

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SİVİL HAVACILIK ANABİLİM DALI**

**BÖLGESEL DENETİM AMAÇLI İNSANISIZ HAVA
ARACI (İHA) TASARIMI VE İMALATI**

**Hazırlayan
Seyit BATGI**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Murat ONAY**

Yüksek Lisans Tezi

**Ağustos 2019
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SİVİL HAVACILIK ANABİLİM DALI**

**BÖLGESEL DENETİM AMAÇLI İNSANISIZ HAVA
ARACI (İHA) TASARIMI VE İMALATI**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Seyit BATGI**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Murat ONAY**

**Ağustos 2019
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Seyit BATGI



YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Bölgesel Denetim Amaçlı İnsansız Hava Aracı (İha) Tasarımı ve İmalatı” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Seyit BATGI



Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Murat ONAY



Sivil Havacılık ABD Başkanı

Prof. Dr. İlker YILMAZ



Dr. Öğr. Üyesi Murat ONAY danışmanlığında Seyit BATGI tarafından hazırlanan “Bölgesel Denetim Amaçlı İnsansız Hava Aracı (İha) Tasarımı ve İmalatı” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Sivil Havacılık Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

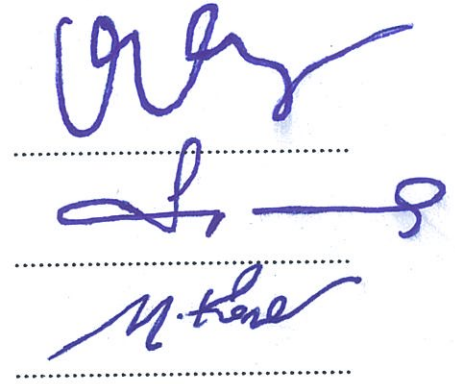
02 / 08 / 2019

JÜRİ:

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Murat ONAY

Üye : Prof. Dr. Selçuk HELHEL

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KONAR

**ONAY:**

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 03/09/2019 tarih ve 2019/507/sayılı kararı ile onaylanmıştır.

03 / 09 / 2019
Prof. Dr. Mehmet AKKURT
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bana çalışmalarım süresince her türlü yardımı ve fedakârlığı sağlayan, ailem ve eğitimimde emegi geçen ilk okuldan üniversiteye kadar tanıştığım tüm öğretmenlerime, çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren tez danışmanım hocam Dr. Öğr. Üyesi Murat ONAY'a teşekkür ederim.

Seyit BATGI

Ağustos 2019 KAYSERİ

BÖLGESEL DENETİM AMAÇLI İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) TASARIMI VE İMALATI

Seyit BATGI

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2019
Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Murat ONAY**

ÖZET

Bu tez çalışmasında bölgesel denetim amaçlı insansız hava aracı (İHA) geliştirilmiştir. Bu tez dört bölümden meydana gelmektedir. Birinci bölümde, İHA'nın tarihsel gelişimi ve terminolojisinden bahsedilmiştir. İkinci bölümde, tasarım gereksinimleri ve yöntemin belirlenmesine değinilmiştir. Üçüncü bölümde, tasarımda tercih edilen metodoloji ve İHA aerodinamiği ve uçuş mekaniği, itki sistemlerinden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde ise tartışma sonuç önerilere tez çalışmasının pratikte uygulanabilirliğinden bahsedilmiştir. Gerçekleştirdiğimiz İHA bölgesel güvenliği sağlarken gözetleme işlemini yapar ve aynı zamanda yer istasyonu ekranına anlık görüntü aktarır. Bu görevleri gerçekleştiren İHA sisteminde itki sistemi olarak elektrik motoru kullanılmıştır.

Günümüzde bilimin gelişmesiyle birlikte, gelişen ve ilerleyen alanlardan biri havacılık, Havacılığın gelişmesiyle ilerleyen alanların başında insansız hava aracı teknolojileri yer almaktadır. İnsansız hava araçları birçok kullanım yeri bulmakta bunlar; haritalama, kargo taşıma, gözetleme ve saldırı amaçlı kullanım, ilkyardım amaçlı kullanım gibi yerlerde kullanılmaktadır. Bunların arasında en yüksek önem arz eden kısım bölgesel denetim olmaktadır. Bölgesel denetim için İHA (İnsansız Hava Aracı) belirlenen rotadan kalkarak otonom yada manuel olarak, belirlenen rotada görevini ifa etmektedir. Bölgesel denetimde hedef bölge sanayi bölgesi, askeri tesis, hastane, sınır hattı, önemli devlet binalarının korunmasıdır. Bölgesel denetim için tercih ettiğimiz gövde tipi sabit kanatlı karbon gövde, kaplama malzemesi olarak depron malzeme tercih edilmiştir. Görüntü için üç eksenli gimbal kamera tercih edilmiştir. Yer istasyonu olarak Ardupilot, Apm planner kullanılmıştır. Görüntü aktarımı anlık olarak yapılır.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Aracı, İHA, Dron, Bölgesel Denetim

DESIGN AND MANUFACTURING OF UNMANNED AIRCRAFT (UAV) FOR REGIONAL INSPECTION

Seyit BATGI

**Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, August 2019
Supervisor: Dr. Murat ONAY**

ABSTRACT

In this thesis, unmanned aerial vehicle (UAV) has been developed. This thesis consists of four chapters. In the first chapter, the historical development and terminology of UAV is mentioned. In the second part, the design requirements and the determination of the method are discussed. In the third chapter, the preferred methodology, UAV aerodynamics, flight mechanics and propulsion systems are mentioned. In the fourth chapter, the applicability of the thesis study to practical results is discussed. Our UAV performs surveillance while providing regional security and also transmits snapshots to the ground station screen. It transmits information from the sensor data to the ground station. In the UAV system which performs these tasks, electric motor is used as propulsion system.

The use of unmanned aircraft for the purpose of regional control is one of the developing and progressing fields in accordance with the development of science, also the unmanned aerial technologies are among the leading fields by the development of aviation. Unmanned aerial vehicles have many uses; mapping, cargo handling, surveillance and attack use, first aid use. Of these, regional supervision is the most important. For regional inspection, the UAV departs from the specified route and performs its duty autonomously or manually on the specified route. The UAV will be equipped with sensors, which transmit instant information to the ground station. In regional supervision, the target zone can be used for the protection of industrial zone, military facility, hospital, border line, important state buildings. In the body type fixed wing carbon body we preferred, depron material was preferred as coating material. A triaxial gimbal camera was preferred for the image. For The ground station, Ardupilot, Apm planner was used. The image transfer performed instantly.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, UAV, Drone, RC Model Aircraft, Regional Security

İÇİNDEKİLER

BÖLGESEL DENETİM AMAÇLI İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) TASARIMI VE İMALATI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	ii
KABUL VE ONAY	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Problem Durumu	7
1.2. Araştırmanın Amacı	8
1.3. Araştırmanın Önemi.....	9

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Tasarım Gereksinimlerinin Belirlenmesi.....	12
2.2. Konfigürasyon Seçenekleri Ve Seçimi.....	13
2.2.1. Konveksiyonel	13
2.2.2. Biplane	13
2.2.3. Delta Kanat.....	14

2.2.4. Üstten Kanat.....	15
2.2.5. Ortadan Kanat	15
2.2.6. Alttan Kanat.....	16
2.3. Kuyruk Konfigürasyonu	17
2.3.1. V Kuyruk.....	17
2.3.2. T Kuyruk	18
2.3.3. Konveksiyonel Kuyruk.....	19
2.4. İniş Takimi Konfigürasyonu	20
2.4.1. Kuyruktan Tekerli (Taildragger).....	20
2.4.2. Burundan Tekerli (Tricycle).....	20
2.4.3. Tandem (Bicycle)	21
2.5. Kamera Ve Sensörlerin Konumlandırması	21
2.6. Pervane ve Motor Konumu Konfigürasyonu	22
2.6.1. Önden Çekişli Pervane	22
2.6.2. Arkadan İtişli Pervane	23
2.7. Gimbal Kamera Konfigürasyonu	24
2.8. Yer İstasyonu Seçimi APM Planner; (Arduino Proses Mill Soft Planner).....	25
2.9. Bölgesel Güvenlikte Sistem ve Sensör Seçimi	27

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Tasarım Metodolojisi.....	28
3.1.1. İlk Tasarım Sonucunda Oluşan İHA Çizimleri	29
3.1.2. İlk Tasarım Sonucunda Elde Edilen Değerler	30
3.2. Aerodinamik Karakteristikler	31
3.2.1. Kanat Profili Seçimi.....	31
3.3. Kuyruk Profili Seçimi	34
3.3.1. Kanat Boyutlandırması	34
3.3.2. Kanat Alanı – Kanat Yükleme – İtme Ağırlık Oranı	35
3.4. Kanat Açıklık Oranı	35
3.5. Kanat Sivrilme Oranı	36
3.6. Stabilitate Ve Kontrol	36

3.7. Görev Performansı.....	37
3.8. Son Tasarım.....	37
3.8.1. İHA Yapısı.....	38
3.8.2. Gövde	40
3.8.3. Kanat.....	41
3.8.4. Kuyruk ve Motor	42
3.9. Uçuş ve Görev Performansı.....	42
3.9.1. İHA Uçuş Kumandaları	44
3.10. Alt Sistemler, Platforma Entegrasyon.....	44
3.10.1. İHA'nın Yapım Aşamaları.....	49
3.11. İtke Sistemleri	50
3.11.1. Motor Seçimi	51
3.11.2. ESC Seçimi	52
3.11.3. Pervane Seçimi	53
3.11.4. Batarya.....	53
3.11.5. İşlemci (Kontrolcü Seçimi).....	54
3.11.6. GPS Seçimi	55
3.12. Kontrol Sistemleri	55
3.13. Wi-fi Kamera.....	57
3.14. İHA ile Bölgemizde Aldığımız Görüntüler	60

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

KAYNAKÇA	66
ÖZGEÇMİŞ.....	69

KISALTMALAR

İHA	: İnsansız Hava Aracı
UAV	: UAV(Unmanned Aerial Vehicle):İnsansız Hava Aracı
Drone	: Erkek Arı (Döner Kanat İnsansız Hava Aracı)
GPS	: Global Positioning System Global Pozisyon Belirleme Sistemi
Hexacopter	: Altı motor / pervane olan bir İHA'dır.
FOM	: Figure Of Merit (Liyakat Şekli Figürü)
RF	: Radyo Frekans
Li-po	: Lityum Polimer Pil
ESC	: Electronic Speed Controller (Elektronik Hız Denetleyici)
HD	: High Definition (Yüksek Çözünürlük)
HALE	: High altitudelongendurance (Yüksek irtifa uzun uçuş süresi)
MALE	: Middle altitude long endurance,(Orta irtifa uzun uçuş süresi)
TUAV	: Tacticalor Medium Range UAV, (Taktiksel veya Orta menzil İHA)
MUAV	: Mini İHA
EGM	: Emniyet Genel Müdürlüğü

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1.	Görev Gereksinimlerinin Tasarım Gereksinimlerine Dönüştürülmesi	13
Tablo 2.2.	Konfigürasyon Seçenekleri Örnek Uzayı	14
Tablo 2.3.	Üstten Kanat Konfigürasyonu Karşılaştırma Tablosu	15
Tablo 2. 4.	Üstten Kanat Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu ...	15
Tablo 2.5.	Ortadan Kanat Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu .	16
Tablo 2.6.	Kanat Konumu Konfigürasyonu FoM Tablosu	17
Tablo 2.7.	V Kuyruk Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu	18
Tablo 2.8.	T Kuyruk Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu.....	18
Tablo 2.9.	Konveksiyonel Kuyruk Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu.....	19
Tablo 2.10.	Kuyruk Konfigürasyonu FoM Tablosu.....	19
Tablo 2.11.	Kuyruktan Tekerli Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu.....	20
Tablo 2.12.	Burundan Tekerli Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu[26]	21
Tablo 2.13.	Tandem Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu	21
Tablo 2.14.	Yük Konumlandırması FoM Tablosu	22
Tablo 2.15.	Yük Konfigürasyonu FoM Tablosu	22
Tablo 2.16.	Önden Çekişli Pervane Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu.....	23
Tablo 2.17.	Arkadan İtişli Pervane Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu.....	23
Tablo 2.18.	Motor- Pervane Konumu FoM Tablosu.....	24
Tablo 3.1.	İlk Tasarım Sonucunda Oluşan Değerler Tablosu	30
Tablo 3.2.	NACA 4412 Özellikleri Tablosu	34
Tablo 3.3.	Görev Performansı Tablosu	37
Tablo 3.4.	Kanat Veter Değerleri Tablosu	38
Tablo 3.5.	Motor Pil Pervane Tablosu	51

Tablo 3.6. ESC Alternatifleri 52

Tablo 3.7. İşlemci Alternatifleri..... 54

Tablo 3.8. GPS Alternatifleri 55



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Arduino kiti ile Gimbal Kamera kontrolü Bağlantısı.....	25
Şekil 2.2.	Arduino kiti ile Gimbal Kamera kontrolü Elemanları	25
Şekil 2.3.	Accel Calibration Birinci Adım	26
Şekil 2.4.	Rotation Calibration ekranı	26
Şekil 3.1.	Tasarım Metodolojisi Algoritması	28
Şekil 3.2.	Birinci Alternatif İHA El Çizimi.....	29
Şekil 3.3.	İkinci alternatif İHA El Çizimi.....	29
Şekil 3.4.	Kanat Profilleri C_l/C_d Grafiği.....	31
Şekil 3.5.	Kanat Profilleri C_l/α Grafiği	32
Şekil 3.6.	Kanat Profilleri C_m/α Grafiği	32
Şekil 3.7.	Kanat Profilleri $C_l/C_D/\alpha$ Grafiği.....	33
Şekil 3.8.	NACA 4412 Profili	34
Şekil 3.9.	Naca 0012 Profili	34
Şekil 3.10.	Açıklık Sivrilme Oranı	36
Şekil 3.11.	İHA XFLR5 Profil Görüntüsü	39
Şekil 3.12.	İHA XFLR5 Görüntüsü.....	40
Şekil 3.13.	Gövde İçinde Konumlandırma	40
Şekil 3.14.	Kanat Profili İmalatı.....	41
Şekil 3.15.	Kuyruk ve Motor İmalatı.....	42
Şekil 3.16.	C_l/α Grafiği	43
Şekil 3.17.	İHA Uçuş Kumandaları.....	44
Şekil 3.18.	XFLR5 ile Moment Yönünün Belirlenmesi.....	45
Şekil 3.19.	XFLR5 ile Viskozitenin Belirlenmesi.....	46
Şekil 3.20.	XFLR5 ile Rüzgar Tüneli Denemesi.....	47
Şekil 3.21.	İHA'nın Model Çizimi	48
Şekil 3.22.	İHA'nın Model Çizimi xflr5 Profil	48
Şekil 3.23.	İHA'nın Son Aşama Görüntüsü	49

Şekil 3.24. İHA Kanat Profili Yapımı	49
Şekil 3.25. İHA Kanat Montajı ve Motor Testi.....	50
Şekil 3.26. İHA'nın Motoru	51
Şekil 3.27. Esc Görüntüsü	52
Şekil 3.28. 11x5.5 Pervane	53
Şekil 3.29. Lipo Pil.....	53
Şekil 3.30. İşlemci Pixhawk Görüntüsü	54
Şekil 3.31. Sistemin Elektriksel Bağlantı Şeması	55
Şekil 3.32. Sistemin Elektriksel Bağlantıları.....	56
Şekil 3.33. Yer İstasyonu Kumanda Bağlantısı.....	57
Şekil 3.34. Ağırlık Merkezinin XFLR5 ile Bulunması	59
Şekil 3.35. Bölgemizin Ham Hali.....	60
Şekil 3.36. Bölgemizdeki Değişikliklerin Tespiti	60
Şekil 3.37. Bölgemizde Tören Görüntüsü	61
Şekil 3.38. Bölgemizde Tören Görüntüsü	61
Şekil 3.39. Bölgemizde Farklı Zamanda Alınan Görüntüler	62
Şekil 3.40. Bölgemizde Farklı Zamanda Alınan Görüntüler	62
Şekil 3.41. Bölgemizde Farklı Zamanda Alınan Görüntüler	62
Şekil 3.42. Bölgemizde Farklı Zamanda Alınan Görüntüler	63
Şekil 3.43. Bölgemizde Farklı Zamanda Alınan Görüntüler	63

GİRİŞ

İnsansız Hava Aracı sistemleri, isminden de anlaşılacağı üzere; içerisinde insan bulunmadan uçabilen ve de üstlendikleri görevleri uzaktan yönetilerek ya da otonom olarak insan etkisi olmaksızın yerine getirebilen hava platformları/araçları olarak tanımlanabilirler. Modern toplumdaki pek çok teknolojik ilerlemede olduğu gibi, insansız hava araçlarının tarihçesi kitlesel olarak kabul edilmeden önce askeri bütçe ayrılmasıyla başlamıştır. Özellikle askeri alanda, vazifenin kritik ve tehdidin yoğun olduğu görev bölgelerinde, insanlı sistemlere göre çok büyük avantajlara sahiptir. İnsansız hava araçları, tek kullanımlık veya çok kullanılabilir olabilir. Öldürücü olan veya olmayan faydalı yükler taşıyabilirler. Bizim taşıdığımız yük faydalı yük kamera görüntüleme amaçlıdır.

İlk İnsansız Hava Aracı “Kettirieng Bug”, 1918 yılında İngiliz C.Ketterin tarafından imal edilmiş hava torpidosudur. Tarihte kullanılan ilk İHA Sistemine örnek olarak 1916 yılında A. M. Low tarafından geliştirilmiş “Aerial Target” isimli platform gösterilebilir. Günümüz tanımındaki ilk İHA’ lar ise 1970’ li yıllarda, İsrail tarafından kullanılmıştır.[1-4]

Tarih boyunca bir durum hakkında bilgi sahibi olabilmek çok büyük önem arz etmiştir. Özellikle devletler için bu durum önemlidir, bunun içindir ki devletler güvenlikleri ve üstünlüklerinin korunabilmesi için çok çeşitli istihbarat faaliyetlerine yönelmişlerdir. Bunların en son halkalarından biri de anında görüntü alınmasına imkan sağlayan “İnsansız Hava Araçları (İHA)” ’dır. İnsansız hava araçları ilk olarak bir savaş aracı olarak ortaya çıkmıştır. Bir pilot tarafından kumanda edilmiyor oluşu çeşitli avantajlar sağlamaktadır; boyutlarda küçülme, ağırlıkta azalma, pilotun can sağlığının tehlikeye atılmaması bunlardan bazılarıdır. 2. Dünya Savaşı’ndan sonra konvansiyonel savaşların azalması ile birlikte; İHA’nın gelişimi anlık istihbarat alımı yönüne doğru olmuştur.

Gelişmiş görüntü aktarımı imkanı ile güvenlik güçlerinin olası tehlikelere karşı hazırlıklı olması amaçlanmaktadır. Teknolojinin ve insan ihtiyaçlarının artması ile birlikte İHA teknolojisi de gelişim ve değişim göstermiştir. İHA'lar artık sadece savunma ve istihbarat alanlarında değil, meteoroloji, madencilik, arama-kurtarma faaliyetleri, yangın gibi doğal afetlerle mücadele, tapu-kadastro faaliyetleri, haritalama, kargo taşıma, gözetleme ve saldırı amaçlı kullanım, ilkyardım amaçlı kullanım gibi çok çeşitli alanda kullanılabilmektedir. [5]

Havacılığın gelişmesiyle ilerleyen alanların başında insansız hava aracı teknolojileri yer almaktadır. yeri bulmakta Yukarda sayılan kullanım yerlerinin yanında bir diğer kullanım alanında bölgesel denetim yapılarak bölgesel güvenliğin sağlanması olmaktadır. Bölgesel güvenlik için İHA (İnsansız Hava Aracı) belirlenen rotadan kalkarak otonom yada manuel olarak, belirlenen rotada görevini yerine getirmektedir. İHA'nın üzerinde bulunan, gimbal kameradan anlık bilgi aktarımını yer istasyonuna göndermektedir. Bölgemizde elde edilen görüntülerle olaylara yerinde erken müdahale şansı tanıyacaktır. Bölgesel güvenlikte hedef bölge sanayi bölgesi, askeri tesis, hastane, sınır hattı, önemli devlet binalarının korunması için kullanılabilir. Bizim tercih ettiğimiz gövde tipi sabit kanatlı karbon gövde, kaplama malzemesi olarak depron malzeme tercih edilmiştir. Görüntü için üç eksenli gimbal kamera tercih edilmiştir. Yer istasyonu ile iletişim Ardupilot, apm planner kullanılmıştır. Görüntü aktarımı anlık olarak yapılacaktır.

