımının karbon fiber malzeme ile gövde altına sabitlenmesi ve kalkış-iniş esnasındaki darbelere karşı dayanıklı olacak şekilde tasarlanması planlanmaktadır.

Kontrol yüzeylerinin (aileron, ruddervator), servo motorlar ile hareket ettirilmesi, aileronlar için servoların kanat içine, ruddervatorlar için ise gövdeye titreşim izolatörleriyle birlikte monte edilmesi ve rodlar aracılığıyla bağlantılarının yapılması düşünülmektedir.

Yapısal ve mekanik entegrasyonun, üretim aşamasının ardından dengeleme ve test süreçleri ile doğrulanması ve gerekli iyileştirmelerin yapılması planlanmaktadır.

7.2 Elektronik Entegrasyon

Hava aracında kullanılan elektronik sistemlerin yerleşimi, güvenilirlik, görev etkinliği ve bakım kolaylığı esas alınarak planlanmıştır. Telemetri antenleri, kör nokta oluşmaması için gövdenin arka-alt kısmında 60° açıyla yerleştirilmiştir. Lidar sensörü gövdenin altında, uçak ile yer arasındaki mesafeyi ölçmek üzere konumlandırılmıştır. Pixhawk uçuş kontrol birimi, sensör verilerinin dengeli toplanabilmesi için gövde merkezinde düz bir şekilde yerleştirilmiştir. Kamera, burun kısmında titreşimden etkilenmeyecek şekilde sabitlenmiştir. Batarya, ağırlık dengesinin sağlanması ve ulaşım kolaylığı amacıyla gövdenin ön kısmında konumlandırılmıştır.

Motorlara enerji sağlayan hatlarda sigorta kullanılacak, itki sisteminde kısa devre durumunda yalnızca motorların gücü kesilerek diğer sistemlerin çalışmaya devam

etmesi sağlanacaktır. Bu sayede uçuş kontrol birimi ve haberleşme sistemleri aktif olarak uçağın kontrollü inişi mümkün olacaktır.

Elektronik bileşenlerin sabitlenmesi için titreşim izolatörleri, 3D tasarlanmış parçalar ve köpük destek elemanları kullanılacak, minimum ağırlık artışı ile sistem güvenliği sağlanacaktır. Kablo yönetimi, güvenli çalışma ve bakım kolaylığı sağlamak amacıyla düzenli ve sağlam bir şekilde planlanmıştır. Güç ve sinyal hatlarında sistem gereksinimlerine uygun kablo ve konnektörler kullanılacak, kablolar sürtünme ve titreşimden etkilenmeyecek şekilde sabitlenecektir.

8. TEST VE SİMÜLASYON

8.1 Alt Sistem Testleri

8.1.1 Kumanda Haberleşme Testi



Şekil 8.1 Kumanda testi

ArduPilot Mission Planner yazılımı kullanılarak bir kumanda testi gerçekleştirilmiştir. Gerçek konumlar temel alınarak iki koordinat noktası arasında bir rota planlanmış ve test edilmiştir. Sol üst köşede belirtilen mesafe, haberleşme menziline 1.8 km olduğunu göstermektedir.