İnsansız Hava Aracının tarihsel gelişimine baktığımızda İHA Tarihçesi bazı kaynaklar Pisagor tarafından 425'te yapılan ilk İHA'yı mekanik bir kuş olarak nitelemiştir. Modern anlamda Başlangıcı 1800'lü yıllar olarak kabul edilmektedir. Bu gelişmelerin kronolojisine baktığımızda ilk olarak Avusturyalılar tarafından geliştirilen balonlar 1849 yılında insansız savaş hava aracı olarak İtalyanlara saldırmak için kullanıldı, Venedik şehrine bomba yüklü balonlar gönderildi. Bir diğer gelişme 1883'te ilk hava fotoğrafı çekildi bir uçurtma, bir kamera ve kameranın deklanşörüne bağlı çok uzun bir ip kullanılarak.

1898'de bu teknoloji İspanyol-Amerikan Savaşında kullanılmaya başlandı ve ilk askeri hava keşif fotoğrafları ortaya çıktı. Güvercin fotoğrafçılığı 1907 yılında Alman eczacı tarafından icat edilmiş bir hava fotoğrafçılığı tekniğidir; Julius Neubronner. İki hobisi güvercin ve amatör fotoğrafçılığını birleştirmenin bir yolu olarak geliştirilen tasarımı, bir güvercinin göğsüne bir emniyet kemeriyle takılabilecek hafif minyatür bir

kameradan oluşuyordu. Bununla birlikte, güvercin davranışı üzerindeki kontrolün yetersizliği (ve aynı zamanda havacılığın hızlı paralel gelişimi) göz önüne alındığında, teknik hiçbir zaman yaygın olarak benimsenmedi ve sonuçta ortaya çıkan hava görüntüleri nihayetinde bir merak olarak görüldü.

1907 yılında Dünyanın ilk quadcopter'i, mucit kardeşler Jacques ve Louis Bréguet tarafından bulundu ve Nobel Ödülü sahibi Profesör Charles Richet ile birlikte çalıştılar. Buluş heyecan verici olsa da, dezavantajları vardı: tasarımın ağır olması dengesiz ve dolayısıyla pratik olmadığı kanıtlanmasına rağmen, kalkışları başardılar gibi Tasarımın. Bugün sahip olduğumuz quadcopterlerin temeli atıldı.

Birinci Dünya Savaşı sırasında "Kettering Bug" olarak adlandırılan Kettering Aerial Torpedo, 4 silindirli bir motorla çalışan ve jiroskoplar, bir barometre ve mekanik bir kumanda tarafından yönlendirilen küçük bir çift kanatlı İHA'ydı. 1918 yılında geliştirilen, 75 mil, ancak geniş çapta denenmesine rağmen, pratik mücadelede asla kullanılmadı. 1930'larda, İngiliz Kraliyet Donanması ilkel, radyo kontrollü bir İHA geliştirdi: Kraliçe Arı . Kraliçe Arı ileride tekrar kullanmak üzere indirebilir ve 100 km / saat hıza ulaşabilir. Yine de, saldırı amaçlı kullanmak yerine, Kraliçe Arı, öncelikle İngiliz pilotlar için hava hedefi antrenmanı olarak kullanıldı. [4]

II. Dünya Savaşı sırasında Naziler, düşman hedeflere karşı kullanılmak için bir İHA geliştirdi. V-1 olarak bilinen insansız bir uçan bomba olan Revenge Weapon 1 yaklaşık 500 mil / saat hıza ulaşabildi, 2.000 pound (907 kilogram) patlayıcıya ulaşabildi ve daha önce 150 mil (241 kilometre) yol alabildi. Mühimmatını serbest bırakmak için Kanat açıklığı yaklaşık 20 fit (6 m) idi ve yaklaşık 25 fit (7.6 m) uzunluğundaydı. İngiltere'deki kasaba ve şehirlerde, V-1 900'den fazla sivil ölümden ve 35.000 yaralı sivilden sorumluydu.

İkinci Dünya sırasında Japonlar tarafından geliştirilen Fu-Go Balonları İlk gerçek kıtalararası silah sistemi olan Japonya'nın "Fu-Go" ("Ateş" anlamına gelen) balonları, 30 fit çapındaki hidrojen dolgulu balonlardır. Her biri 32 kağıt kum torbası, iki yangın kesici alet, bir küçük bomba ve bir yükseklik düzenleme mekanizması taşıdı. Amerikan kıyılarına gönderildi.

1960'larda ve 70'lerde, Amerika Birleşik Devletleri , bir uçak uçağından başlatılan ve bu uçaktaki operatörler tarafından kontrol edilen bir İHA olan AQM-34 Ryan Firebee'yi kullanarak 34.000'den fazla izleme uçuşu gerçekleştirdi . ABD ayrıca, Çin ve

Vietnam'daki görevler için havadan C-130'lardan salınan Yıldırım Böcekleri adı verilen İHA'ları kullandı . Üreticiden mühendisler uçağı bir joystick kumandasıyla çalıştırdılar. 1970'lerin sonlarında ve 80'lerde, İsrail geliştirilen Scout ve Pioneer bugün kullanımda İHA'lara esin kaynağı oldu, planör tipi modeli geçiş eğilimi, araziye 360 derecelik görüşle canlı olarak kaydetme ve video ile iletme kabiliyetiyle dikkat çekiciydi. Bu İHA'ların küçük boyutları, üretim maliyetleri ucuz ve düşürülmesi zor hale getirdi. Daha sonra 1990'lı yıllarda İsrail yapımı Heron ve ABD yapımı GNAT modelleriyle iha teknolojisinde ilerlediler. [1]

Türkiye İnsansız Hava Aracı çalışmalarına 2000'li yıllarda başladı, ilk mini İHA'yı 2007 yılında yaptı, İlk İnsansız Hava Aracı Anka'yı 2010 yılında üretti, 2014 yılında Bayraktar TB2 geliştirildi, daha sonra 2015 yılında Anka-s Sıllahlı İnsansız hava aracı üretildi, ağustos 2016'da göreve başlayan Bayraktar TB2 siha göreve başladı, 2017'de testlerini yapan Vestel'in Sihası Karayel çalışmaları devam etmektedir.

Geçtiğimiz yüzyılda malzeme, aerodinamik, yakıt teknolojileri gibi bilimsel ve teknik gelişmelerin kendini gösterdiği alan otomotivdi. Özel lastik malzemeler, değişik aydınlatma özellikleri olan farlar, yol tutuşunu eniyileyen aerodinamik tasarım gibi uzun yıllar süren Ar-Ge çalışmalarının bir üründe vücut bulduğu sektördü otomotiv. Yeni yüzyılın teknoloji arenasını ise geçtiğimiz yüzyılda ivmelenen İHA çalışmaları oldu. Malzeme, elektronik, aerodinamik, kontrol yazılımları, ergonomialanlarındaki en son gelişmeler bir İHA Sistemi'nin bileşenlerinde kendilerine yer buldu. Birbirinden oldukça farklı teknolojilerin, farklı bilimlerden beslenen bu “ürün”de buluşmasının temelinde görevi gerçekleştiren en az bir hava aracı, hava aracının kontrol edildiği komuta/kontrol birimi ve bu iki birim arasında haberleşmeyi sağlayan veri bağına bir “sistemler sistemi” oluşturması yatar. Kendi içlerinde her biri ayrı birer sistem olan bu bileşenlerin karmaşıklığını yapacakları göreve göre işletimsel ve yönetsel bağımsızlıkları, farklı ölçütlere uygun sınıflandırmaları ve birbirlerine bağımlılıkları gibi çeşitli özellikler belirlemektedir. Bir İHA Sistemi ve bileşenleri, şehir veya belde birimlerine bölünmüş ülkelerin toplantılar, yazışmalar ve anlaşmalar gibi haberleşme ve bilgi ağlarıyla oluşturdukları devletler topluluklarına benzer bir sistemler sistemidir. NATO ve OECD gibi organizasyonların farklı amaçları hedeflemesi gibi, İHA Sistemleri de farklı amaçlara hizmet için tasarlanır ve üretilir.

Geliştirilen İHA Sistemlerini farklı şekillerde sınıflandırmak mümkündür. Sıklıkla karşılaşılan biryaklaşım, havada kalış süresinin ve görev yapılan irtifanın baz alındığı sınıflandırmadır. Böyle bir sınıflandırmada öncelikli belirleyici görev irtifasıdır. Bu irtifaya tırmanma süresi ve görev süresi toplam havada kalış süresini, bu süre de gerekli olan yakıt miktarını belirler. İrtifa ve görev süresi arttıkça, yakıt tüketimindeki artışa bağlı olarak hava aracının kalkış ağırlığı da artar. Bu sınıflandırma yaklaşımı farklı kaynak ve kurumlar tarafından farklı şekillerde ele alınabilir. Yaygın bir sınıflandırmada azami havada kalış süresi ile uçuş irtifası ilişkilendirilir ve İHA Sistemleri Mini, Taktik, Operatif ve Stratejik ana gruplarına ayrılır. İrtifa, erim ve havada kalış süresinin baz alındığı bir başka yaklaşımda ise 1500 kg'dan hafif, erimi 500 km'ye ulaşabilen, havada kalış süresi 48 saate kadar uzayabilen, 14.000 m (46.000ft) irtifaya kadar görev yapabilen sistemlere Taktik Sistemler; İHA'lara duyulan ihtiyaç, sıkıcı, tehlikeli ve kirli olarak nitelendirilen görev senaryolarından insanı uzaklaştırma isteği ile ortaya çıkmıştır. Böylece insan faktörü görevlerde kokpitten çıkartılıp -kimi zaman faydalı yük operatörü eşliğinde- yer, deniz veya havada konuşlandırılmış komuta/kontrol birimlerine taşınmıştır. İHA Sistemi'ne uçuş anında veya öncesinde yüklenen-yaptırılan; hedef, tehdit, arazi, havasahası gibi unsur ve kısıtları kapsayan faydalı yük ve sistem işlevlerinin bütünü görev olarak tanımlanabilir. daha yüksek irtifa ve erim değerlerinde görev yapabilen, havada kalış süresi 48 saati aşabilen sistemlere Stratejik Sistemler adı verilir. Bu ana gruplar yeteneklerine göre alt sınıflara bölünür. Bu yaklaşımda Taktik ve Stratejik Sistemler altında değerlendirilmeyen özel görevlere sahip İHA'lar İnsansız Savaş Uçağı, Öldürücü İHA, Yanıltıcı İHA gibi isimler alırlar. Bu sınıflandırmada esas alınan değer sınırları değişik kaynaklarda çeşitlilik gösterebilir. Sınıflandırma yaklaşımında nicel yerine nitel temellerin kullanımı, aynı kavramın belirtilmek istendiği farklı ifadeler arası uyumsuzlukları gidermeye yardımcı olabilir. Sistem kabiliyetlerinin nitel olarak değerlendirildiği bir başka sınıflandırma sisteminde, İHA'ların yaptıkları görevler ayırt edici özellik olarak tanımlanır. Pilot/operatörün yönetiminde veya otonom olarak işletilen ve göreve göre taşınan faydalı yük, görev süresi ve yakıt miktarıyla birlikte hava aracının kalkış ağırlığına etki eder. Bu sınıflandırmada görevler öncelikle sivil ve askeri olarak temel iki gruba ayrılır. (Gözcü (TUSAŞ) Bilim ve Teknik Aralık 2010) [6]

- MAV (Mikro İHA): 10km'ye kadar menzile ve yaklaşık 1 saatlik uçuş süresine sahiptirler.

gözetimde kullanılması düşünülmektedir [7].

Otonom kullanım: İHA'nın bütün iniş-kalkış ve seyrüseferinin insan müdahalesi olmadan yapabilmesidir [8].

İmge işleme: Görüntü işleme herhangi bir yerden alınan ya da kaydedilmiş dijital görüntüleri, bilgisayar ortamında amacımıza uygun olarak işleyerek faydalı bilgiler çıkartmaya denir [9].

Aerodinamik yapı: Kanat ve gövde elemanları modüler olarak tasarlanacaktır ve en uygun kanat yapısı seçilecektir[10]

Yukardaki bilgiler ışığında gerçekleştirdiğimiz İHA Taktik amaçlı kullanılan MALE sınıfı Orta irtifada kullanılmaya müsait otonom ve manuel olarak kullanılabilen amacımız olan bölgesel denetim için anlık görüntü aktarımı yapan bir İHA'dır. Görüntü işleme işlemi İHA'mız yere indikten sonra görüntülerimizle yapılmaktadır. Anlık görüntü işleme özelliği bulunmamaktadır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Problem Durumu

Bu tezde sunulan İHA'nın becerilerine sahip İHA imalatı ülkemizde çok yenidir. Bu çalışma ile ülkemiz sanayi bölgelerinin büyük işletmelerin, askeri tesislerin, sınır hattının, büyük hastanelerin ihtiyacı olan bir İHA sunulmuştur.

Ülkemizdeki sanayi bölgeleri ve büyük işletmelerin denetimi EGM (Emniyet Genel Müdürlüğü), şehir merkezinde değilse Jandarma ekiplerince veya bağlı bulunan sanayi bölgesinin ekiplerince devriyeler atarak yürütülmektedir. Mevcut sistemde EGM ekipleri kara araçları ve helikopter ile inceleme yapmakta ve helikopter gerek yakıtının pahalılığı helikopterin maliyet olarak çok yüksek olması pilot ve özel eğitilmiş personel gerektirmesi iniş kalkış için özel alanlara ihtiyaç duyması bakım maliyetlerinin yüksek olması bakımından İHA ile kıyaslandığında oldukça dezavantajlıdır, İHA ise yakıt maliyeti açısından oldukça uygun içerisinde özel eğitilmiş personel pilot gerektirmeyen yer istasyonundaki uzman personel tarafından birden fazla İHA'nın kontrolüne imkân sağlayan iniş kalkış için özel alana ihtiyaç duymaması bakımından oldukça avantajlıdır. Şu an EGM ekipleri ve sanayi bölgesi güvenlikleri halktan gelen şikâyetler neticesinde bölgedeki sorunların giderilmesi sağlamaktadır.

Bu tez ile sunulan İHA ile havadan alınmış görüntüler yer istasyonuna anlık olarak aktarılmıştır ve mevcut aksaklıklar koordinatları ile beraber ilgili güvenlik birimine itfaiye ambulans vs. birimlerine İHA yer istasyonu pilotu ile iletilmiştir. Bu sayede kısa sürede bölgesel denetim sağlanmıştır. Sonuç olarak zamandan ve denetim maliyetlerinden büyük tasarruf sağlanmıştır, Helikopter yerine İHA ya da İHA topluluğu kullanımı, maliyetleri çok düşürecektir, Güvenliği düzenlemek için yapılan

harcamalar düşeceği için ulusal ekonomiye katkı büyük olup can ve mal kaybı azalacaktır.

Askeri tesislerin güvenlik ihtiyacının sağlanması genel olarak insan gücü ile sağlanmakta olup kritik noktalarda bulunan karakollar, hudut istasyonlarında bulunan askerlerin can güvenliğinin sağlanması önem arz etmektedir. Bu gibi askeri tesislerin güvenliğinde insanla birlikte teknolojinin kullanılması olaya zamanında etkin çözüm bulmayı sağlayacaktır. Çalışmamızın bir diğer amacı da askeri tesislerin üzerinde bölgesel güvenliği sağlamaktır, Bu görevi otomatik pilot modunda otonom olarak belirlenen rotada devriye görevini yapacak yer istasyonuna anlık görüntü aktaracak üzerindeki sensörlerle yer istasyonunda değişiklikler takip edilebilmiştir. Şu an askeri tesislerde İHA kullanılmakta olup bizim tezimizde bu alana katkı amaçlıdır.

Aynı şekilde sınır hattında devriye görevi yapan İHA hem canlı güvenliğini sağlayacak, hem de gözükmeden görevini yapacaktır. Çalışma mantığında otonom uçuş ile belirttiğimiz rotada gidecek, canlı algılayan sensörler vasıtasıyla olası ihlali yerde devriye görevi yapan ekiplere bildirerek olaylara yerinde etkin müdahale imkanı sağlamıştır.

Askeri tesislerin güvenlik ihtiyacının sağlanması genel olarak insan gücü ile sağlanmakta olup kritik noktalarda bulunan karakollar, hudut istasyonlarında bulunan askerlerin can güvenliğinin sağlanması önem arz etmektedir. Bu gibi askeri tesislerin güvenliğinde insanla birlikte teknolojinin kullanılması olaya zamanında etkin çözüm sağlamıştır.

1.2. Araştırmanın Amacı

Ülkemizde ve dünya insansız hava araçları üzerine yapılan araştırmalar hızla artmaktadır. Günümüze kadar yapılmış çalışmaların büyük çoğunluğu askeri amaçlar için kullanılacak İHA'lar üretilmiştir. Sivil uygulamalar için yapılan çalışmalar günden güne artmaktadır. Tez konusu ülkemizde ve dünyadaki sanayi tesisleri organize sanayiler büyük tesislerin güvenlik amaçlı denetimini yapacak bir İHA gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen tez konusu İHA ile ülkemizin ihtiyacı olan bir İHA kazandırılmış olup gerekli imalat teknolojileri sağlandığında seri üretim yapılarak yurtiçi ve yurt dışına satışı gerçekleştirilecektir. Yapılan sivil amaçlı İHA'ların yeni bir alanda kullanımı sağlanacak ve araştırmacılar açısından ufuk açıcı bir İHA olacaktır. Bu sayede liteartüre katkı sağlanmış olacaktır.

1.3. Araştırmanın Önemi

İHA kullanım amaç ve miktarının büyük bir hızla arttığı günümüzde, bahsi geçen sistemlere ilgi de katlanarak artmaktadır. Bunun bir sonucu olarak ilgili alanda son yirmi yılda birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazıları incelenecek olursa;

Genç ve diğerleri, düz flaplı NACA0012 kanat tipi kullanılan uçaklarda aerodinamik yapıyı incelemişlerdir. Flap kullanımının uçak aerodinamik performansını 15 derecelik hücum açısına kadar arttırdığı sonucuna varmışlardır [11].

Karagöz “Mini İnsansız Hava Aracı Tasarımı ve Üretimi” isimli çalışmasında harbiyelilerin katılabildiği “Tasarla – Yap – Uçur” (TYU) yarışmasına rehberlik edebilecek bir çalışma oluşturmayı amaçlamıştır. Bu kapsamda mini bir İHA tasarlayıp hesaplamalarını yapmıştır. Bu aşamalardan sonra İHA'nın üretimini de gerçekleştirerek başarı ile uçurmuştur [12].

Kerimoğlu “Sabit Kanatlı Bir İnsansız Hava Aracı İçin Düşük Bütçeli Otopilot Sistemi Tasarımı” isimli çalışmasında İHA'lar için bir otomatik kontrol sistemi geliştirmeyi amaçlamıştır. Çeşitli sorunlarla karşılaşmasına rağmen tasarladığı sistem ile İHA'nın kontrolü için gerekli ölçümleri standarttan çok daha düşük maliyetlerle yapabilmıştır [13].

Dereli'nin “Turaç İnsansız Hava Aracının Yapısal Modelinin Hazırlanması ve Analizlerinin Yapılması” adlı SANTEZ tarafından desteklenen projesinde Turaç isimli hem yatay hem de dikey kalkış özelliğine sahip İHA'nın tasarımı ve üretimini gerçekleştirmiştir. Malzeme olarak günümüzde başta havacılık ve uzay olmak üzere birçok alanda kullanılan kompozit (karbon – elyaf) malzeme seçmiştir. Çeşitli statik ve akışkan analizleri yaparak uçağın uçabilirliğini ve kararlılığını kontrol etmiştir [14].

Kaya, “Hidrojen Kullanan Turbofanlı Bir İnsansız Hava Aracının Ekserjetik Sürdürülebilirlik Analizi” isimli tezinde MATLAB üzerinden özgün bir yazılım geliştirerek yüksek irtifa ve güce sahip tek turbofan motorlu bir İHA’nın % 0 – 100 yakıt depolama oranlarıyla ısı geri kazanımlı ve ısı geri kazanımsız olarak ekserjik analizlerini yapmıştır. Böylece itki gücü, yakıt tüketimi, uçuş süresi gibi parametrelerde iyileşme sağlamayı hedeflemiştir. Uçak yakıtı olarak kullanılan kerozen ile hidrojenin karşılaştırmasını yapmıştır. Elde ettiği sonuçlara göre; hidrojen daha az yakıt miktarı ile daha fazla uçuş süresi sağlamaktadır. Buna karşın İHA’nın maksimum irtifası olan 16 km yüksekliklere günümüz depolama teknolojileri ile ulaşması mümkün değildir. Yakıt sistemi farklarından dolayı hidrojen kullanan turbofanlı İHA, kerozen kullanılan muadiline göre daha ağırdır. Bu da maksimum irtifaya çıkış süresini uzatmaktadır. Buna karşın ekserjik ve çevresel açıdan hidrojen yakıtı kerozene göre çok daha üstündür [15].

Gülbahar “Karayel İnsansız Hava Aracının Statik Ve Dinamik Analizleri” isimli çalışmada Vestel Savunma tarafından geliştirilen “Karayel İnsansız Hava Aracı” ’nın tasarımının bir kısmını, sonlu elemanlar modeli (SEM) ile oluşturulan modelin analiz ve test çalışmalarını, elde edilen sonuçların deneysel veriler ile karşılaştırılmasını incelemiştir. Yapılan analizler sonucunda aracın yeterince dayanıklı ve uçuşa uygun olduğu sonucuna varılmıştır [16].