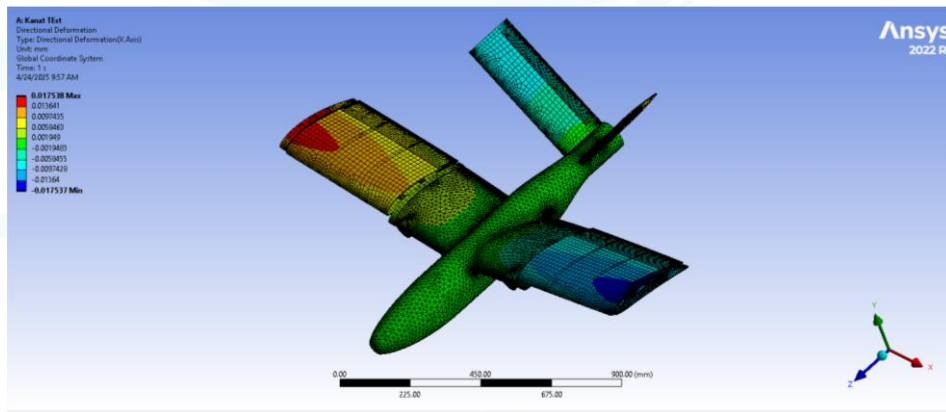
8.1.2 Motor İtki Testi

Hassas terazi ve motor ile test düzeneği oluşturularak istenilen itki değerlerinin sağlanıp sağlanmadığı test edilmiştir. Testler sonucunda motorların datasheetinde belirtilen itki değerlerini sağladığı onaylanmıştır.

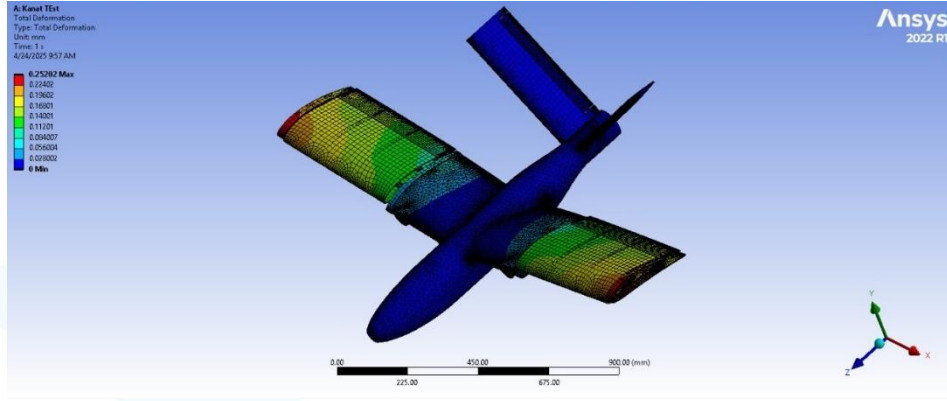


Şekil 8.2 Motor itki testi

8.1.3 Yapısal Dayanıklılık Testi



Şekil 8.3 Yönsel deformasyon analizi



Şekil 8.4 Toplam deformasyon analizi

Kanatların dayanıklılık ve deformasyon testleri Ansys ortamında gerçekleştirilmiştir. Şekil 8.3'de hava aracının yönsel deformasyon analizi mm cinsinden gösterilmekte olup, maksimum deformasyon 0.017538 mm ve minimum deformasyon -0.017537 mm olarak ölçülmüştür. Şekil 8.4'de ise eşdeğer gerilme (Equivalent Stress) değerleri MPa cinsinden gösterilmiş olup, maksimum gerilme 19.13 MPa olarak kanat bölgesinde tespit edilmiştir. Bu değerler, aracın yapısal bütünlüğünün uçuş sırasında korunacağını göstermektedir.

8.2 Uçuş Kontrol Listesi ve Uçuş Listesi

Uçuş testleri NİŞANKIRAN'ın henüz uçuşa hazır olmamasından dolayı gerçekleştirilememiştir. Gerçekleştirilmesi planlanan testler Şekil 8.5'de gösterilmiş olup bir test başarı ile tamamlanana kadar tekrar edilmesi üzerine bir strateji izlenecektir.