Köse “ İnsansız Hava Aracında Kuyruk Konisinin Optimizasyonu” adlı tezinde CAD programı yardımıyla farklı kuyruk konileri tasarlamıştır. Daha sonra tasarlanan kuyruk konilerinin analizlerini yapmış ve konik tip kuyruk konisinin insansız hava araçları için en uygun kuyruk konisi tipi olduğu sonucuna varmıştır [17].

İnsansız hava aracı (İHA) sistemleri hem sivil hemde askerî alanda, insan kaybı ve insandan kaynaklanan hata olmadan etkin olarak kullanılan en modern sistemlerden biridir. İHA, askeri uygulamaların yanı sıra tarım arazisinin izlenmesinde, doğal afetlerde, çeşitli spor faaliyetlerinin izlenmesi, trafik denetimi, kaçak yapılaşma durumun gözlenmesi gibi birçok sivil uygulama İHA’lar ile hızlı ve güvenli olarak sağlamaktadır [18].

Elektronik ve iletişim sistemlerinde yaşanan gelişmeler İHA’ların hızlı bir şekilde gelişmesini sağlamıştır. İHA’nın kullanım alanının artacağı ve her geçen gün insanın

hayatını kolaylaştıracağı tahmin edilmektedir. İnsanlar için yapılması zor, maliyetli ve hayati riskler taşıyan görev ve işlerde İHA'ların kullanılması maliyet ve kullanılabilirlik bakımından daha uygundur. İHA terimi çok genel bir ifade ile, bir pilot tarafından kumanda edilmeyen, önceden belirlenmiş bir rotada ya da uzaktan kontrol edilerek uçan sabit ya da döner kanatlı hava araçlarını tanımlar. İHA'ların, güdümlü füze sistemlerinden farkı ise, görevden sonra iniş yaparak tekrar kullanılabilmesidir [19].

Kullanım alanlarına göre elektrikli ve yakıtlı olan bu araçların boyları bir böcek kadar küçük olabileceği gibi binlerce kilografa çıkabilecek kadar büyük olabilmektedir. İHA sistemlerinin sınıflandırılmasında farklı kriterler kullanılmaktadır.

Yukardaki literatür taraması sonucu tezimiz geliştirilmiş olup bölgesel güvenliğin sağlanması için etkin çözüm ihtiyacını karşılayan bir İHA'ya değinilecektir. Bu İHA'yı diğer İHA'lardan ayıran özellik belirlenen rotada uzun süre etkin bir şekilde görevini gerçekleştirmesidir.. Bunun getirdiği katkı İhamız amaca göre sadece bölge denetimi değil farklı olasılıklara karşı sensör alt sistemleri yerleştirildiğinde güvenlik amaçlı, toplumsal olaylarda görüntü işleme sistemleriyle entegre edilip önleyici müdahale etme amaçlıda kullanılabilir. Ayrıca gelişime açık olan tarafı görüntü işleme ve sensörler eklendiğinde sanayi bölgesi ise trafikteki yol durumu, trafik yoğunluğu, yol kusurları, trafik kaza bilgisi, yol üzerinde bulunan trafik akışını engelleyici cisim tespiti (heyelan, çığ vb.), trafik kazası olan yere ne tür yardım sevk edilmesi gerektiği, mahsur kalan araçların tespiti, ayrıca toplumsal olaylarda emniyet güçlerine yardımcı olacak hızlı ve kararlı görüntü bilgi alınması sağlanacaktır. Tasarladığımız İHA MALE sınıfı İHA olduğu için irtifası kısıtlıdır. Üzerinde çalışma yapılarak gelişime açık konumdadır [20].

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Tasarım Gereksinimlerinin Belirlenmesi

Tasarım gereksinimlerini belirlemek amacıyla, benzer görevler için önceden tasarlanıp üretilen 21 adet insansız hava aracının (Rq-11raven, Wasp3, Wasp AE, Puma AE, Aladin, Bird Eye 400, Bayraktar, Sinus, Sky Blade III, Cabure 2, AI-Solo, AI-Multi, Aurora Integrated Sytems, Aero Hawk, 84-RZ, Kahu, Zala 421-08, Irkut-3, Victor MK3, DesertHawk3, Globiha, Super Swiper) Uzunluğu, Kanat Açıklığı, Ağırlığı, Servis İrtifası, Seyir Hızı Uçuş irtifası bilgileri değerlendirildi ve ortalaması alındı.. Değerlendirme sonucunda araçlar yaklaşık olarak ortalama değerleri 3 kg, kanat açıklığı 2 m, uçuş süresi 77 dakika, faydalı yükü ise 600 gr olarak hesaplanmıştır. İHA'ların hemen hepsi fırlatma mekanizmasından atılarak yada yerden kalkış yapan ve elektrik motoru ile çalışan insansız hava araçlarıdır. Tezde amaçladığımız İHA özellikleri bu doğrultuda olacaktır.

İHA teknik özellikleri;

- Araç fırlatma mekanizmasından yada yerden kalkış yapacaktır.
- Aracın toplam kütlesi maksimum 3 kg olabilir.
- Kanat açıklığı maksimum 2 m olabilir.
- Uçuş süresinde amaçlanan 1-1.5 saattir.

İHA'nın uçuşunu optimum hale getirmek için skor denklemleri değerlendirildi ve parametrelerin önem derecesi belirlendi. Bölgesel denetim amaçlı iha için gerekli olan şartlar kısıtlamalar ve pratikteki uygulanabilirlik göz önünde bulundurularak skor gereksinimleri tasarım gereksinimlerine dönüştürüldü.

Tablo 2.1. Görev Gereksinimlerinin Tasarım Gereksinimlerine Dönüştürülmesi[26]

Görev Gereksinimleri	Tasarım Gereksinimleri
Minimum Boş Ağırlık	Verimli Yapı, Optimize Edilmiş İtici Sistemleri
Minimum Görev Uçuş Süresi	Maksimum Uçuş Hızı
Maksimum Kamera Taşıma Süresi	Maksimum Süzülme
Araç elden yada yerden kalkış yapacaktır	Uygun İniş Takımı Seçimi

2.2. Tasarım Seçenekleri

Bu süreç farklı tasarımları inceleyip analiz ederek tasarım ve kullanım amacımız için en ideal seçeneği bulup seçmek içindir. Farklı konseptleri analiz etmek için öncelikle literatür taraması yapıldı. 21 adet İHA araştırıldı, seçenekler belirlenerek örnek uzay oluşturuldu. Seçim sürecinde en etkili konfigürasyonu bulmak için FoM (Liyakat Tablosu) tablolarından yararlanıldı. FoM tablolardaki puanlandırma 1=Başarılı, 0=Nötr, -1=Başarısız şeklindedir. İHA tasarımında alternatiflerimiz üçe indirilerek seçim kolaylığı sağlanmıştır. Aşağıda bu konuyla ilgili her bir seçim için detaylı değerlendirmeler bulunmaktadır

2.2.1. Konveksiyonel

Yaygın tercih edilen konfigürasyondur. Tasarım ve imalat kolaylığı açısından en başarılı modeldir ancak kontrol yüzeylerinde servolar çok amaçlı olarak kullanılamaz. Tasarımımızda sürüklenme açısından gövde negatif etki oluşturmaktadır.

2.2.2. Çift Kanatlı (Biplane)

Bu tasarım tipi kanat alanını artırır ve kanat açıklığını azaltır. birbirini üzerinde istiflenen. İlk motorlu kontrollü uçak tipidir. Buna rağmen eklenen yüzeyler sürüklenme ve ağırlığı arttırmaktadır. Bu yapılandırmanın en büyük dezavantajı fazla yük taşıyamamasıdır.

2.2.3. Delta Kanat

Delta kanat, üçgen şeklindeki kanatlara verilen isimdir. Delta ismi Yunan harfi delta'nın (Δ) büyük yazılımından gelir. Kontrol edilebilirliği yüksektir. Bu tasarımın en büyük dezavantajı kararlılığı azaltmasıdır. [25]

Yapılan değerlendirmeler neticesinde tercih ettiğimiz kanat yapısı:

Uçağımızda üstten kanatlı yapı tercih edilmiştir .Tasarımın taşıyacağı şeyin kamera olması ve uoğımızın havada stabil durması önemli olduğu için yani kamera taşınması olması nedeniyle hem de kanatlara, gerektiğinde eklenecek sensör paketleri konumlandırarak yapıyı karmaşıktırmamak adına üstten kanatlı model seçilmemiştir. Ortadan kanatlı modelin ise imalatının zor olması nedeniyle tercih edilmemiştir.

Tablo 2.2. Konfigürasyon Seçenekleri Örnek Uzayı[21]

Bileşenler	Seçenekler		
Kanat Düzeni	Konveksiyonel	Biplane	Uçan Kanat
Kanat Yeri	Ustten Kanat	Ortadan Kanat	Altıtan kanat
Kuyruk Şekli	V Kuyruk	T Kuyruk	Konveksiyonel Kuyruk
İniş Takımı	Kuyruktan Tekerli	Burundan Tekerli	Tandem
Yük Yeri	Kanat Altı	Gövde Altı	Gövde İçi
Yük Dizilişi	Yan Yana	Onlü Arkalı	Ust Uste
Pervane - Motor Yeri	Çekici Pervane	İtici Pervane	Kanatta Pervane çift

Kanatların yerlerinin belirlenmesinde uçağın ağırlığı, kontrol edilebilirlik, üretilebilirlik, sürüklenme, aerodinamik parametreleri dikkate alındı. Hava aracı tasarımcıları, araçlarının daha hızlı olması, daha uzağa, daha yükseğe gidebilmesi ve daha kolay kontrol edilebilir olması için çok uğraştılar. Bunu sağlamak için kanat seçimi büyük önem taşımaktadır. Bu tezde üst, orta ve alt konumlu kanatlar incelenmiştir.

2.2.4. Üstten Kanat

Tablo 2.3. Üstten Kanat Konfigürasyonu Karşılaştırma Tablosu

Performans Değerlikleri	Yüzdelik Faktör	 Konveksiyonel	 Biplane	 Uçan kanat
Ağırlık	50	0	-1	0
Sürüklenme	20	0	-1	1
Üretilebilirlik	20	1	-1	0
Kontrol Edilebilirlik	10	1	1	0
Toplam	100	30	-90	20

Güvenli ve istikrarlı uçuşlar için tercih edilen geleneksel seçimdir. Bu sebeple kargo ve yük taşıma uçakları bu yapıdadır. Kanat gövde birleşimi dar olduğu için daha fazla kaldırma üretir. Birçok pozitif özelliğine rağmen üstten kanat modellerde kalkış mesafesi uzun olması ve alttan kanatlı modele göre daha ağır olması dezavantajlarındandır. Üstten kanat konfigürasyonu için avantaj ve dezavantajları belirten tablo Tablo 2.4 gösterilmiştir. [25]

Tablo 2. 4. Üstten Kanat Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu

Avantajları	Dezavantajları
Stabilitesi yüksektir.	Kısa mesafeden kalkışa uygun değildir.
Yüksek taşıma sağlar.	Yanal kontrol zayıftır.
Uçağın etrafında pozitif yunuslama momenti sağlar.	Kanada iniş takımı yerleştirmek zordur.
Gövde altı tasarım olanakları geniştir.	Daha çok indüklenmiş draga maruz kalır

2.2.5. Ortadan Kanat

Bu kanat tipi çok kullanılmaz bunun sebebi ise gövdeyi 2 ye bölmeye gerektirir. Ya da 2 parça halinde takılabilir ama bu da pek güvenli olmaz.. Bu yüzden sağlamlık için ek

sistemler gereklidir. Buda ağırlık getirecektir. Ortadan kanat konfigürasyonu için avantaj ve dezavantajları belirten Tablo 2.5’de gösterilmiştir. [25]

Tablo 2.5. Ortadan Kanat Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu

Performans Değerlikleri	Yüzdelik Faktör			
		Üstten	Ortadan	Altan
Ağırlık	25	0	0	0
Kontrol Edilebilirlik	20	1	0	-1
Üretilebilirlik	15	1	0	0
Sürüklenme	10	1	1	0
Aerodinamik	30	0	1	0
Toplam	100	45	40	-20

2.2.6. Altan Kanat

Günümüzde en çok kullanılan kanat tiplerinden biridir. Suanki yolcu uçaklarının neredeyse tamamında görülür. Avantajları diğer kanat tiplerine göre. İniş takımları kanatlara da takılır. İniş takımları acilmediği takdirde yoku kanatlarda üstenerak gövdeyi rahatlatır. İniş takımının boyutunu ve dolayısıyla ağırlığını düşürür. Üstten kanat konfigürasyonunu göre daha hafiftir. Akrobasi uçaklarında kullanılan konfigürasyon çeşitidir. Yüksek manevra kabiliyetine sahiptir. Altan kanat konfigürasyonu için avantaj ve dezavantajları belirten Tablo 2.6’da gösterilmiştir.

Gövdenin büyük bir kısmına yayılabilir. Bu sebeple de kanada istenildiği kadar sivrilik verilerek kenar girdaplarının tesiri asgariye indirilebilir. Böylece kanadın verimliliği artırılabilir. [25]

Tablo 2.6. Kanat Konumu Konfigürasyonu FoM Tablosu [31]

Avantajları	Dezavantajları
Akım ayrılması ve sürüklenme açısından alttan ve üstten kanada göre avantajlıdır.*	Güçlendirici bileşene ihtiyacı olduğundan daha ağır bir yapıya sahiptir.
Dönüş stabilitesi yüksektir.	Gövde içi hacmi azaltır.
Sürüklenmesi düşüktür.	
Aerodinamik açıdan iyidir.	

2.3. Kuyruk Konfigürasyonu

Kuyruk tasarım aşamasında, tasarım öncelikleri doğrultusunda konfigürasyon seçimleri gerçekleştirilmiştir. Bu raporda V kuyruk, T kuyruk, konveksiyonel kuyruk konfigürasyonları incelenmiştir.

2.3.1. V Kuyruk

Yatak ve dikey stabilizatör birleşmesiyle oluşan kuyruk çeşitidir. Stabilitesi ve kontrol edilebilirliği düşüktür çünkü kontrol yüzeyi azdır. Üretimi zordur. V kuyruk drag kuvvetini azaltacak şekilde tasarlanmıştır. Bunun sebebi iki kuyruğun üç kuyruktan daha az drag kuvveti oluşturmamasıdır. Pratikte sadece iki kanat kullanımı üç kanatlılara göre kuyruk tasarımını daha büyük yapacaktır ve bu da drag kuvvetini artırır. Dolayısıyla V kuyruğun drag kuvvetine olan etkisi nötrlenmiştir. Hafiftir. V kuyruk konfigürasyonu için avantaj ve dezavantajları belirten tablo Tablo 2.7’de gösterilmiştir. [25]

Tablo 2.7. V Kuyruk Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu[26]

Avantajları	Dezavantajları
Stabilitesi yüksektir.	Kısa mesafeden kalkışa uygun değildir.
Yüksek taşıma sağlar.	Yanal kontrol zayıftır.
İHA'nın etrafında pozitif yunuslama momenti sağlar.	Kanada iniş takımı yerleştirmek zordur.
Gövde altı tasarım olanakları geniştir.	Daha çok indüklenmiş draga maruz kalır

2.3.2. T Kuyruk

T kuyruk dikey kuyruğun kendisini taşımasını gerektirdiği için dikey kuyruğun yapısal olarak daha sağlam ve ağır olmasını gerektirir. T kuyruğun önemli bir dezavantajı daha vardır. Derin stall adı verilen bu durum yüksek hücum açılarında kuyruktaki kontrol yüzeyi olan elevatorün kanadın etkisinde kalmasıyla oluşur. Elevator kanadın etkisinde kaldığı için uçak yönlendirilemez [9]. Kontrol yüzeylerinin efektif kullanılmasına imkan sağlar. İndüklenmiş sürüklenmesi düşüktür. T kuyruk konfigürasyonu için avantaj ve dezavantajları belirten tablo Tablo 2.8 'de gösterilmiştir.

Tablo 2.8. T Kuyruk Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu[21]

Avantajları	Dezavantajları
Stabilitesi yüksektir.	Kısa mesafeden kalkışa uygun değildir.
Yüksek taşıma sağlar.	Yanal kontrol zayıftır.
Uçağın etrafında pozitif yunuslama momenti sağlar.	Kanada iniş takımı yerleştirmek zordur.
Gövde altı tasarım olanakları geniştir.	Daha çok indüklenmiş draga maruz kalır

2.3.3. Konveksiyonel Kuyruk

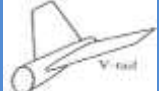
Bu kuyruk yapısı en sık tercih edilen kuyruk çeşitidir. Ağırlığına kıyasla maksimum stabilitesi ve kontrol edilebilirlik sağlar. Düşük hızlı uçaklar için uygundur. Konveksiyonel kuyruk konfigürasyonu için avantaj ve dezavantajları belirten Tablo 2.9'da gösterilmiştir.

Tablo 2.9. Konveksiyonel Kuyruk Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu[21]

Avantajları	Dezavantajları
Stabilitesi yüksektir.	Kısa mesafeden kalkışa uygun değildir.
Yüksek taşıma sağlar.	Yanal kontrol zayıftır.
Uçağın etrafında pozitif yunuslama momenti sağlar.	Kanada iniş takımı yerleştirmek zordur.
Gövde altı tasarım olanakları geniştir.	Daha çok indüklenmiş draga maruz kalır

Ağırlık, kontrol edilebilirlik, üretilebilirlik, sürüklenme, aerodinamik parametreleri incelendikten sonra “Konveksiyonel Kuyruk” konfigürasyonunun en uygun olduğu kararlaştırılmıştır. [25]

Tablo 2.10. Kuyruk Konfigürasyonu FoM Tablosu

Performans Değerlikleri	Yüzdelik Faktör	 V Kuyruk	 T Kuyruk	 Konveksiyonel
Ağırlık	30	0	0	1
Kontrol Edilebilirlik	15	0	0	0
Üretilebilirlik	15	-1	-1	1
Sürüklenme	10	1	1	1
Aerodinamik	30	0	0	0
Toplam	100	-5	-5	55

Tablo 2.11. Kuyruktan Tekerli Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu

Avantajları	Dezavantajları
Düşük sürüklenme ve ağırlık kuvveti sağlar.	Taxi sırasında stabilitesi düşüktür.
Pürüzlü yüzeylerde kontrolü kolaydır.	İnişi zordur
Kalkış sırasında kuyruğun yere çarpma ihtimali düşüktür.	Nose-up hit olasılığı yüksektir.
Kalkışta daha çok taşıma kuvveti sağlar.	

2.4. İniş Takimi Konfigürasyonu

2.4.1. Kuyruktan Tekerli (Taildragger)

Önde iki büyük, kuyrukta bir küçük tekerlekten oluşur. Arka tekerlek daha küçük olduğundan diğer üç tekerlekli uçaklarla karşılaştırıldığında daha az sürtünme ve ağırlığa sahiptir. Kuyruktan tekerli uçağın burun kısmının daha yukarıda olmasını sağlar. Bu sayede daha iyi bir taşıma kuvveti oluşur. Ancak kararlılık düşüktür. İHA'nın inişi sırasında kontrolünü güçleştirir. Bunlara ek olarak burun yukarı inişlerde pervanenin zarar görmesine neden olabilir. Kuyruktan tekerli konfigürasyonu için avantaj ve dezavantajları kararlılık faktörünü etkilemektedir.

2.4.2. Burundan Tekerli (Tricycle)

Biri önde ikisi arkada olmak üzere aynı boyuttaki üç tekerlekten oluşur. Sivil havacılıkta yaygın olarak kullanılır. Diğer konfigürasyonlar kıyasla daha kontrollü bir iniş sağlar. Aynı boyutta olmayan üç tekerleğin oluşturduğu taildragger konfigürasyonuna göre daha fazla sürtünme ve ağırlığa sahiptir. Kord veteri yere paralel olduğundan hücum açısı çok azdır. [25] Tricycle konfigürasyonu için avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Tablo 2.12. Burundan Tekerli Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu[21]

Avantajları	Dezavantajları
Taxi sırasında stabilitesi yüksektir.	Sürüklenme ve ağırlık kuvveti fazladır.
İnişi kolaydır.	İniş mesafesi daha uzundur.
Nose-up hit olasılığı düşüktür.	Kuyruğun yere çarpma olasılığı yüksektir.

2.4.3. Tandem (Bicycle)

Genellikle dar gövdeli bombardıman uçaklarında ya da planörlerde tercih edilir. Oldukça esnek kanat yapısına olanak sağlarken kanatları zeminden korumak için kanat uçlarında küçük tekerleklerin kullanılmasını gerektirir. Tekerlek başına düşen iniş yükünü azaltmak amacı ile kullanılır. Tekerlek sayısının artması aerodimaği olumsuz etkilediği için sürüklenmeyi artırır. [25] Bicycle konfigürasyonu için avantaj ve dezavantajları belirten Tablo 2.14’te gösterilmiştir.

Tablo 2.13. Tandem Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu[21]

Avantajları	Dezavantajları
Taildragger ve tricycle konfigürasyonlarına göre daha az sürüklenme ve ağırlık kuvveti oluşturur.	Tekerleklerin sayısı aerodinamiği olumsuz etkiler.
Esnek kanat yapısına olanak sağlar.	

2.5. Kamera Ve Sensörlerin Konumlandırması

Bölgesel güvenlik görevi önemi göz önüne alındığında taşınacak kameranın ağırlık merkezi altında ve sensörlerinin kanat altında yük konfigürasyonu ve konumlandırılmasının uygun seçimi büyük önem arz etmektedir. Bu raporda üç çeşit yük konfigürasyonu ve üç çeşit konumlandırma seçeneği incelenmiştir.

Diğer konfigürasyonları inceleyip ve karşılaştırdıktan sonra, gövde altına yerleşimleri diğer seçenekler arasından en yüksek puanları alır. Analizde kullanılan FoM Tablo 2.14 ve Tablo 2.15 deki gibidir.

Konum, gimbal yerleşimi ve görüntü alma rahatlığı ve diğer konfigürasyonlara göre daha uygun yük dağılımı özellikleri nedeniyle gövde altına olarak seçilmiştir.

Tablo 2.14. Yük Konumlandırması FoM Tablosu, [21]

Performans Değerlikleri	Yüzdelik Faktör	Kanat Altına	Gövde İçine	Gövde Altına
Yük Dağılımı	50	-1	1	1
Sürüklenme	15	-1	1	-1
Kamera Görüşü	35	1	-1	1
Toplam	100	-30	30	70

Tablo 2.15. Yük Konfigürasyonu FoM Tablosu[21]

Performans Değerlikleri	Yüzdelik Faktör	Arka Arkaya	Yanyana	Üstüste
Ağırlık Merkezine Etki	20	0	-1	1
Sürüklenme	30	1	-1	0
Kapladığı Alan	50	0	0	1
Toplam	100	30	-50	70

2.6. Pervane ve Motor Konumu Konfigürasyonu

Uçağın gimbal kamerayı taşıyabilmesi için kanatlarında oluşan hava akımının belirli bir hıza ulaşması ve yeterli taşıma kuvvetinin üretilmesi gerekmektedir. Bu hususta seçilen motorun konumu oldukça önemlidir. Bu çekici, itici ve kanatta çift pervane konfigürasyonları incelenmiştir.

2.6.1. Önden Çekişli Pervane

Çekici pervane konfigürasyonu motor gövdenin ön tarafında bulunduğundan gövdenin kısaltılabilmesine imkan verir. Bu sayede kuyruk boyutu daha küçük yapılandırılabilir. Stabilitate artar. Motor soğutması için ek sistemler gerekmemesi ve

gövde boyutunun küçük olması ağırlığı azaltan etkenlerdendir. Çekici pervane konfigürasyonu için avantaj ve dezavantajları belirten tablo Tablo.18’de gösterilmiştir.[25]

Tablo 2.16. Önden Çekişli Pervane Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu[21]

Avantajları	Dezavantajları
Gövdenin kısa olmasına olanak sağlar.	Kanatlar pervanenin yarattığı türbülanslı hava etkisinde kalarak taşımanın azalmasına neden olur.
Kuyruk boyutu daha küçük tasarlanabilir.	
Stabilitesi ve kontrol edilebilirliği yüksektir.	
Motor kendiliğinden soğuyabilir.	

2.6.2. Arkadan İtişli Pervane

İtici pervane avantajlarından dolayı en sık kullanılan pervane çeşitlerindendir. Yüzeydeki sürtünmeden kaynaklı sürüklenmesi azdır. Bunun sebebi itici motorun uçağı bozulmamış havada hareket ettirmesine imkan sağlamasıdır. Kanatlar çekici pervane konfigürasyonundaki gibi türbülanslı hava akışında kalmazlar. Ancak itici pervane ağırlık merkezinin arkaya kaymasına neden olur. Stall durumu gerçekleşir. Verimliliği ve performansı daha yüksek olması nedeniyle burunda çekici pervane tercih edilmiştir. Ayrıca aşağıdaki Tablo 2.18’de belirtildiği üzere en yüksek puanı önden çekişli pervane yapısı olduğundan tercih edilmiştir. [25]

Tablo 2.17. Arkadan İtişli Pervane Konfigürasyonun Avantajları ve Dezavantajları Tablosu

Avantajları	Dezavantajları
Kanatlar türbülanslı havaya maruz kalmazlar.	Daha yüksek iniş takımına ihtiyaç duyar.
Sürüklemesi azdır.	Ağırlık merkezi arkadadır.
	Motoru soğutmak için ek sistemlere ihtiyaç duyar.

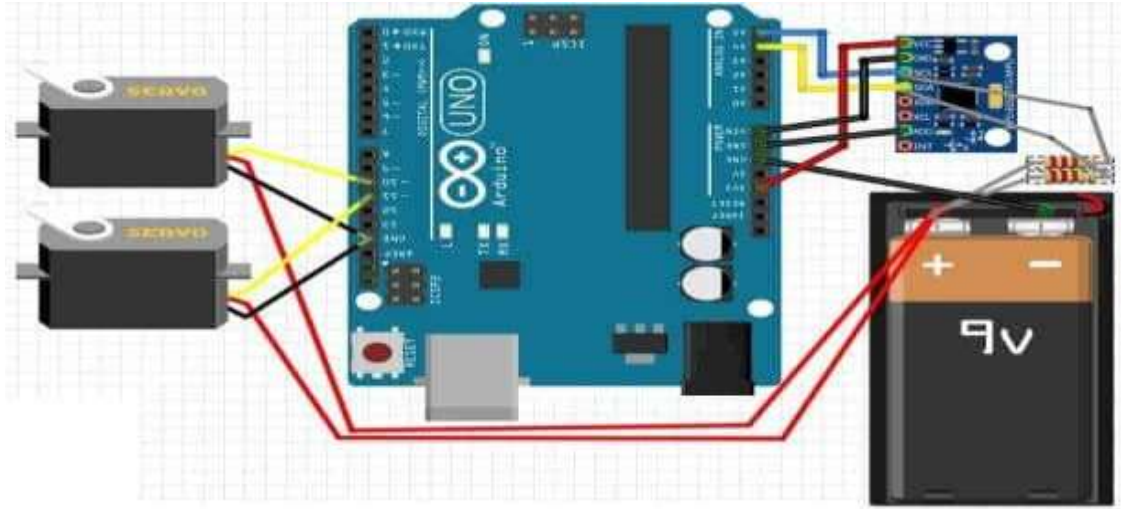
Tablo 2.18. Motor- Pervane Konumu FoM Tablosu [21]

Performans Değerlikleri	Yüzdelik Faktör			
		Kanat Üzerine Çift Pervane	Üzerine Çekişli Arkadan Pervane	Önden Çekişli İtişli Pervane
Ağırlık	30	1	1	1
Kontrol Edilebilirlik	15	-1	0	0
Güç	20	1	0	1
Ağırlık Merkezine Etki	20	1	1	1
Aerodinamik	15	1	1	1
Toplam	100	75	65	85

2.7. Gimbal Kamera Konfigürasyonu

Kelime anlamına baktığımızda Gimbal ‘dengeleme halkası’ ya da ‘Yalpa’ anlamına geliyor. Gimbal adı verilen ürünler ise üzerinde 2 ya da 3 adet motor bulunan ve titreşimi engelleme ya da yok etmeyi hedefleyen cihazlardır. Üzerlerine yerleştirilen video kayıt yapabilen cihazlardaki taşımadan kaynaklanan sarsıntıyı minimize etmeye yarayan bu cihazların temel mantığı titreşim yönünün aksine hareket sağlamalarıdır. Bu özelliğinden yararlanarak insansız hava araçlarında kullanılmaktadır. Gimbal cihazları sadece elde taşımak için değil aynı zamanda İnsansız Hava Aracı ya da Drone adı verilen ürünler için de çözüm sunarlar. Bunlar genelde gerekli olan gücü İHA’nın pillerinden alan ve İHA’lara monte edilebilen çözümlerdir. Gimbal ürünleri 2 (X, Y) ya da 3 (X, Y, Z) eksenli olarak tasarlanabilirler. 2 eksenli olanlar haliyle daha ucuz üretilirler. Burada tercihimiz üç eksenli tasarım olacaktır. [22]

Gimbal Kamera aparatını hazır almak yerine arduino kiti ile servo motorlar ile servo ları arduino işlemcimiz MPU6050 kalibrasyonudur. Kamera nereye bakarken referans alacak, hangi hareketlerde hangi konumda olması gerektiğine karar vererek gerekli program yazılmıştır. Gerekli tasarım aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.1. Arduino kiti ile Gimbal Kamera kontrolü Bağlantısı[22]

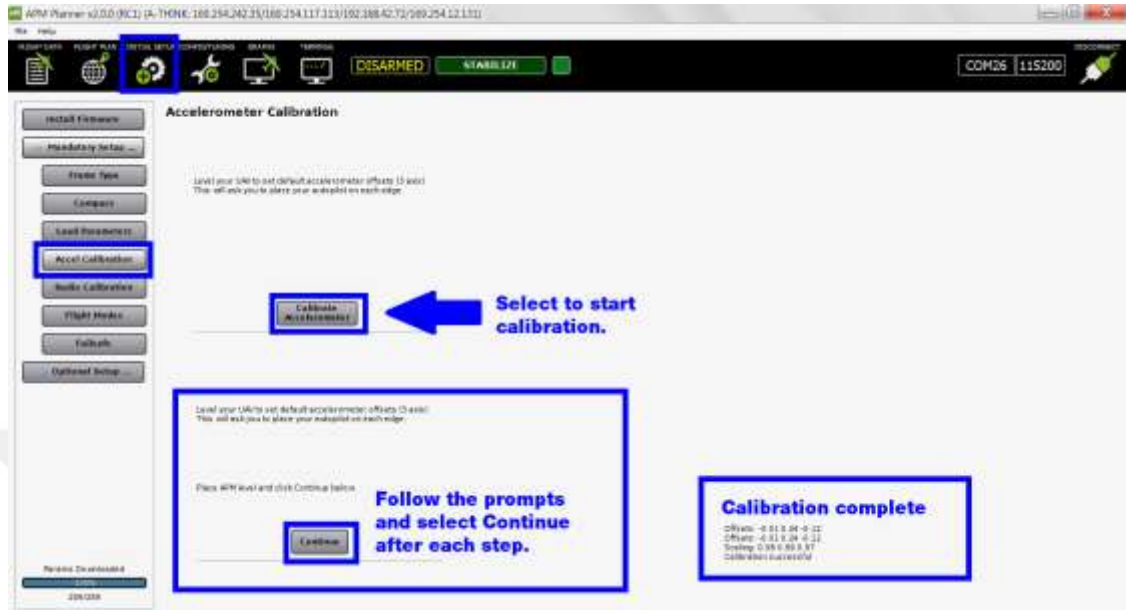


Şekil 2.2. Arduino kiti ile Gimbal Kamera kontrolü Elemanları[22]

2.8. Yer İstasyonu Seçimi APM Planner; (Arduino Proses Mill Soft Planner)

İnsansız hava araçlarından olan model uçaklarda kontrol edilmelerinde APM Planner olarak adlandırılan açık kaynak kodlu yazılımlar kullanılır. APM Planner'ın tercih edilmesindeki başlıca nedenlerden biri büyük yazılım markaları olan Microsoft Windows, Mac OSX ve Linux gibi başı çeken bilgisayar yazılım programlarına uyumlu olmasıdır. Bu işleme sahip bilgisayarlara kolaylıkla indirebilen APM Planner 2.0 uygulamasıyla uyumlu kontrol kartından motor hızı uygun şekilde kalibre edilebilir. Bu kalibrasyon şu şekilde yapılabilir.

Birinci adımda *Accel Calibration* seçilir. Şekil 2.3’de bu ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.3. Accel Calibration Birinci Adım [23]

Accel Calibration ekranında kontrol düzenlemesi yapılır. İHA’nın kalkış ve hareketi sırasında yön kontrolünün yapılabilmesi için APM Planner uygulamasındaki ayarlama işlemi aşağıdaki görselde verildiği gibi gerçekleştirilir.



Şekil 2.4. Rotation Calibration ekranı[23]

İHA'mızın otomatik pilot uygulaması olan “Sistem kontrol birimli APM PX4 veya Pixhawk”ın kurulumunda; APM Planner 2 yazılımındaki otomatik pilot bağlantısı yapılır. Ayrıca APM Planner’da rota çizme, rotayı değiştirme gibi özellikler vardır. Bu özellikler İHA’ların otonom iniş/kalkış süresini ayarlama da kolaylık sağlar. Bir başka özelliği ise yer istasyonunda istenen verileri (ivme, denge, motor hızı, yükseklik, pil..) gösterdiği gibi uyumlu çalışmasını sağlar “Üzerindeki radyo alıcısında 3DR telemetry (915 MHz) iletişim kurmaktadır. [24]

2.9. Bölgesel Güvenlikte Sistem ve Sensör Seçimi

Kablosuz Sensör Ağı (Wireless Sensor Network WSN) kablosuz bir ortam aracılığı ile birbirine bağlanmış ve birbirleriyle bilgi alışverişi yapan yüzlerce hatta binlerce sensör düğümünden oluşur.

Askeri uygulama olarak; WSN'ler askeri komuta, kontrol, iletişim ,hesaplama, istihbarat, nezaret,keşif ve hedef tespit sistemlerinin ayrılmaz birer parçasıdır.

Belirli bir coğrafi alana yayılan yüzlerce yada binlerce , ufak ,ucuz, kendini ayarlayabilir kablosuz sensörler çevre izleme yada çevre kontrolü işlemlerinde geniş yelpazeli uygulamalarda kullanılabilir. Ayrıca zamanında ve etkin sağlık hizmetlerinin sağlanması ile insanlık için daha sağlıklı bir çevrenin oluşturulmasında da oldukça yardımcıdır.

Sistemimiz bulunan bölgenin önemine göre wps sistemi ile uyumlu olarak gereken sensörler eklenerek kullanılabilir. Bu yanı gelişme Kullanılacak Bölge Sanayi Bölgesi ise yangın bilgisi önem arz etmekte yangın sensöründen sinyal alındığında insansız hava aracı daha önceden koordinatları belli olan yere giderek olası yangın vs. duruma yerinde etkili müdahale edecektir.

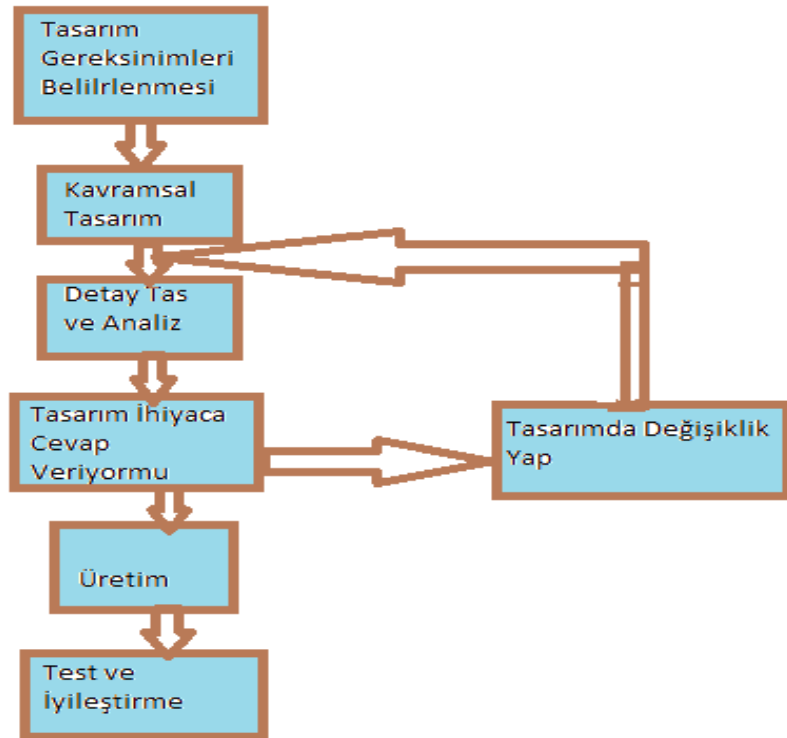
Sistemimiz askeri bir bölge ise hareket yada termal kameradan algılanan bilgi üzerine ihamız belirlenen koordinatlara giderek görüntü alacak silahlı ihaların yada yer destek birimlerinin olaya müdahale etmesini kolaylaştıracaktır. (Randal W. Beard 2008)

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Tasarım Metodolojisi

Uçağın tasarımının belirlenmesinde belirlenen bölgesel şartlar dikkate alınmıştır. Bu kısıtlamalar çerçevesinde öncelikle literatür araştırması yapılmış mümkün itki sistemleri, aerodinamik karakterler ve yapım modelleri incelenmiş bunlar birbirleriyle karşılaştırılarak boyutlandırma süreci için çeşitli tahminler yapılmıştır. Literatür araştırması sonrasında tasarlanmak istenen uçağın tasarım gereksinimleri bir önceki bölümde belirlenmiştir.



Şekil 3.1. Tasarım Metodolojisi Algoritması [21]

3.1.2. İlk Tasarım Sonucunda Elde Edilen Değerler

Tablo 3.1. İlk Tasarım Sonucunda Oluşan Değerler Tablosu

Kanat		
Açıklık	1,55	m
Kök Veteri	0,205	m
Uç Veteri	0,178	m
Airfoil	USA 35B	

Yatay Kuyruk		
Açıklık	0,37	m
Kök Veteri	0,13	m
Uç Veteri	0,1	m
Airfoil	Naca 0012	

Dikey Kuyruk		
Açıklık	0,22	m
Kök Veteri	0,13	m
Uç Veteri	0,1	m
Airfoil	Naca 0012	

Kanat Hücum Kenarı-Kuyruk Hücum Kenarı Arası Mesafe	0,7	m
---	-----	---

Kuyruk Incidence Açısı	-1	derece
Kanat Incidence Açısı	1	derece

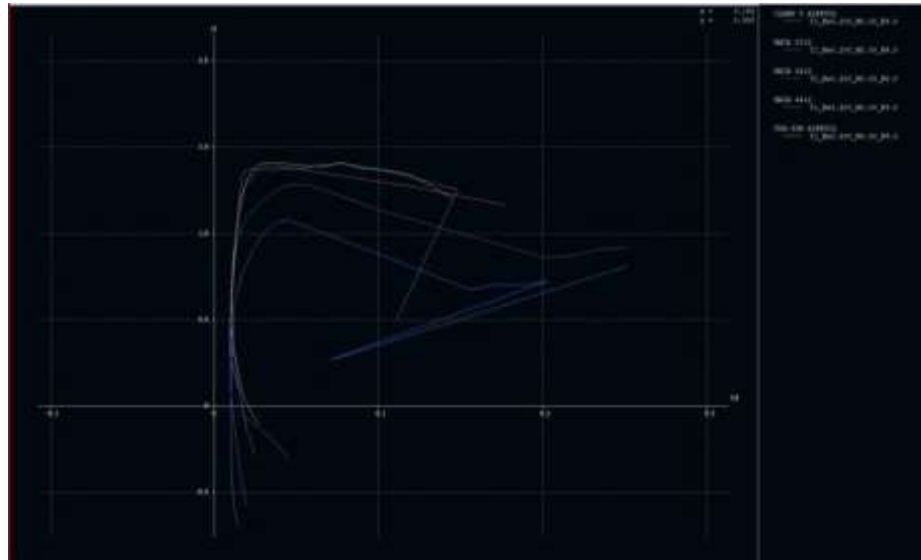
İHA'nın tasarlanma sürecine ilk olarak kanat tipinden başlandı. Üstten kanat, ortadan kanat ve alttan kanat tipleri incelendi. Stabilizasyon, uçuş performansını arttırmak ve montaj esnasındaki hataları en aza indirmek için üstten kanat bir İHA tasarımı düşünülmüştür. İlk Tasarım sonucunda oluşan değerlere göre birinci alternatif İHA yapısının bölgesel denetim amacına uygun olduğu belirlenmiştir.

3.2. Aerodinamik Karakteristikler

3.2.1. Kanat Profili Seçimi

Kanat profili, kanadın alt ve üst yüzeylerinde optimum basınç dağılımını sağlar. Bu da minimum sürüklenme kuvveti ve yunuslama momentiyile gerekli taşımayı elde eder. Dolayısıyla kanat profili seçimi kanat verimliliği açısından en kritik seçimlerden biridir.