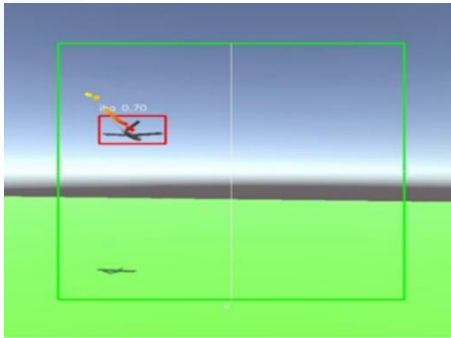
Test Adı	Amaç	Beklenen Çıkarım	Test Adı	Amaç	Beklenen Çıkarım
İlk Test Uçuşu	Temel denge, kalkış ve iniş	Olası fiziksel veya elektronik sorunların tespiti	Görev Profili Testi	Yarışmada uygulanacak senaryoların uygulanması	Görev sırasında oluşabilecek hataların önceden belirlenmesi
Azami Uçuş Süresi Testi	Batarya kapasitesi, maksimum havada kalma süresinölçme	Görev senaryoları için uçuş planlarının sınırlarının belirlenmesi	Yük Altında Uçuş Testi	Uçuş stabilitesinin incelenmesi	Ağırlık merkezinin değişiminin uçuş performansına etkisi
Otonom Kalkış ve İniş Testi	Uçuş kontrol yazılımının görevleri eksiksiz yapması	Otonom sistemin doğruluğu ve sensör kalibrasyonlarının uygunluğu	Telemetri Menzil ve Kesinti Testi	Gerçek uçuşta telemetri sistemini test etmek	İletişim kayıplarının önüne geçmek adına fail-safe sistemlerin güvenliği

Şekil 8.5 Hedeflenen uçuş testleri

Kategori	Kontrol Noktası	Olası Riskler	Alınan Önlemler
Yapısal Kontrol	Kaplama folyolarında hasar/bozulma var mı?	Aerodinamik performans kaybı, yapısal zayıflık.	Uçuş öncesi görsel inceleme, hasarlı folyoların değiştirilmesi.
	Kontrol yüzeylerinde görünür bir hasar var mı?	Kontrol kaybı, uçuş instabilitesi.	Detaylı yüzey kontrolü, hasarlı parçaların onarımı veya değişimi.
	Parçalar yerlerine sağlam yerleşmiş ve tutturulmuş/bağlanmış mı?	Parça kopması, uçuş sırasında arıza.	Bağlantı noktalarının sıkılık kontrolü, gerekirse ek sabitleme.
İtki Sistemi	Motorlar sürtünmeden/bir yere takılmadan serbestçe dönüyor mu?	Motor arızası, itki kaybı.	Motorların serbest dönüş testi, engellerin kaldırılması.
	Motorlardan gelen sesler normal mi, bağlantılar sıkı bağlanmış mı?	Mekanik arıza, titreşim kaynaklı hasar.	Ses analizi, bağlantıların sıkılığının kontrolü.
	Motor ve motor yuvaları sağlam bağlanmış mı?	Motor kopması, uçuş güvenliği riski.	Yuvaların sabitlik testi, gerekirse güçlendirme.
	Motorların dönme yönü doğru mu?	İtki yönü hatası, kontrol kaybı.	Dönme yönü testi, kablolama kontrolü.
	Sigorta doğru konumlandırıldı mı?	Elektrik arızası, kısa devre.	Sigorta konum ve değer kontrolü, uygun sigorta kullanımı.
Kontrol Yüzeyleri	Servo bağlantıları ve servo çalışma yönleri doğru mu?	Yanlış hareket, kontrol kaybı.	Servo yön testi, bağlantıların doğrulanması.
	Tüm alıcı, servo, ESC, pil ve eklenti bileşenler tam olarak takılı mı?	Bağlantı kopması, sistem arızası.	Tüm bileşenlerin sabitlik kontrolü, kablo düzenlemesi.
	Servolar sırayla ve düzgün şekilde bağlanmışlar mı?	Düzensiz hareket, kontrol hatası.	Bağlantı sırası kontrolü, yazılım konfigürasyonu.
	Servolar kontrol yüzeylerini zorlanmadan hareket ettirebiliyor mu?	Mekanik zorlanma, servo arızası.	Hareket testi, engellerin kaldırılması.
Güç Sistemi	Pil hasarsız mı ve normal görünüyor mu?	Pil arızası, güç kaybı.	Görsel inceleme, hasarlı pillerin değiştirilmesi.
	Li-PO pilin paketi şişmiş görünüyor mu veya pil sıcak mı?	Yangın riski, pil patlaması.	Pil sıcaklık ve şekil kontrolü, anormal pillerin kullanımı durdurulması.
	Pil tam olarak şarj edilmiş mi?	Yetersiz güç, uçuş süresinde azalma.	Şarj durumu kontrolü, tam şarj sağlanması.
	Pil yerine güvenli bir şekilde sabitlenmiş mi?	Pil kayması, bağlantı kopması.	Sabitleme mekanizmalarının kontrolü, ek sabitleme.
Haberleşme ve Uçuş Sistemi	Uçuş kartı ve görüntü işleme bilgisayarı için tüm bağlantılar yapıldı mı?	Sistem arızası, veri kaybı.	Bağlantıların tam ve doğru olduğunun kontrolü.
	Uçak içi tüm bağlantılar doğru yapıldı mı?	Bağlantı hatası, sistem çökmesi.	Kablo düzenlemesi, bağlantı doğrulaması.
	Uçuş kartı sensörleri ve yazılımı doğru çalışıyor mu?	Yanlış veri, uçuş instabilitesi.	Sensör kalibrasyonu, yazılım testi.
	Tüm bileşenler yerlerine doğru şekilde sabitlenmiş mi?	Bileşen kayması, titreşim hasarı.	Sabitleme kontrolü, titreşim önleyici montaj.
	Görüntü ve telemetri bilgi aktarımı düzgün şekilde sağlanıyor mu?	Veri kaybı, kontrol zorluğu.	Sinyal testi, anten konumlandırması.
	GPS yeteri kadar uyduya bağlanıyor mu?	Konum kaybı, navigasyon hatası.	GPS sinyal testi, açık alanda kontrol.
	Yer kontrol sistemine telemetri verileri ve FPV kamera görüntüsü sağlıklı şekilde geliyor mu?	İletişim kaybı, uçuş güvenliği riski.	Veri akışı testi, yedek iletişim kanalları.
	Kumanda verileri uçağa sağlıklı şekilde iletiliyor mu ve uçak doğru şekilde tepkiler veriyor mu?	Kontrol kaybı, yanlış hareket.	Kumanda testi, tepki doğrulama.