Kanat profili seçim sürecinde “Airfoiltools ve UIUC Airfoil Coordinates Database” internet sitelerindeki airfoil modelleri gözden geçirilmiştir. Kalınlık oranı, kamburluk oranı, akış alanındaki hakim reynolds sayısı taşıma ve sürüklenme katsayısı temel seçim sebeplerini oluşturmuştur. Yapması istenen bölgesel görevlerinin gerektirdiği uçuş karakteristikleri göz önünde bulundurularak kanat profil seçenekleridörte düşürülmüştür. Bu airfoiller NACA 4412, Clark y ,USA35B, NACA2412dir. Final airfoillerinin değerlendirilmesi için uygun parametreler Maksimum kalınlık, Maksimum taşıma kuvveti, minimum sürüklenme kuvveti ve maksimum taşıma/sürüklenme oranı olarak belirlenmiştir. [25]



Şekil 3.4. Kanat Profilleri Cl/Cd Grafiği

Cl/Cd grafiğinde NACA 4412 profilinin yunuslama momentinin kötü olmasına rağmen daha düşük Cl değerlerinde en düşük Cd değerini verir. Fakat bu grafikte aynı Cl değerleri için profil karakterleri arasında çok büyük bir fark gözlenmemiştir.

C_m/α grafiğinde Clark y profili daha düşük C_m katsayısına sahiptir ancak diğer üç kanat profile ile arasında çok belirgin bir farklılık görülmemiştir.

NACA 4412 Reynolds sayısı = 1000000

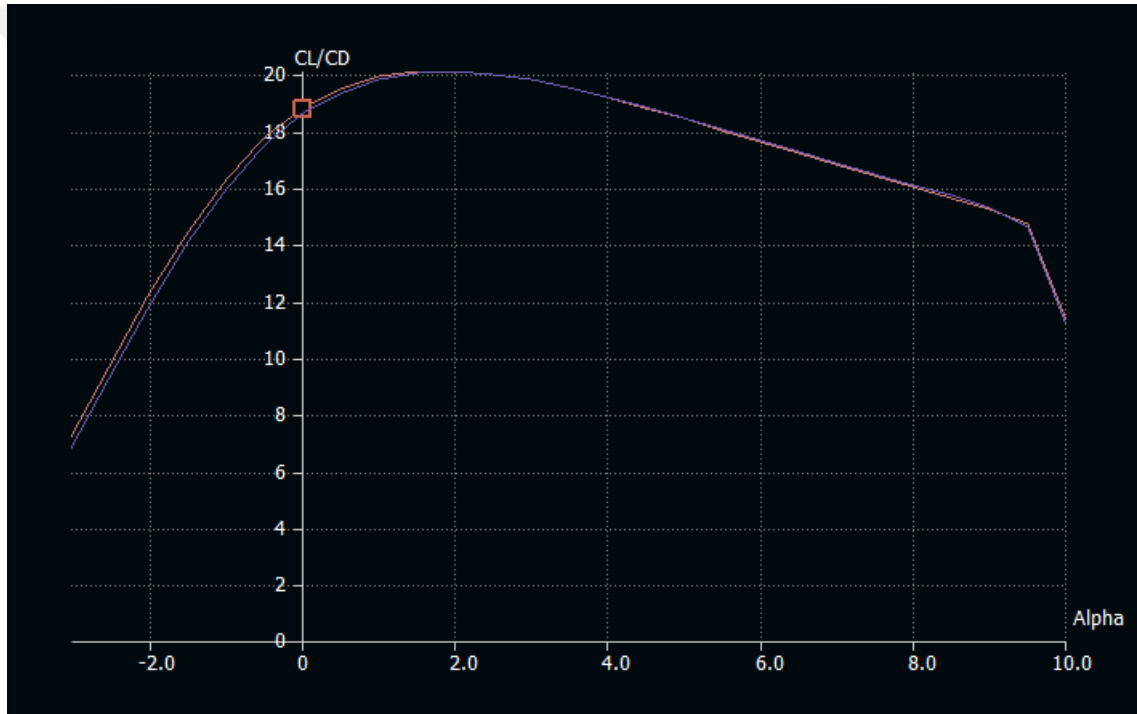
Mach numarası = 0.00

N_{crit} = 9.00

Zorla üst trans. = 1.00

Zorla alt trans. = 1.00

Veri noktalarının sayısı = 121 olarak belirlenmiştir.

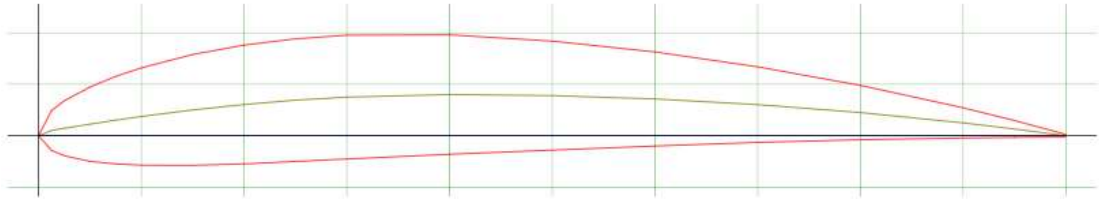


Şekil 3.7. Kanat Profilleri $CL/CD/\alpha$ Grafiği

Yukardaki tabloda CL/CD oranı bize bu kanadın performansı hakkında bilgi sağlar oranımız yeterlidir.

Alt tarafı düz olduğu için üretim kolaylığı göz önünde bulundurularak, daha kambur olmasına rağmen NACA 4412 seçilmiştir. Bu profil özellikle kaplama kolaylığı açısından tercih edilmiştir.

NACA 4412 daha kambur olmasına rağmen alt tarafı düz olduğu için üretim ve kaplama kolaylığı sağlar. Bu nedenle tercih edilmiştir. [25]



Şekil 3.8. NACA 4412 Profili

Tablo 3.2. NACA 4412 Özellikleri Tablosu

NACA 4412 Özellikleri	
Kalınlık	11.72
Maksimum Kalınlık Pozisyonu	29.27
Maksimum Kamburluk	3.18
Maksimum Kalınlık Pozisyonu	31.21

3.3. Kuyruk Profili Seçimi

Kuyruk için taşıma yapmayan ve control yüzeylerine bozuntusu olmayan akışı sağlayabilecek bir profil tipi seçilmesi gereksinimden dolayı historical trend yöntemi ile NACA 0012 airfoili seçilmiştir.



Şekil 3.9. Naca 0012 Profili

3.3.1. Kanat Boyutlandırması

Öncelikle uçak tahmini ağırlığımız 1500 gram olarak hesaplanmış ardından uçağın kanat ve kuyruk boyutları ortaya çıkarılmıştır. [25]

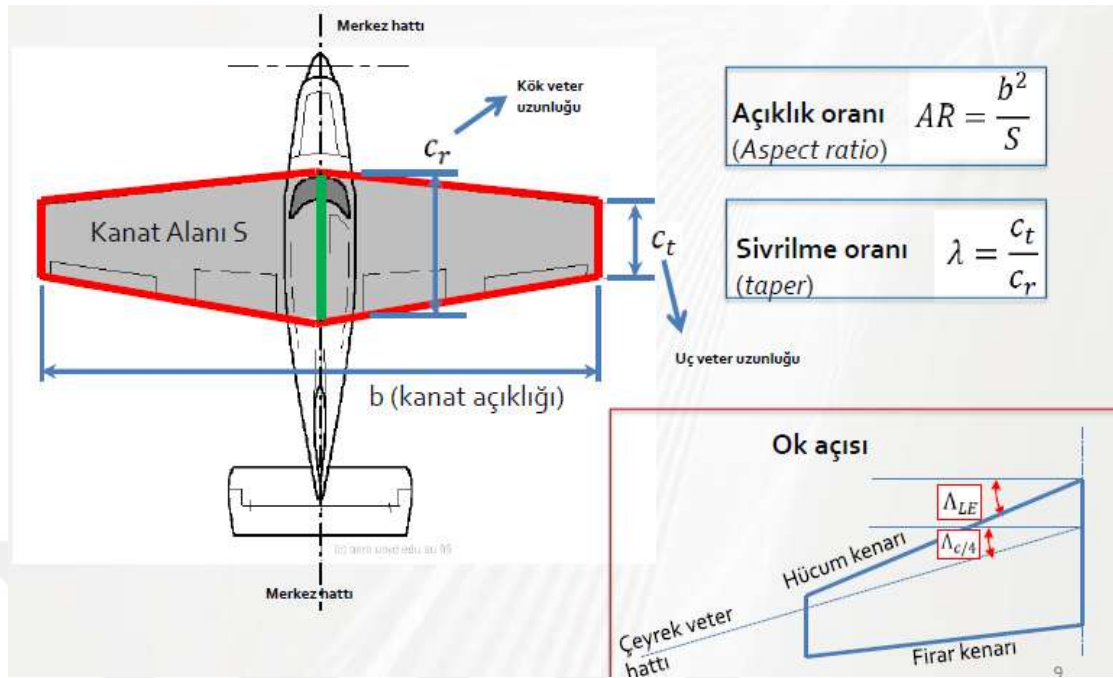
3.3.2. Kanat Alanı – Kanat Yükleme – İtme Ağırlık Oranı

Bunun için aerodinamiğin en önemli parametresi olan kanat yüklemesinden (W/S) yararlanılmıştır.

Bir hava aracının tasarımındaki hayati öneme sahip bu parametrelerin görev modeline uygun olarak seçilmesi uçağın karakteristiğini direkt olarak etkilemektedir. Kanat yüklemesi eğer ilk olarak çok düşük esas alınır, yani büyük bir kanat çizilirse, yakıt tankı ve tekerlekleri koyacak yer bulmada sorun yaşanmaz. Ancak, ilerleyen aşamalarda eğer daha yüksek bir kanat yüklemesine yani daha küçük bir kanata gereksinim duyduğunuz ortaya çıkarsa, bu durumda tekerler ve yakıt tankını gövdeye monte etmeniz gerekir. Bu da hava ile etkileşime giren alanı artıracığından, sürüklenme kuvveti, dolayısıyla enerji kaybının artması ile sonuçlanır ki hava araçları için en önemli isteklerden bir tanesi verimlilik. ² Performans seçimi bölümünde anlatılan performans analizini de dikkate alınarak değişik tarzdaki uçaklardaki kanat yüklemeleri incelenmiş 0.4 kanat yüklemesinin kullanılması kararlaştırılmıştır. Sonrasında buna göre kanat alanı bulunmuştur.[28]

3.4. Kanat Açıklık Oranı

Kanat açıklık oranının artması kanat davranışını iki boyutlu kanat (ideal) davranışına yaklaştırmakta, ayrıca indüklenmiş sürüklemeyi azaltarak verimliliği arttırmaktadır. Uzun süreler havada kalması tercih edilen eğitim uçağının yüksek değerlerde kanat açıklığına sahip olmasında fayda vardır. Fakat kanat açıklığını gereğinden fazla seçmek, kanada yüklenen eğilme momentini arttıracak ve yapısal olarak olumsuz sonuçlar doğuracaktır. Bu sebeple kanat açıklığı için hem aerodinamik verimlilik hem de yapısal standartlara uyumluluk gözetilerek optimum bir değer sağlanmaya çalışılmıştır. Bu değerlerin saptanması için en uygun yöntemlerden biri de benzer hava araçlarının araştırılmasıdır. Kanat açıklık oranımız 5 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.10. Açıklık Sivrilme Oranı /[27]

3.5. Kanat Sivrilme Oranı

Kanat sivrilmesi L / D 'yi en üst düzeye çıkarmak ve sürüklenmeye azaltmak amacıyla uygulanır. Aynı tip uçaklara bakıldığında ortalama sivrilme(taper) oranlarının 0.45 civarında olduğu görülmüştür. Tasarım sırasında da oran 0.46 olarak belirlenmiştir.

Sivrilme(Taper) Oranı = Kanat Ucu Uzunluğu/ Kanat Kökü

624 / 1356

3.6. Stabilite Ve Kontrol

Kararlılık bozulma geldikten sonra hava aracının denge konumuna geri dönme eğilimini tanımlar. Kararlılık (stabilite) türevleri hava aracı dinamiği doğru ifade edilmesini sağlayacak olması açısından önemlidir. Kararlılık türevleri hesaplamalı akışkanlar dinamiği, rüzgar tüneli ve uçuş testleri esnasında elde edilebilir. Kararlılık türevlerin hesabı Mach sayısı birden küçük olan hava araçları için hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi yeterli olurken Mach sayısı birden büyük olanlar için rüzgar tüneli veya uçuş testi ile elde edilen sonuçlar daha doğru olmaktadır. [25]

Uçağın istenen görevlerini başarıyla tamamlayabilmesi için statik kararlılık analiz edilmiştir

3.7. Görev Performansı

Bu bölümde görev modelinde anlatılan adımların performans analizleri yapılmıştır. Yapılan işlemler sonucu görev performansı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Yapılan işlemler Görev ve Uçuş Performansı bölümünde detaylandırılmıştır.

Tablo 3.3. Görev Performansı Tablosu[25]

Görev Adımı	Hız (metre/saniye)	Mesafe (Metre)	Süre (Saniye)
Kalkış	16.78	25	1.48
Seyir Uçuşu	18	1175	66.67
Dönüş	18	1175	66.67
İniş	15.5	25	1.7
Toplam	—	2400	137

3.8. Son Tasarım

Yapılan değerlendirmeler sonucunda tasarımızda kullandığımız kanat profili, kuyruk yapısı, dikey kuyruk, aşağıda verilen değerler ışığında tasarımızın aşağıdaki belirtildiği şekilde olacaktır.

Tablo.22'deki bilgiler ışığında İHA'mızın yapısı şu şekilde oluşuştur.Gövdenin ön-alt kısmına 360 derece görüş özelliği olan, kontrol ekranı sayesinde anında görüntü aktarımı yapabilen gimbal bir kamera yerleştirilmiştir. İHA'nın güç kaynağı 11.1-14.8 V;. Aileron, rudder ve elevator gövdeye ve kanatlara sabitlenmiş servolarla hareket almaktadır. Servoların ve motorun kontrolü ESC yardımıyla bir uzaktan kumanda ile yapılmaktadır. İHA'nın teknik özellikleri 1300gr ağırlığında, 125 cm kanat boyunda, 195 cm uçak boyunda, üstten kantlı, konvansiyonel kuyruğa sahip, konvansiyonel gövdeye sahip, gövde altında gimbal kamera bulunmaktadır. Gimbalimizden Anlık görüntü aktarımı yapılmaktadır. [25]

Tablo 3.4. Kanat Veter Değerleri Tablosu

Kanat		
Açıklık	1,26	m
Kök Veteri	0,216	m
Uç Veteri	0,171	m
Airfoil	NACA 4412	

Yatay Kuyruk		
Açıklık	0,47	m
Kök Veteri	0,12	m
Uç Veteri	0,1	m
Airfoil	Naca 0012	

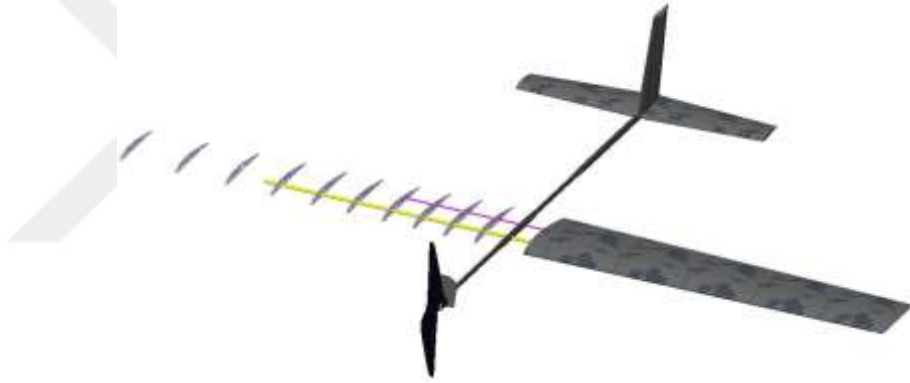
Dikey Kuyruk		
Açıklık	0,2	m
Kök Veteri	0,12	m
Uç Veteri	0,1	m
Airfoil	Naca 0012	
Kanat Hücum Kenarı-Kuyruk Hücum Kenarı Arası Mesafe	0,8	m
Kuyruk Incidence Açısı	-1	derece
Kanat Incidence Açısı	1	derece

İnsansız hava aracımız kompozit boruların iç içe geçme yöntemi ile hem sağlam hem de hafif bir iskelet yapıya sahiptir. Yüzeyler için balsa malzeme kullanılmıştır ve bu yüzeyler kaplama filmi ile kapatılmıştır. İniş takımları gövdenin merkezinde bulunan kompozit borularının birleşim yerlerine adepte edilmiştir böylelikle bütün yükler tek ve sağlam bir noktada toplanmıştır bu noktanın dayanımından emin olarak kullanılmıştır. Bu Kompozit borulara gimbal kamera bu kısma monte edilecektir. [25]

3.8.1. İHA Yapısı

İHA yapısı minimum ağırlıkta, minimum sürüklemeye ve üzerindeki maksimum yüklere dayanacak şekilde tasarlanmıştır. Uçak üzerindeki yükler karbon fiber çubuk ile yapılmış olan keel beam ile gövdeye aktarılır. Uçak üzerinde en çok yüklemeye maruz kalan bölgeler iniş esnasında iniş takımı ve gövde birleşimi ,keskin manevralar

esnasında ise kanat ve gövde birleşimidir. Model uçak tasarlanırken uçağı olası hasarlardan korumak için bu iki bölgenin sağlam yapılması gerekmektedir. Bu sorunların çözümünde iniş takımı için öncelikle kontroplak parça takılmış ardından metal plaka vida ile sabitlenmiştir. Sonrasında ise iniş takımı testi yapılmıştır. Kanat gövde birleşimi için de epoksi kullanılarak sağlamlaştırılmıştır. Uçağımız kompozit boruların iç içe geçme yöntemi ile hem sağlam hem de hafif bir iskelet yapıya sahiptir. Yüzeyler için balsa malzeme kullanılmıştır ve bu yüzeyler kaplama filmi ile kapatılmıştır. İniş takımları gövdenin merkezinde bulunan kompozit borularının birleşim yerlerine adapte edilmiştir böylelikle bütün yükler tek ve sağlam bir noktada toplanmıştır bu noktanın dayanımından emin olarak tasarımı yapılmıştır. Aşağıda modelin XFLR5 görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 3.11. İHA XFLR5 Profil Görüntüsü[25]

Tasarımımızı gerçek ortamda denemeden önce yukarda seçimini anlattığımız kanat profili seçimimize göre çizimizi yaparak xflr5 programında simülasyon mantığı ile gerekli testlerimizi yapıyoruz. Tasarım sürecinin ikinci aşamasında gövde tipi değerlendirildi. İncelenen gövde çeşitleri sonucunda imalat kolaylığı ve gövde içi harici bileşen kapasitesi göz önünde bulundurularak, gövde tasarlanmıştır.

Ayrıca seyir uçuşu esnasın hava akımını kırmak ve akışı daha verimli aktarabilmek için İHA'nın burun kısmı tasarımı yapılmıştır.

ve yüklerin tek noktaya aktarılmasını sağlar. + modeli kuyruk iskeleti, kanattaki moment çubuğu ve bunların tümünü motor bağlantısına bağlamak için başka bir longerondan oluşur. Merkeze yakın olan gövde iskeleri daha büyük yüklere maruz kalacağından daha büyük dış çaplara sahiptir. Gövde, ağırlığı ve sürüklenmeyi azaltmak için batarya, ESC, alıcı, iletim kabloları gibi tüm sistem bileşenlerini içeren en küçük boyutta tasarlanmak istenmiştir. Yerleştirme yapılırken bileşenlerin ve kablo kenarlarının güvenliğine de dikkat edilmiştir.

3.8.3. Kanat

Balsa ana yapısal malzemedir. Kanatın balsa yapıdan büyük ölçüde oluşmasının sebebi üretiminin kolay, ağırlığının az olmasıdır. Yapıyı sağlamlaştırmak ve bütünleştirmek için ribler, sparlar ve stringerlar kullanılmış riblerden karbon fiber çubuk frame olarak geçirilmiştir. Sonrasında film kaplama yapılarak tüm parçalarının bütünlüğü sağlanmıştır.



Şekil 3.14. Kanat Profili İmalatı

3.8.4. Kuyruk ve Motor

Kuyruğun iskeledinin yapısı kanadinkine benzer. Kuyruk için de balsa ana malzemedir. Kuyruğun montajı için balsadan dengeleyici prizma tasarlanmıştır. Yatay stabilizatörü denge sağlayıcı prizmaya bağlamak için iki karbon çubuk ile yapıştırmak tercih edilmiştir. Bu karbon çubuklar ana longeronla birleştirilir. Kanat moment çubuğunun ucuna, motor montajı vida ile yapılmıştır.

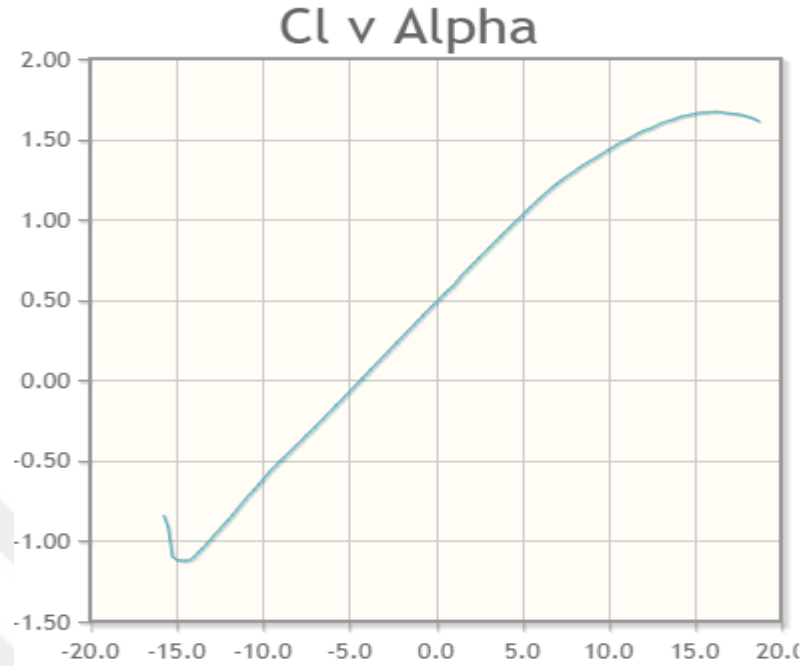


Şekil 3.15. Kuyruk ve Motor İmalatı

3.9. Uçuş ve Görev Performansı

$F = m \cdot a$ denkleminde yararlanılmıştır. Denklemdaki 'F' değeri model uçaktaki çekme kuvvetini ifade eder yani 1100kw'dir. M ise 2000 gramdır. Buradan ivme 0,55 bulunur. $v^2 = v_0^2 + 2ax$ formülünden kalkış mesafesi 25 metre olarak bulunur.

Ardından stall hızı için C_l/α grafiğinden yararlanılmıştır. Grafikten $C_{lmax} = 1.4$ bulunmuştur. Taşıma $L = 1/2 \cdot C_{lmax} \cdot Q \cdot V^2 \cdot S$ denklemi bu değere göre doldurularak stall hızı 12.91 bulunmuştur. ($Q = 1.223$) 12.91 bulunmuştur. ($Q = 1.223$) [29]



Şekil 3.16. Cl/Alfa Grafiği

Stall hızının 1.3 ile çarpılmasıyla kalkış hızı 16.78 bulunmuştur. 25 metre kalkış mesafesinin kalkış hızına bölünmesiyle kalkış süresi 1.48 saniye olur.

Maksimum kalkış ağırlığını bulmak için maksimum hız olan 16.78m/s'yedeki maksimum taşıma hesaplanmış ve bundan uçak ağırlığı çıkartılmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda maksimum kalkış ağırlığı 2300gr olarak bulunmuştur. Menzil ve uçuş süresi hesaplanmış bu sayede batarya kapasitesinin görev için uygun olup olmadığı tespit edilmiştir. Menzil hesabı için şekil...da gözüken uçuş parkuru değerleri kullanılmış ve menzil 2400 metre olarak hesaplanmıştır. Bu mesafe uçuş hızımız 18 m/sn'ye bölünerek uçuş süresi 133 saniye bulunmuştur.

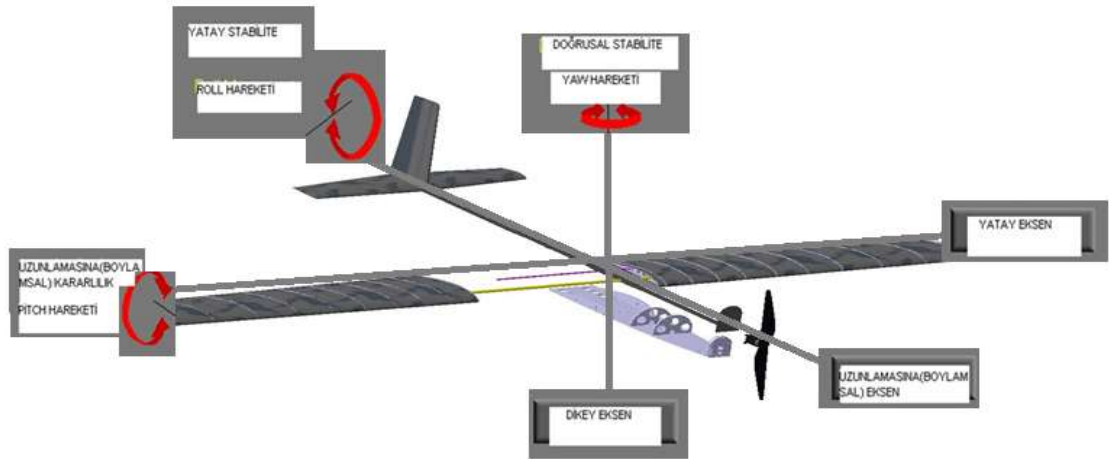
Yük katsayısı ve dönüş yarıçapı parametreleri hesaplanmıştır. Yük katsayısı uçak dayanıklılığı olan 4 g değerinin 1,5 katı yani 6g'dir. Bu 6g'lik dayanım tip test ile barite edilmiştir. Dönüş yarıçapı hesaplanırken dönüş açısı 60-70 derece olarak alınmıştır. Dönüş esnasında merkez kaç kuvvetinin taşımanın yatay bileşenine ağırlığın ise taşımanın dikey bileşenine eşit olması gerekmektedir.

Stall hızının 1.2 ile çarpılmasıyla kalkış hızı 11.5 bulunmuştur.

Performans hesaplamaları sırasında uçağın göreve 25-50 metre yüksekliğe çıktıktan sonra başlayacağı düşünülerek hesaplama yapılmış görev gerekleri doğrultusunda tırmanma ve iniş performansı hesaplanmamıştır.

3.9.1. İHA Uçuş Kumandaları

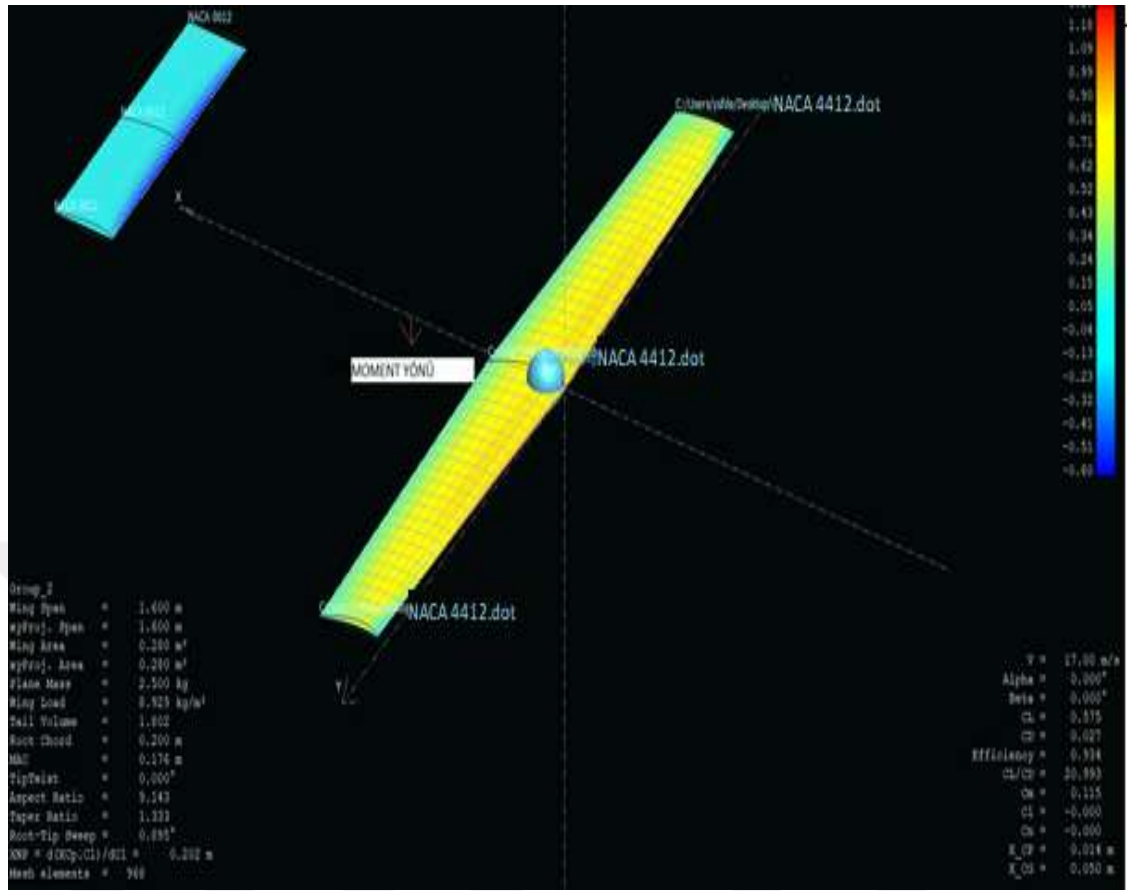
Bir İHA 3 eksen üzerinde hareket edilir. Aşağıdaki şekilde görülmektedir. Bu eksenler; Lateral (yanal), Longitudinal (uzunluk) ve Vertical (dikey) eksenlerdir. Yanal eksen üzerinde yunuslama (pitch), uzunluk ekseninde yatış (roll) ve dikey eksen üzerinde sapma (yaw) hareketi gerçekleştirilir. İHA'mızda hareketleri servolarla sağlamaktayız. [30]



Şekil 3.17. İHA Uçuş Kumandaları

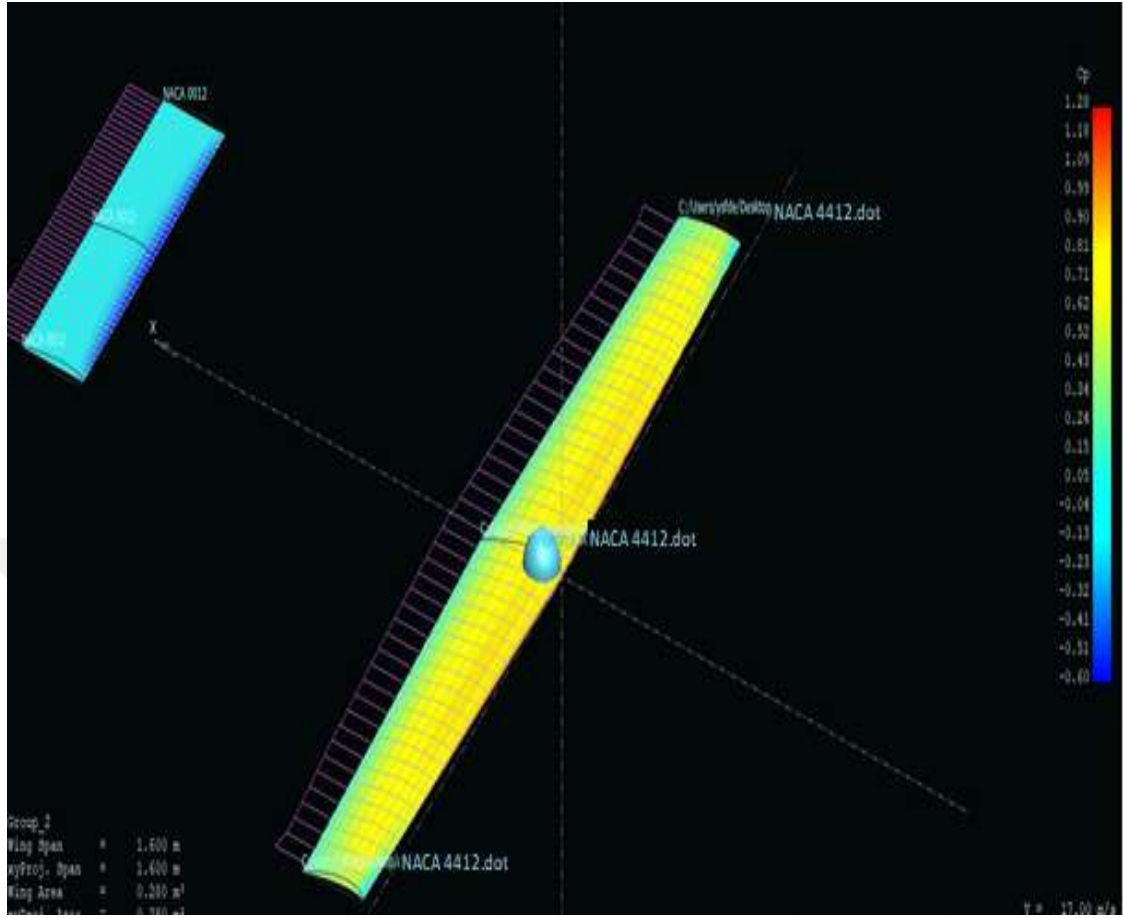
3.10. Alt Sistemler, Platforma Entegrasyon

Aşağıda verilen xflr5 analizleri sayesinde seçmiş olduğumuz kanat profillerinin analizleri yapılmıştır. Bunlardan birincisi moment yönünün tespit edilmesidir, ikincisi kanat ve yüzey vizkozitesinin tespit edilmesidir. Üçüncüsü ise rüzgar tüneli testi yer almaktadır, rüzgar tüneli testinde seçmiş olduğumuz sistemin başarılı bir görüntü oluşturmaktadır. Yüzeyde türbülans bulunmamaktadır.



Şekil 3.18. XFLR5 ile Moment Yönünün Belirlenmesi

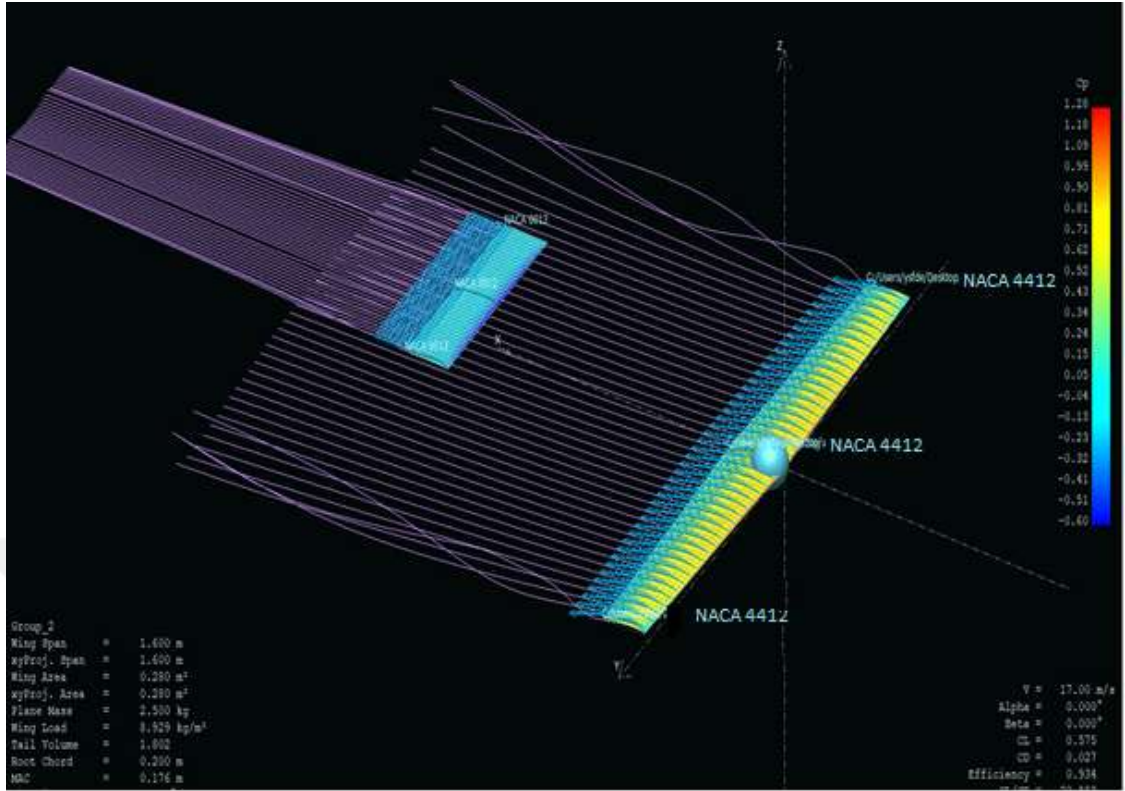
Uçak ve benzeri araçlarla ilgili incelemelerde aerodinamik kuvvet ve moment genellikle uçuş doğrultusuna (veya izafi olarak düşünülürse, serbest akım doğrultusuna) göre tanımlanmış bir eksen takımında: L : Taşıma kuvveti (Lift Force) Kuvvet bileşenleri D : Sürüklenme kuvveti (Drag Force) Y : Yanlamasına kuvvet (Lateral Force) My : Yunuslama Momenti (Pitching Moment) Moment Bileşenleri Mx : Yalpa Momenti (Rolling Moment) Mz : Sapma Momenti (Yawing Moment) şeklinde üçer bileşenle ifade edilir. Eksen takımının başlangıç noktası uçağın ağırlık merkezidir. x eksenini uçuş doğrultusu ve yönünde seçilir. y eksenini pilota göre uçağın sağ tarafına doğru yönlenir. z eksenini ise yukarı doğrudur. Şekilde xflr5 ile elde ettiğimiz moment yönü görülmektedir. Kanadın ön kısmına yakın orta kısmında bulunmakta ayrıca İHA'mızın ağırlık merkezinde yer almaktadır. [28]



Şekil 3.19. XFLR5 ile Viskozitenin Belirlenmesi

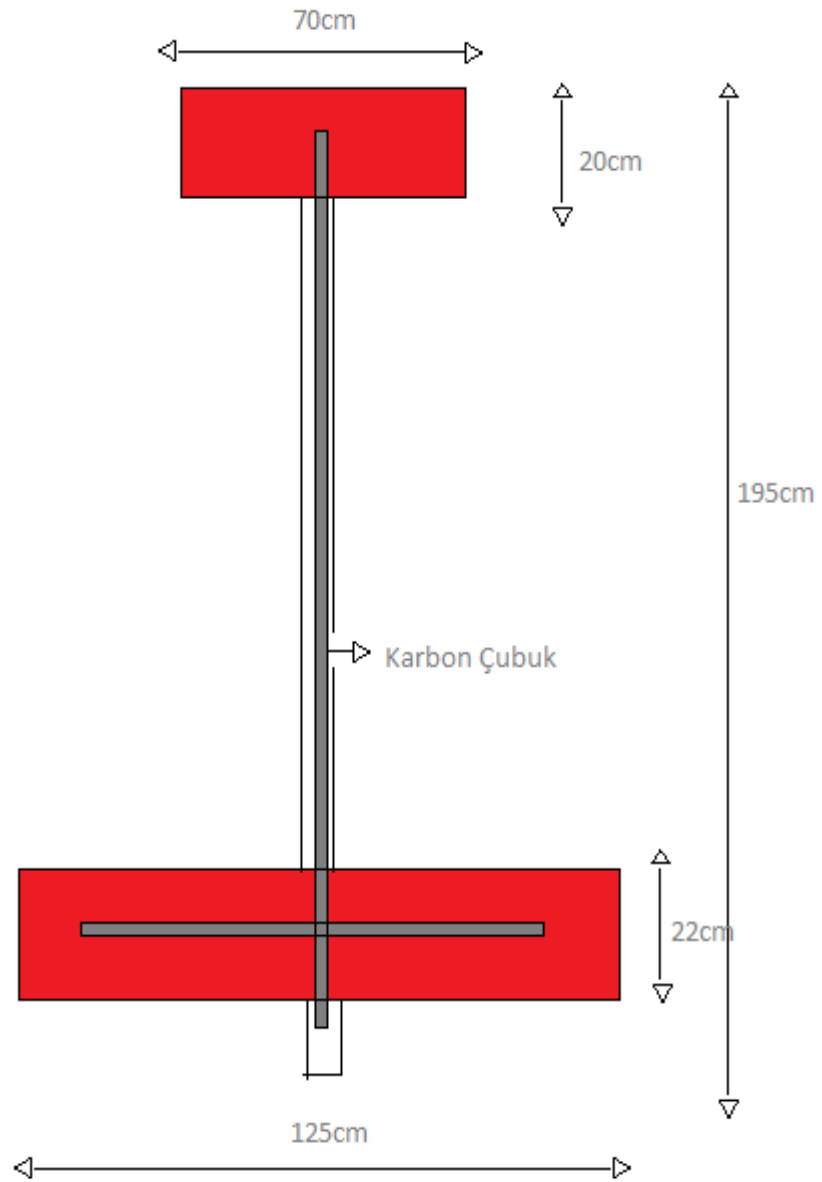
Viskozite; akışkan tabakalarının birbiri üzerinde kaymaya karşı gösterdikleri direncin bir ölçüsüdür. Akış hızının karıştıdır. Örneğin, su düşük, bal yüksek viskoziteye sahiptir. Dinamik viskozite (veya mutlak viskozite) ve kinematik viskozite olmak üzere iki türlü viskozite değeri mevcuttur. Bunlardan mutlak viskozite değeri uygulamalarda kullanılır.