Şekil 8.6 Uçuş güvenlik kontrolleri

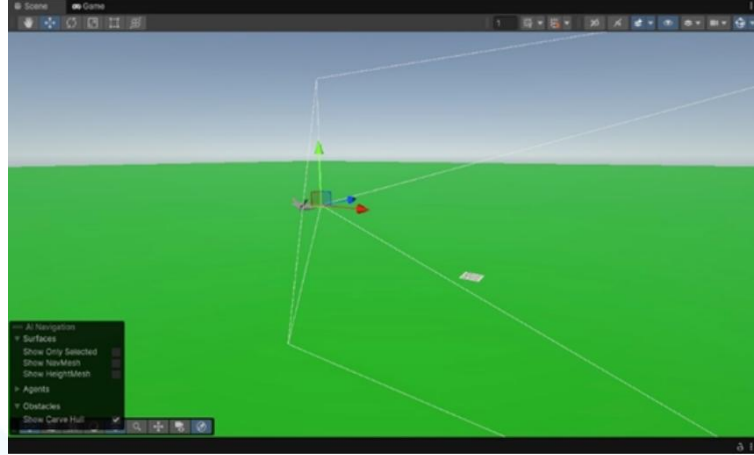
8.3 Görev Testleri



Şekil 8.7 Unity kilitleme testi

NİŞANKIRAN'ın simülasyon testleri Unity ortamında gerçekleştirildi. Gerçek fizik şartları simüle edildi ve NİŞANKIRAN'ın birebir modeli simülasyona aktarıldı. NİŞANKIRAN'ın analizlerden elde edilen uçuş performans özelliklerine göre tepkileri ayarlandı. Simülasyon testleri, SITL kullanılarak gerçekleştirildi. Orange Cube SITL modunda çalıştırılarak Unity ile senkronize edildi. MAVLink ile Mission Planner tabanlı arayüz simülasyondaki

Nişankran'ın haberleşmesi sağlanmış ve uçuş verileri izlenmiştir. Kilitlenme testini simüle etmek için etrafta belli bir uçuş rotasında uçan rakip araçlar modellenmiş NİŞANKIRAN'ın tespit ve takip algoritmaları denenmiştir. Tespit algoritmasının başarılı çalıştığı gözlemlenirken takip algoritmasının geliştirme süreci yapılan simülasyonlar ile devam etmektedir. Kamikaze testi için zemine 2.5x2.5m boyutunda QR kod modellenmiştir. Uygun yaklaşma rotası ve dalış için denemeler yapılmış dalış ve rota planlama algoritmalarının tepkileri gözlemlenerek üzerinde geliştirmeler yapılması sağlanmıştır. Testler sayesinde dalış irtifası 170-200m aralığı olarak belirlenmiştir. İleride simülasyon için ise daha profesyonel bir ortam olması sebebi ile Gazebo ya geçilmesi değerlendirilmektedir.



Şekil 8.8 Unity kamikaze yaklaşma

9.GÜVENLİK

Olası bir kaza anına karşı yaralanmalar için ilk yardım çantası, yanma durumu için ise itfaiye tüpü getirilecektir.

Yarışma alanında tüm Li-Po bataryalar yanma ve patlama tehlikesine karşı özel yanmaz koruma çantasında muhafaza edilecektir.

Düşen araca müdahale sırasında koruyucu gözlük, maske, eldiven ve kask ile korunan bir birey tarafından müdahale edilecektir. Getirilen itfaiye tüpü yangın durumuna karşı müdahale sırasında kullanıma hazır bir halde yanımızda bulunacaktır.

Uçuş öncesi gerekli kontrollerin eksiksiz yapılması kaydıyla bir uçuş öncesi kontrol listesi hazırlanmıştır.

Olası bir düşme durumunda tehlike oluşturma ihtimali bulunan bataryaların doğaya ve diğer malzemelere aykırı bir renk ile kaplanarak olay yerinde daha kolay bulunması sağlanacaktır.

Araç itki sistemi sigorta ile korunmaktadır ve itki sisteminde bir arıza durumunda kontrol ve haberleşme sistemi çalışır halde kalmaya devam etmektedir. Bu sayede uçak güvenli şekilde indirilebilecektir.

10.REFERANSLAR

1. John D. Anderson Jr (United States 2012). Introduction to Flight 7th Edition. McGraw-Hill Publishing Company.
2. RAYMER, Daniel. Aircraft design: a conceptual approach. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2012.
3. FARHADI, Daniel Gordon1 Ali; FOX, Dieter. Re 3: Real-Time Recurrent Regression Networks for Visual Tracking of Generic Objects. IEEE Robot. Autom. Lett, 2018, 3.2: 788-795.
4. Yiğit Mesci, Yolo Algoritmasını Anlamak, <https://medium.com/deep-learning-turkiye/yolo-algoritmasını-anlamak-290f2152808f>
5. SIMONYAN, Karen; ZISSERMAN, Andrew. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. arXiv preprint arXiv:1409.1556, 2014
6. FARHADI, Daniel Gordon1 Ali; FOX, Dieter. Re 3: Real-Time Recurrent Regression Networks for Visual Tracking of Generic Objects. IEEE Robot. Autom. Lett, 2018, 3.2: 788-795.