Bir akışkanın mutlak viskozitesi Couette deneyiyle ölçülür. Bu deneyde viskozitesi ölçülecek akışkan, birbirine çok yakın ve paralel konumdaki iki levha arasında göz önüne alınır. İHA'mızın viskozitesi Şekil 20'de görülmektedir, Kanatımızın viskozitesini xflr5 programında yapmış olduğumuz analizde belirlenen değerlerin tasarım gereksinimlerimizi karşıladığı görülmektedir, Ayrıca programın özelliği olan renklerde farklılaşmanın olmaması iyi bir viskozite değeri olduğunu belirtmektedir.

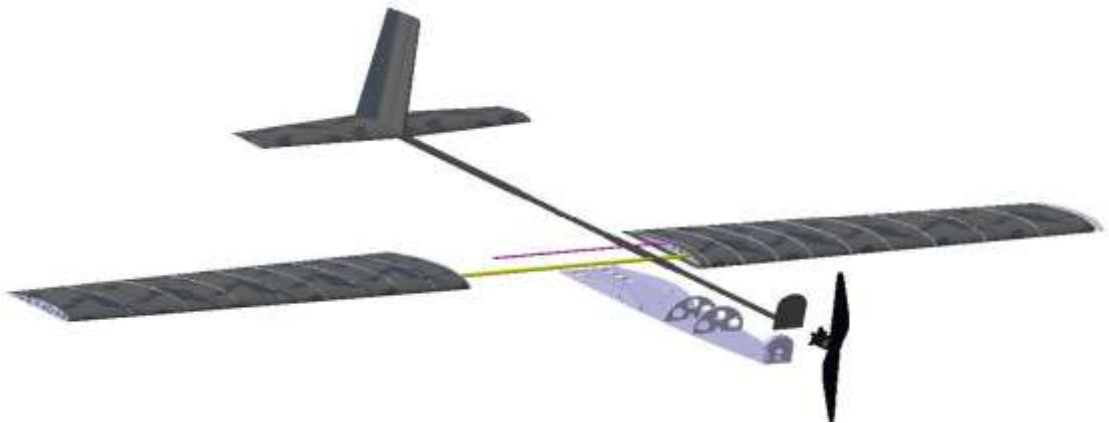


Şekil 3.20. XFLR5 ile Rüzgar Tüneli Denemesi

Aerodinamiğin en önemli deney aracı “Rüzgâr Tüneli”dir. Deneyi yapılacak uçak, roket, otomobil hatta köprü ve bina modelleri önce rüzgâr tünelinde denenir. Model, rüzgâr tünelinde deneme hızına göre şiddeti ayarlanan bir hava akımına tutulur. Modelin akım içindeki davranışı gözlenerek gerekli düzeltmeler yapılır ve modele aerodinamik bir biçim verilmeye çalışılır. Günümüzde ses hızının üzerindeki akım hızlarında dahi çalışabilen rüzgâr tünelleri inşa edilmiştir. Bir akış sırasında akışkanın molekülleri birbirine paralel katmanlar şeklinde hareket ediyor ve birbirleri ile çarpışmıyor ve düzenli bir akış varsa bu akım türüne “laminer akış”, şayet düzensiz ve akım katmanları birbirine karışmış vaziyette bir akış varsa bu akım türüne de “türbülanslı akış” denir. Kaldırma kuvvetinin büyük bir bölümünü sağlayan kanat üzerindeki hava akışının laminer akış olması gereklidir. İHA’mızın kanadını ve kuyruk tasarımının airfoil yapısını test etmek için rüzgar tüneline tabii tutulur. Elimizde rügar tüneli imkanı bulunmadığı için Rüzgar Tüneli testini Xflr5 programında yaptık, elde edilen sonuç Şekil.21 de görülmektedir, yukarda görüldüğü gibi düzgün bir yayılım göstermekte türbülans gözlenmemektedir. Akışımız laminer özellik göstermektedir.

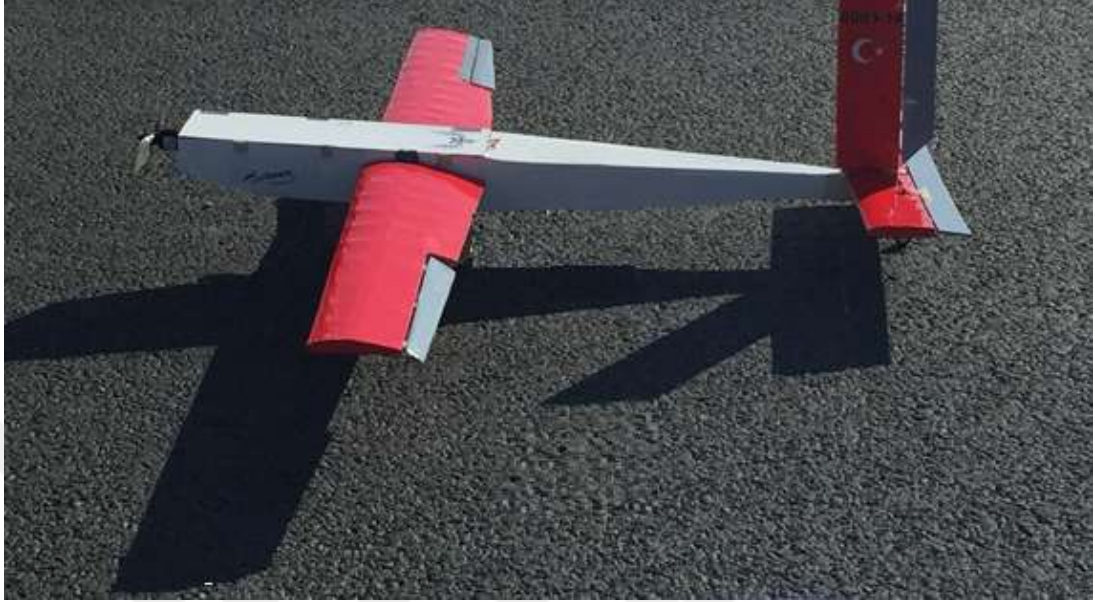


Şekil 3.21. İHA'nın Model Çizimi



Şekil 3.22. İHA'nın Model Çizimi xflr5 Profil

3.10.1. İHA'nın Yapım Aşamaları



Şekil 3.23. İHA'nın Son Aşama Görüntüsü



Şekil 3.24. İHA Kanat Profili Yapımı



Şekil 3.25. İHA Kanat Montajı ve Motor Testi

İHA'nın Yapım Aşamalarına ait bazı fotoğraflar yukarda görülmektedir. Yukardaki fotoda iha kanat profilinin + şeklindeki karbon gövdeye montaj edilmesi görülmektedir.

3.11. İtki Sistemleri

İtki kuvveti, motorlar tarafında üretilen ve İHA'yı ileri doğru gitmesini sağlayan mekaniksel kuvvettir. İHA'nın havada ilerlemesine karşı havanın gösterdiği direnci yenerek İHA'yı sürükleyen kuvvettir.

3.11.1. Motor Seçimi



Şekil 3.26. İHA'nın Motoru

İHA tasarım sürecinde Motor seçimi yaparken dikkat edilen nokta ne kadar itki de ne kadar akım çektiği ve kütlesi olmuştur. Aşağıdaki tabloda 2 konfigürasyon kıyaslanmış olup daha fazla akım çekmesine rağmen daha hafif, yeterli itkiyi sağlaması ve uçuş süresinin de yeterli olması sebebiyle konfigürasyon 1 tercih edilmiştir. Tablo.3.5'de gösterildiği gibidir.

Tablo 3.5. Motor Pil Pervane Tablosu

	Motor/pil/pervane	Gaz	Ağırlık (Gr)	İtki (G)	Akım (A)	Volt (V)	Uçuş süresi
Alternatif 1	Motor: X2814-1100KV 3-4S	%50	552.2	350	2.3	14.8	7.7
	Pil: 11.4v 1800mah 25C 4S LiPo Pervane: 11*5.5 pervane	%65		430	3.5		
Alternatif 2	Motor: T-motor-MN3110 KV470	%50	649.2	350	1.5	22.2	9.6
	Pil: 11.4v 1800mah 25C 4S LiPo Pervane: 10*3.3 pervane	%65		500	2.5		

Motor seçiminde motorun itiş gücü önemli bir faktördür. Seçilen motorun itiş gücüne karar verebilmek için bilmesi gereken en önemli husus, bitmiş haldeki multicopterin, uçuş sırasındaki toplam ağırlığının ne olacağıdır. Sportif ya da FPV tarzı uçuş için az devirli motor ve büyük pervane, akrobasi tarzı hızlı uçuş için devirli motor ve ufak pervane boyutu tercih edilir. Motor tek başına değil, seçilen pervane ile beraber itiş sağlamaktadır.

3.11.2. ESC Seçimi



Şekil 3.27. Esc Görüntüsü

Motorla uyumlu çalışacak ESC'nin seçimi yapılırken toplam ağırlığına ve dayanabileceği maksimum akımın motorların çekeceği maksimum akımdan %20 fazla olmasına dikkat edilmiştir. Yukarda Şekil 3.27'de ESC'mizin görüntüsü yer almakta olup 30-40 amper akımla çalışabilen Turnigy PUSH 2S-6S ESC kullanılmıştır. Kullanılan ESC'nin alternatif değerleri Şekil 3.6'daki gibidir.

Tablo 3.6. ESC Alternatifleri

Seçenek	Marka	Ağırlık(gr)	Max.Amper(A)
1	Turnigy	19	30-40
2	Racerstar	13	30
3	Skywalker	19	30

3.11.3. Pervane Seçimi

Değerlerine göre motorla uyumlu olması için seçilmiştir. Pervane modeli Haoye X6 olup aşağıdaki şekilde 3.28'deki gibidir.



Şekil 3.28. 11x5.5 Pervane

3.11.4. Batarya

3.5'deki tablonun yorumlanması sonucunda motorun uyumlu bir şekilde çalıştığı volt değerlerinin 11.1-14.8V arasında olduğu görülmektedir. Bu bilgi göz önünde bulundurularak 11.1 volt ile çalışan bir model olmasına karar verilmiştir. 1300mAh 11.1V 25C 3SP Lityum Polimer batarya motorun çalışması için gereken değerleri sağlamaktadır.



Şekil 3.29. Lipo Pil

3.11.5. İşlemci (Kontrolcü Seçimi)

Tablo 3.7. İşlemci Alternatifleri

Kontrolcü	CPU	RAM	WI-FI
Pixhawk	1.4GHz 64-bit quad-core ARMv8	1GB DDR2	802.11 b/g/n/ac
Raspberry pi zero	1 GHz Low power ARM1176JZ-F	512MB	Yok

Daha hızlı olması ve uçuş sırasında sistemi görmemizi sağlayacak wifi sistemi olması ve açık kaynak yazılımı nedeniyle ve Tablo 3.7'deki avantajları nedeniyle Pixhawk tercih edilmiştir.



Şekil 3.30. İşlemci Pixhawk Görüntüsü

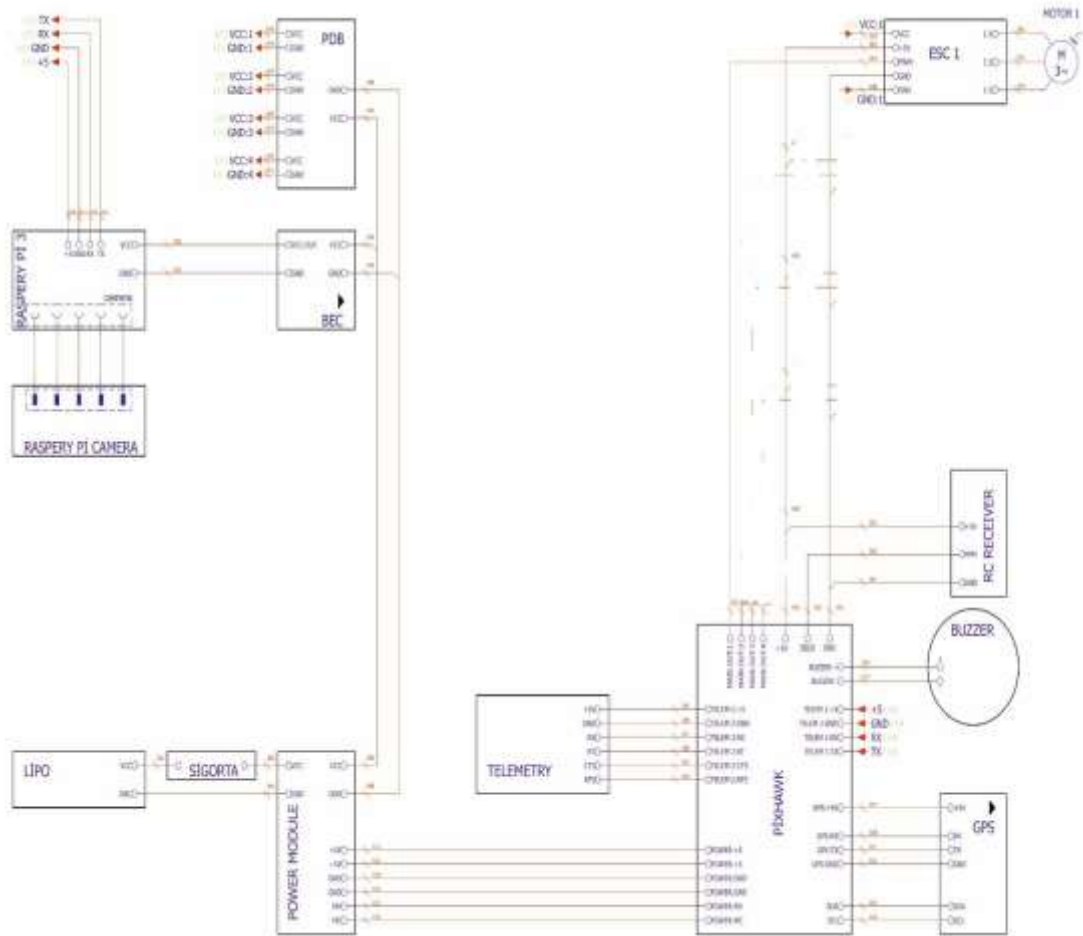
3.11.6. GPS Seçimi

Tablo 3.8. GPS Alternatifleri

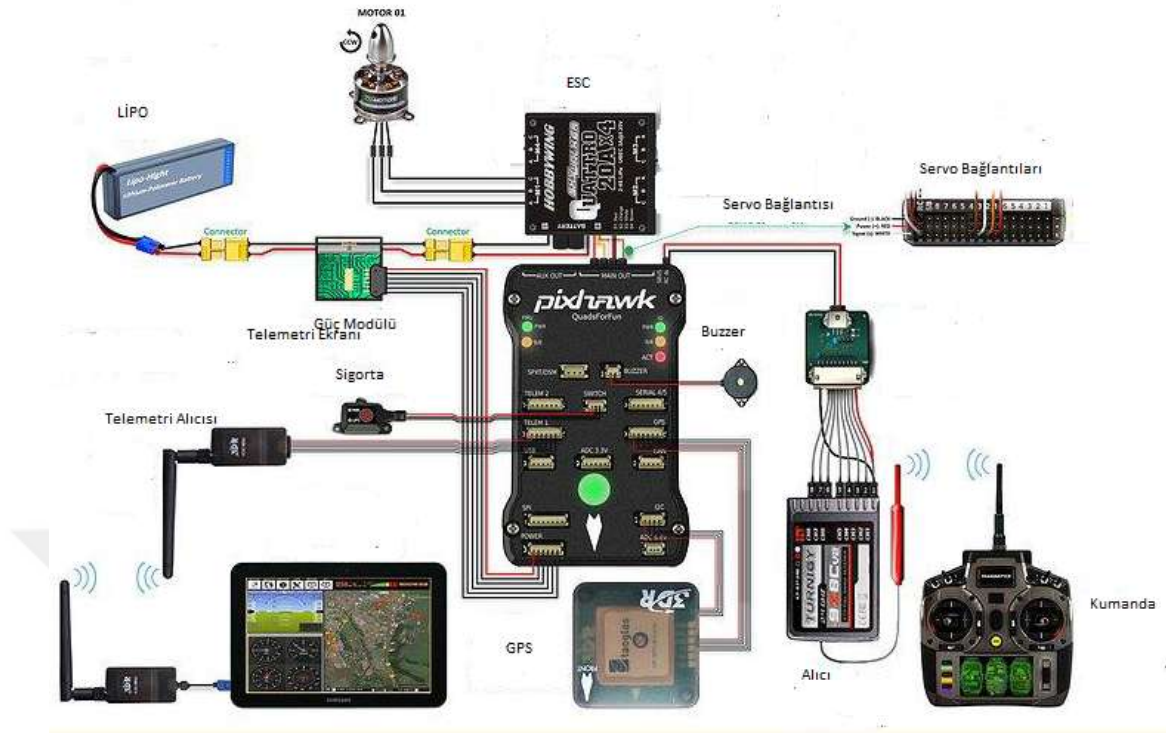
Seçenek	Marka-Model	Ağırlık (g)	Hassasiyet (m)	Boyut
1	Mini Ublox NEO-M8N	18	0.6	45x45x10mm
2	GY-NEO6MV2	16	5	25x25mm

Tablo 3.8’de GPS seçilirken ağırlık ve konum hassasiyeti dikkate alınmıştır. Ağırlık olarak daha yüksek olmasına karşın daha fazla konum hassasiyeti olan 1. seçenek tercih edilmiştir.

3.12. Kontrol Sistemleri



Şekil 3.31. Sistemin Elektriksel Bağlantı Şeması [31]



Şekil 3.32. Sistemin Elektriksel Bağlantıları [31]

Pixhawk oto pilot kartı, GPS modülü, devre anahtarı(sigorta), telemetri sistemi, batarya, standart servolar, receiver, ESC ve elektrikli motordur. Devrenin kontrolü ve yönetimini oto pilot kartı ve ESC sağlamaktadır. Sigorta, gerektiğinde elektrik akımını keserek devreyi durdurmaktadır. GPS modülü ve telemetri sistemi oto pilot kartına bağlıdır ve yer istasyonuna gerekli bilgilerin gönderilmesini sağlamaktadır. Oto pilot kartı, yer istasyonuna veri aktarımı, oto pilot yazılımının çalışması, devrenin kontrolü ve yönetimi görevlerini üstlenmiştir. Batarya devreye ve motora elektrik akımı sağlayan kaynaktır ve doğrudan ESC ile kontrol edilmekte, akım ESC üzerinden devreye aktarılmaktadır. Motor ve diğer devre elemanları ESC üzerinden gelen akım ile çalışmaktadır.

İHA kontrol edebilmek için yukardaki şekildedeki görüldüğü gibi uçağın içine yerleştirilmiş alıcı ile kumanda cihazı yani verici radyo frekansları ile haberleşirler. Radyo kumandada ki düğme ve çubuklar kullanılarak İHA'ya komutlar radyo sinyalleri ile gönderilir. İHANın içindeki alıcı bu gönderilen radyo sinyallerini alıp işleyerek uçağın kontrol yüzeyini hareket ettirecek komutları oluşturur. Bu komutlar kontrol yüzeylerine bağlı olan servo motorları çalıştırır ve bu uçağın verilen komuta göre kontrol edilmesini sağlar. Bu sürecin eksiksiz işleyebilmesi için doğru parka seçimi büyük önem taşır. Tasarımımızda kumanda olarak Frsky Taranis X9D Plus 16 Kanal

2.4Ghz ACCST Mode 2 Rc Kumanda 16 kanallı Kumanda tercih edilmiştir ilerde ekliyeceğimiz sistemler olacağından boş kanalın olması avantaj sağlayacaktır. İşlemci olarak Pixhawk, Yer istasyonu Yazılımı için Apm Planner tercih edilmiştir. Ayrıca görüntü aktarımı için Osd kullanılmıştır. Ayrıca hata mesajları için bir hat belirlenmiştir.

Yer istasyonu Sistemimiz şu kısımlardan meydana gelmiştir:

- Radyo Kumanda Kısım
- Telemetri alıcı kısım
- Görüntü alıcı kısım
- Uçuş kontrol bilgisayarı
- Uçuş komuta kontrol, görüntü ve telemetri datalarının ayarlanarak izlenebildiği yazılım. Aşağıda Yer istasyonu kumanda bağlantısı görülmektedir.



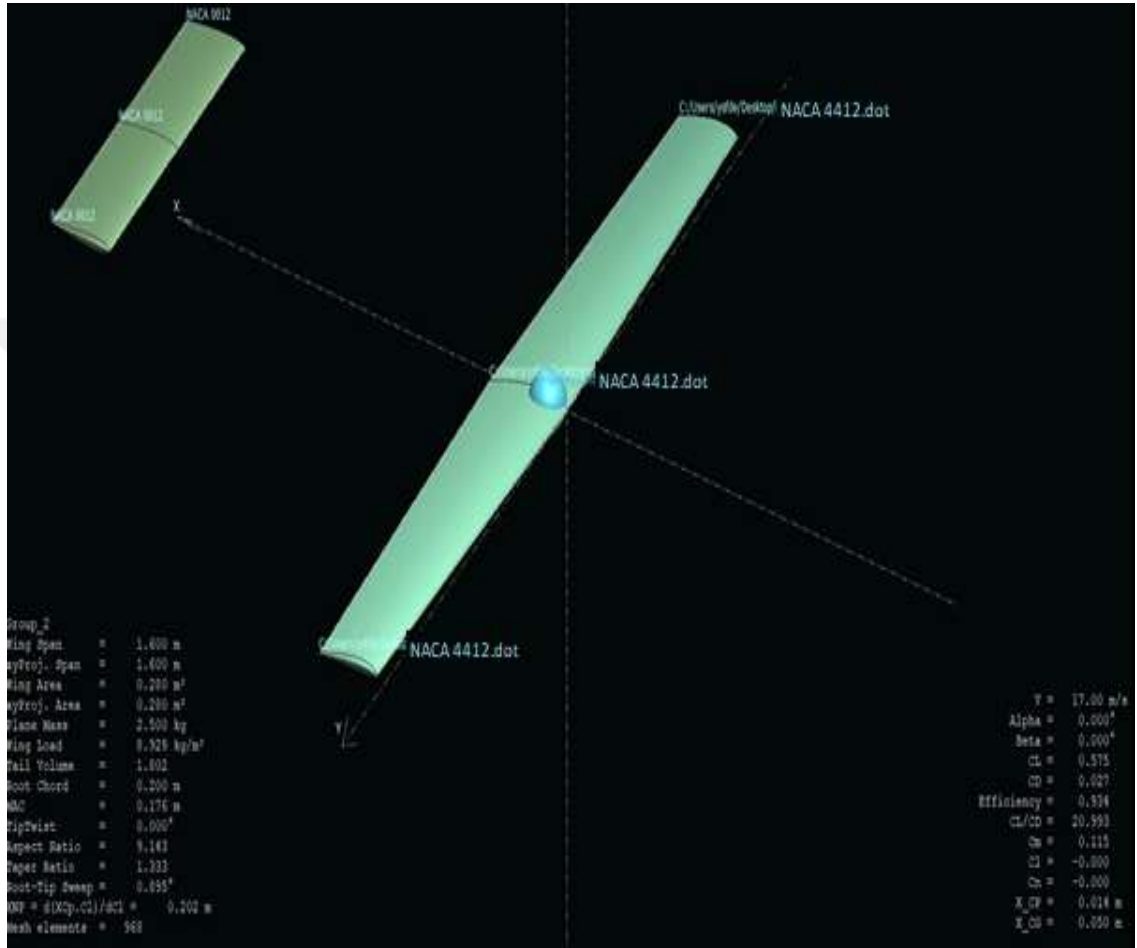
Şekil 3.33. Yer İstasyonu Kumanda Bağlantısı[31]

3.13. Wi-fi Kamera

Bizim tezimizde kullandığımız kablosuz kamera gerçek zamanlı bir HD Gimbal kameradır. Kameranın frekans aralığı 2.4GHz'dir. Görüş alanı gelişmiş modellerde 15.000 Feet/5.000 Metre civarına çıksada bizim kullandığımız modelde 1000 feet yaklaşık 350 metre civarında menzili vardır ve görüntü aktarımı yapabilmektedir. Bu

kamera sadece Vista veya XP işletim sisteminde kullanılabilir. Bu kablosuz kamera da aynı zamanda yerleşik bir mikrofonda bulunduğundan sesi de bilgisayardan alabilmekteyiz. Kameradan görüntü almamızı sağlayan bir hafıza kartı sd kart vardır. Bu sd sayesinde kameradan aldığımız görüntüler bilgisayara rahatlıkla aktarılır. Bilgisayarın kablosuz güç kaynağı veriyi radyo sinyaline dönüştürdükten sonra bu sinyali antene gönderir. Bu sinyal bir router sinyalidir. Wireless bu sinyali alıp, sinyalin şifresini çözer. Bu router sinyali internete bir kablo aracılığıyla bilgiyi gönderir. Yapılan bu işlemin tersi de gerçekleştirilebilir. Bu işlemde de router sinyali internet üzerinden gelen gerekli olan bilgileri alıp, bu bilgileri radyo sinyallerine dönüştürür. Dönüştürülmüş olan bu radyo sinyalleri de bilgisayarın kablosuz adaptörüne gönderilir. WiFi haberleşmesi telsiz haberleşmesi ile birçok benzerlikte göstermektedir. Her ikisi haberleşmede de radyo sinyalleri gönderilip alınır ve bu radyo bu sinyalleri 1 ve 0 dijital değerlerine dönüştürülür. Buna rağmen, WiFi haberleşmesinin diğer radyo haberleşmelerine göre bazı önemli farkları vardır: WiFi haberleşmesinde ya 2.4 GHz ya da 5.8 GHz sinyalleri kullanılır. Bu frekanslar cep telefonu ve el telsizlerinin kullandıkları frekanslara oranla çok yüksektir. Wi-fi haberleşmesinde bu frekansların kullanılmasının sebebi; yüksek frekanslarda veri iletimi daha iyi sağlanmaktadır. Son olarak Wi-Fi haberleşmesi için 802.11 standartları kullanılmaktadır. 802.11a: 5.8 GHz'lik frekans bandını kullanır. Veri gönderebilme kapasitesi saniyede 54Mb'a kadar çıkabilmektedir. Bunların dışında orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) tekniğini kullanabildiğinden dolayı sinyalleri alıcıya göndermeden önce birçok alt sinyale böler. Bu sayede sinyal üzerindeki gürültü azaltılmış olur. 802.11b: Çok yavaş ve oldukça ekonomiktir. Ucuz olduğundan dolayı en çok kullanılan standartlardan biri haline gelmiştir. 2.4 GHz frekansında veri gönderir. Veri gönderebilme kapasitesi saniyede en fazla 11Mb'e kadar çıkar. Bu yüzden hızını arttırabilmek için complementary code keying (CCK) modülasyonunu kullanılır. 802.11g: 2.4 GHz frekans bandını kullanır. Saniyede 54 Mb veri gönderebilmektedir. Bu standart OFDM kodlamasını kullandığından 802.11b'ye göre daha hızlıdır. 802.11n: En yeni teknolojidir. Hızı önemli ölçüde arttırmaktadır. Örneğin; 802.11g teorik olarak saniyede 54 Mb veri gönderebilmesine rağmen pratikte en fazla 24 Mb/sn'lik hıza ulaşabilmektedir. Fakat bu teknoloji sayesinde saniyede 140 Mb gönderim hızına ulaşılabilir.

Bizim İHA'mızda online olarak görüntülerin aktarımı yapıldıktan sonra Matlab ve Python gibi görüntü işleme teknikleri kullanarak seçtiğimiz bölgemiz için çeşitli görüntü işleme işlemleri yapılmıştır.



Şekil 3.34. Ağırlık Merkezinin XFLR5 ile Bulunması

İnsansız Hava Aracının kamera sisteminin yani gimbalin iyi tasarlanması büyük önem arz etmektedir. Yukardaki şekilde ağırlık merkezinin yerinin xflr5 analizi ile bulunması görülmektedir. Gimbal sistemi tasarlanırken minimum ağırlıkta ve hata riski düşük kompleks olmayan bir yapı oluşturulmasına özen gösterilmiştir. Bu nedenle hazır bir model değil kendi tasarımı olan arduino ile gimbal tasarımı yapılmıştır. gövde altına bağlanan iki servo ile çalışan mekanizma kullanılmıştır. Yazılım olarak Arduino yazılımı kullanılmıştır. Yukardaki şekilde xflr5 ile tespit ettiğimiz yere gimbal kamerayı yerleştirerek aerodinamik yapıyı bozmayacak aynı zamanda gimbal kameranın iniş ve kalkışta olası sürtmelerinin önüne geçilecektir.

3.14. İHA ile Bölgede Aldığımız Görüntüler

Yukarda ifade ettiğimiz yöntem ile aldığımız görüntüleri sistemimizde Matlab gibi görüntü işleme programları ile işlemek gelişme alanıdır. Aşağıda bölgemizde olan değişikliklerin ham görüntü ile karşılaştırarak farkına varılmış elle işaretlenmiştir. Bunu Online olarak yapabilmemizde tezimizin gelişme alanıdır.



Şekil 3.35. Bölgemizin Ham Hali



Şekil 3.36. Bölgemizdeki Değişikliklerin Tespiti



Şekil 3.37. Bölgemizde Tören Görüntüsü



Şekil 3.38. Bölgemizde Tören Görüntüsü



Şekil 3.39. Bölgemizde Farklı Zamanda Alınan Görüntüler



Şekil 3.40. Bölgemizde Farklı Zamanda Alınan Görüntüler



Şekil 3.41. Bölgemizde Farklı Zamanda Alınan Görüntüler



Şekil 3.42. Bölgemizde Faklı Zamanda Alınan Görüntüler



Şekil 3.43. Bölgemizde Faklı Zamanda Alınan Görüntüler

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuç olarak tasarlayıp imalatını yaptığımız İHA kullanımıyla bölgesel güvenlikte kullanımıyla var olan bir açığın kapatılmasına katkı sağlayacaktır. Tasarladığımız İHA'nın tasarım süreci katılmış olduğumuz Teknofest 2018 kapsamındaki Hayallerine Uç Liselerarası Model Uçak Yarışmasında başlamış olup, diğer takımların bilgi ve deneyimlerinden faydalanarak, tasarımımız geliştirilmiştir. Tasarladığımız insansız hava aracını diğer İHA'lerden ayıran yada farklı kılan özelliğine gelecek olursak tasarımın tamamında xflr5 ve xfoil gibi bilimsel tasarım ve yapım programlarıyla testlerin sanal ortamda optimizasyonu yapılarak üretilmiştir, bir diğer ayırt edici özellik ise gövde iskeletinde kompozit katkılı karbon malzeme kullanılarak elde ettiğimiz gövde iskeleti + şeklinde keel beam yapısında gövde ana iskeletinde taşımak istediğimiz faydalı yüklerin tasarımında bu gimbal kamera olarak seçilmiştir, ayrıca kanat yapımızda analizini yapmış olduğumuz profilde imal edilerek gövdeye çatal mantığıyla karbon çubuklarla geçmiştir, Ayırt edici bir diğer özellik gimbal kamera mekanizmasının yani titreşimin tersi yönde hareket eden mekanizmanın arduino uno yazılım paketi ve servolarla yapılmasıdır. Çalışmamızda ürettiğimiz İHA yer istasyonuna gelen anlık görüntülerin operator vasıtasıyla gelen bilgiyi alarak bölgede meydana gelen olay ve durumları tespit etmiştir. Bu tez kapsamında, sivil ihtiyaçlar göz önünde bulundurularak önerilen pistten yada elden atılarak kalkış yapabilen, havada askıda kalabilen, sabit kanatlı insansız hava aracı için hem aerodinamik ve yapısal analizleri xflr5 xfoil analizleri içeren bir İHA geliştirilmiştir. Uçuş süresini en iyilemek için aerodinamik verimliliği yüksek süzülme sağlayan konvansiyonel gövde ve kuyruk yapısı seçilmiştir. Ayrıca görüntü işleme yazılımı ile anlık olarak olmasa bile kayıtlar üzerinden tespit edilemeyen noktalar görüntüler arasındaki fark yukarıda anlatıldığı gibi tespit edilmiştir. Gövdenin ön-alt kısmına 360 derece görüş özelliği olan, kontrol ekranı sayesinde anında

görüntü aktarımı yapabilen gimbal bir kamera yerleştirilmiştir. İHA'nın güç kaynağı 11.1-14.8 V;. Aileron, rudder ve elevator gövdeye ve kanatlara sabitlenmiş servolarla hareket almaktadır. Servoların ve motorun kontrolü ESC yardımıyla bir uzaktan kumanda ile yapılmaktadır. İHA'nın teknik özellikleri 1300gr ağırlığında, 125 cm kanat boyunda, 195 cm uçak boyunda, üstten kanlı, konvansiyonel kuyruğa sahip, konvansiyonel gövdeye sahip, gövde altında gimbal kamera bulunmaktadır. Gimbalimizden Anlık görüntü aktarımı yapılmakta fakat, Anlık görüntü işleme özelliği yapmamaktadır, bu özelliğin eklenmesiyle daha kullanışlı hale gelecektir. Böyle bir yapıya geçmesi için maddi kaynağa ihtiyaç duyulmaktadır. Tasarladığımız İHA test, arge amaçlı olduğu için irtifa ve gideceği mesafe açısından sınırlı gerekli durumdadır, gerekli iyileştirmeler ve maddi kaynak sağlandığı takdirde gelişerek daha kullanışlı hale gelecektir.

KAYNAKÇA

- [1] Naval History Timeline 1915-1919, Eugene M.Emme, comp., Aeronautics and Astronautics, “An American Chronology of Science and Technology in the Exploration of Space, 1915-1960” (Washington,DC: National Aeronautics and Space Administration,1961), pp. 1-11.
- [2] Çetin, Ö. “Otonom İHA’ ların Uçuş Kontrol ve Navigasyon Görevleri için Bulanık Mantık Tabanlı Çözüm Yaklaşımı”, Yüksek Lisans Tezi, Hava Harp Okulu, Hutun, Temmuz 2008.
- [3] Kaplankıran, Ö. “Mini İHA Etrafındaki Akışın Sayısal Olarak İncelenmesi, Hava Harp Okulu, Hutun, Temmuz 2007.
- [4] Newcome, L.R., “Unmanned Aviation A Brief History of Unmanned Air Vehicles” AIAA inc., Virginia 2004.
- [5] Karamanlı, İ.A., “Model İnsansız Hava Aracı Üretimi ”, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 1-5 (2018). Military balloons 1850 – 1900
- [6] Haser A. B.,2010. Bu İnsansız Hava Aracından Daha Önce Yapmamış mıydık? Bilim ve Teknik Dergisi Aralık 2010, S. 32-37.
- [7] Owen,Bomes (2009), “RoyalAir Force, Directorate of DefenceStudies, AirPower- UAVs: TheWiderContext.”.
- [8] Güney K., ve Onay M., , İnsansız Hava Araçları Ve İmge İşlemenin Vizyonu, Kayseri V. Havacılık Sempozyumu, Kayseri, 2004.
- [9] Yılmaz A., “Kamera kullanılarak görüntü işleme yoluyla gerçek zamanlı güvenlik uygulaması,” Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 102, İstanbul, 2007.
- [10] İ. C. Dikmen, A. Arısoy and H. Temeltaş, “Dikey İniş-Kalkış Yapabilen Dört Rotorlu Hava Aracının (Quadrotor) Uçuş Kontrolü”, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, sayı 3, sayfa 33-40, Ocak 2010.*

- [11] Genç, M. S. ve Özışık, G. ve Kahraman, N., “Düz Flaplı Naca0012 Kanat Profilinin Aerodinamik Performansının İncelenmesi”, **Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi**, **28**: 1-8 (2008).
- [12] Karagöz, Ö., “Mini İnsansız Hava Aracı Tasarımı Ve Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, İstanbul, 150-152 (2011).
- [13] Kerimoğlu, K., “Sabit Kanatlı Bir İnsansız Hava Aracı İçin Düşük Bütçeli Otopilot Sistemi Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 58-60 (2011).
- [14] Dereli, Y., “Turaç İnsansız Hava Aracının Yapısal Modelinin Hazırlanması Ve Analizlerinin Yapılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 71 (2014).
- [15] Kaya, N., “Hidrojen Kullanan Turbofanlı Bir İnsansız Hava Aracının Ekserjetik Sürdürülebilirlik Analizi”, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 211-219 (2015).
- [16] Gülbahar, Ö., “Karayel İnsansız Hava Aracının Statik Ve Dinamik Analizleri”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2-4 (2015).
- [17] Köse, Ö., “İnsansız Hava Aracında Kuyruk Konisinin Optimizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 30-31 (2016).
- [18] Ozdemir U., Y. O. Aktas, K. Demirbag, A. Erdem, G. D. Kalaycıoğlu, I. Ozkol, G. Inalhan ‘Design of a Commercial Hybrid VTOL UAV System’ 2013 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), Grand Hyatt Atlanta, Atlanta, 2013.
- [19] Mikrokopter, <http://www.mikrokopter.com> (Şubat, 2011).
- [20] G. Hoffmann, D. G. Rajnarayan, S. L. Waslander, D. Dostal, J. S. Jang and C. J. Tomlin, “The Stanford Testbed of Autonomous Rotorcraft for Multi-Agent Control (STARMAC)”, *23rd Digital Avionics Systems Conference*, 2004.
- [21] Aksoy, E., Kurtcebe C “Model Uçak Kavramsal Tasarımı ”, Bitirme Çalışması, İstanbul Teknik Üniversitesi , İstanbul, 1-5 (2018).

- [22] Gümüş, F “Arduino ile Gimbal ”<https://www.muhendisbeyinler.net/arduino-ile-gimbal-yapalim/> (Erişim Tarihi 20.05.2019)
- [23] Benveniste, R.,Gökçe, B “Radyo Kontrol Ve Yer İstasyonları Tasarımı ”, 2018 Tübitak Uluslararası İnsansız Hava Araçları Yarışması Eğitimi, Tüside , Gebze, 15-18 (2018).
- [24] Güllü Recep İnsansız Hava Araçlarının Sınıflandırılması 2 Ocak 2012 <http://e-atolye.net/2012/01/02/insansiz-hava-araclarinin-siniflandirilmasi> (Erişim Tarihi 20.05.2019)
- [25] Uçarer S., Yokuş Z., Pürsünlü A., Atar E. ‘Hayallerine Uç Model Uçak Yarışması Teknofest 2018 Final Raporu’ 10-51 (2018)
- [26] Mertcan, A. “Uçuş Prensipleri” <https://image.slidesharecdn.com/080-uus-prensipleri-151128170047-lva1-app6891/95/080-uusprensipleri-11-1024.jpg?cb=1448730141> Erişim Tarihi:10.02.2019
- [27] Eken, A., “Sabit Kanatlı İha Aerodinamik Ve Uçuş Mekanikliği ”, 2018 Tübitak Uluslararası İnsansız Hava Araçları Yarışması Eğitimi, Tüside , Gebze, 9-11 (2018).
- [28] Yükselen M, A., “UCK 351 Aerodinamik Ders Notları”, 2015 İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2-6 (2018).
- [29] Advances in Unmanned Aerial Vehicles Stateof the Art and the Road to Autonomy, Springer, 2007
- [30] S. L. Waslander, G. Hoffmann, J. S. Jang and C. J. Tomlin, “Multi-Agent X4-Flyer Testbed Control Design: Integral Sliding Mode vs. Reinforcement Learning”, *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2005.
- [31] Benveniste R, A., “Radyo Kontrol Ve Yer İstasyonları Tasarımı”, 2018 Tübitak Uluslararası İnsansız Hava Araçları Yarışması Eğitimi, Tüside , Gebze, 9-48 (2018).
- [32] Mevlütoğlu, Arda (2009), İnsansız Hava Araçları Ve Ağ Merkezli Muharebe Kavramı, TMMOB Makina Mühendisleri Odası V. Ulusal Uçak, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı, Eskişehir.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Seyit BATGI
Uyruğu: Türkiye (T.C)
Doğum Tarihi ve Yeri: 19.07.1984 - Kayseri
Medeni Durum: Bekar
e-mail: seyitbatgi@gmail.com
Yazışma Adresi: seyitbatgi@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi , Sivil Havacılık Y.L.	Devam ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi, Elektronik Öğretmenliği	2011
Lise	Seydişehir EML, KONYA	2002

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2016-Halen	Meb Merkez Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Öğretmen
2011-2016	Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi	Memur

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

- 1- Onay M., Sonmez F.O., Özçelik Z., Batgi S., Çanga Ö., Cebeci N., “Use of Unmanned Aircraft for Regional Security Purposes”, MAS International Conference on Mathematics-Engineering-Natural&Medical Sciences-V, Kiev, Ukraine, July 12-14, 2019.
- 2- Onay M., Sonmez F.O., Özçelik Z., Batgi S., Çanga Ö., Cebeci N., “Mathematical Modelling and Control System Examining on Different Type of Unmanned Aerial Vehicles”, MAS International Conference on Mathematics-Engineering-Natural&Medical Sciences-V, Kiev, Ukraine, July 12-14, 2019.
- 3- Onay M., Sonmez F.O., Özçelik Z., Batgi S., Çanga Ö., Cebeci N., “Mobile Ground Control Station Design for Android Tablets and Phones”, MAS International Conference on Mathematics-Engineering-Natural&Medical Sciences-V, Kiev, Ukraine, July 12-14, 2019.
- 4- Onay M., Batgi S., Özkoca M., Çıklaiblikçi K. İ., “İnsansız Hava Aracı ile Trafik Denetimi”, 4. Karayolu Trafik Güvenliği Sempozyumu / Seçilmiş Bildiriler – 2, 157-167, 2013.