

T.C
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

SEMRÜK GÖZCÜ İHA

BİTİRME PROJESİ

Hayri Alperen İŞLER

Oğuzhan HAFIZOĞLU

Salih MAZLUM

Ömer YÜZBAŞIOĞLU

HAZİRAN 2021

TRABZON

T.C
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

SEMRÜK GÖZCÜ İHA

Hayri Alperen İŞLER

Oğuzhan HAFIZOĞLU

Salih MAZLUM

Ömer YÜZBAŞIOĞLU

Danışman: Doç. Dr. Yasin ALEMDAĞ

Bölüm Başkanı: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU

HAZİRAN 2021

TRABZON

ÖNSÖZ

Tasarım projeleri uzun ve zorlu süreçler sonunda ortaya çıkan ürünlerdir. Bu zorlu süreçte yolumuza ışık tutan görüşlerini samimiyetini ve hiçbir zaman desteğini eksik etmeyen değerli hocamız Doç. Dr. Yasin Alemdağ'a teşekkürlerimizi sunarız.

Ayrıca, bizleri bugünlere yetiştiren, bizlerden sevgilerini ve desteklerini asla esirgemeyen ailelerimize, bize çalışmalarıyla örnek olan tüm bölüm hocalarımıza saygı ve sevgilerimizi sunarız.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1 Giriş.....	1
1.1.1 İnsansız Hava Aracı Tanımı ve Tarihçesi.....	2
1.1.2 İHA Sistemlerinin Avantajları.....	3
1.1.3 İHA Sistemlerinin Unsurları.....	4
1.1.4 Drone (Quadcopter) Tanımı ve Tarihçesi.....	4
1.1.5 Drone (Quadcopter) Kullanım Alanları.....	5
1.1.5.1 Endüstriyel Uygulamalar.....	5
1.1.5.2 Haritalama.....	6
1.1.5.3 Taşımacılık.....	7
1.1.5.4 Fotoğrafçılık.....	7
1.1.5.5 Yangın Söndürme.....	8
1.2 Literatür Taraması.....	8
1.3 Kısıtlar ve Koşullar.....	10
1.4 Çalışma Prensipleri.....	10
1.4.1 Dronlar Nasıl Uçar?.....	11
1.4.2 Roll (Yuvarlanma).....	13
1.4.3 Pitch (İleri-geri).....	13

1.4.4 Yaw (Dönme)	14
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	15
2.1 Quadcopter Dinamiği	15
2.1.1 Quadcopter Matematiksel Modeli	15
2.1.1.1 Eksen Seçimi	15
2.1.1.2 Açısal İvme	15
2.1.1.3 Motorun Çalışma Devri	16
2.1.1.4 Motorun Açısal Hız Değeri	16
2.1.1.5 Pervane Alanı	16
2.2 Aerodinamik Kuvvetler Ve Momentlerin Hesaplanması	17
2.2.1 Pervanenin Maksimum Yarıçapının Hesaplanması	17
2.2.2 Pervanenin İtke Kuvveti	18
2.2.3 Pervanenin Harcadığı Güç	18
2.2.4 Taşıma Kuvveti	18
2.2.5 Motorun Moment Hesabı	18
2.2.6 Uçuş Süresinin Hesaplanması	19
2.2.7 Menzil Hesaplaması	19
2.2.8 Tırmanma Hızı	19
2.3 Kuvvet Denklemleri	20
2.3.1 Quadcopterin Ağırlığı	20
2.3.2 Direnç Kuvvetleri	20
2.3.3 Quadcopterin Kalkış Anındaki Kuvvet Analizi	20
2.3.4 Quadcopterin Seyir Anındaki Kuvvet Analizi	22
2.4 Maliyet Hesabı	23
3. BULGULAR	24

3.1 Quadcopter Parçaları.....	24
3.1.1 Gövde (Frame) - Şase.....	24
3.1.2 Pervane Ve Motor.....	25
3.1.3 Kumanda Seti Ve Alıcı.....	26
3.1.4 Telemetry Alıcı Ve Verici.....	27
3.1.5 Batarya Ve Şarj Aleti.....	28
3.1.6 Kontrol Kartı (Uçuş Kontrolcüsü)	29
3.1.7 Elektronik Hız Kontrol Kartı (ESC - Electronic speed control)	29
3.1.8 Havadan Görüntüleme Sistemi (Kamera).....	30
3.2 Çevresel Etki Değerlendirmesi.....	31
4. TARTIŞMA.....	33
5. SONUÇLAR.....	33
6. ÖNERİLER.....	34
7. KULLANILAN KAYNAKLAR.....	35
8. EKLER.....	36

ÖZET

Günümüz havacılığının kuşkusuz en çok ilgi gören ve bu ilgiye paralel olarak oldukça hızlı büyüyen İnsansız Hava Araçlarının (İHA) hayatımızın birçok alanında etkisini arttırdığı bilinmektedir. Bu yeni teknolojiler, başta güvenlik alanı olmak üzere birçok sektörde pratik ve analitik yönden yeni bir bakış açısı sağlamıştır. İHA sektörü son derece gelişime açık ve çok farklı ihtiyaçlara gerek duyan bir sektör olmuştur. Projemizin konusu olan dört rotorlu drone (quadcopter) ise dikey kalkış ve iniş (VTOL) özelliği, yüksek manevra kabiliyeti sayesinde klasik İnsansız Hava Araçlarına göre birçok avantaja sahiptir. Daha basit yapıda olmasına rağmen VTOL özelliği sayesinde daha zor ve kısıtlı ortamlarda piste ihtiyaç duymadan kullanılabilir.

Farklı boyutlarda İHA'lar olsa da her birinin farklı avantaj ve dezavantajı mevcuttur. Yapılan bu projede muadillerine göre daha sessiz, hafif, ucuz ve basit kullanışlı drone planlanmıştır. Bu konu hakkında çeşitli internet siteleri ve kaynak kitaplardan araştırmalar yapılmıştır. Yapılan bu araştırmalar sonucunda teorik olarak projemizin artı ve eksi yönlerini analiz ettik. Ancak bu konuda bütünleşmiş olarak hazırlanmış Türkçe kaynak sayısı oldukça sınırlıdır.

Yapmış olduğumuz bu çalışmada, dikey kalkış ve iniş (VTOL) özelliğine sahip bir quadcopter tasarlanmıştır. Yapılan bu tasarım doğrultusunda gerekli mühendislik hesaplamaları yapılarak teorik veriler belirlenmiştir. Newton'un hareket yasaları kullanılarak kuvvet denklemleri elde edilmiştir. Solidworks programı kullanılarak quadcopter parçaları 3 boyutlu olarak çizilip montajı yapılmıştır. Ardından yapılan bu montaj teknik resim ortamına aktarılmış olup ölçülendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: quadcopter, İHA, VTOL, hafif, sessiz

SUMMARY

It is known that the impacts of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), which doubtlessly receive the most attention in today's aviation and grow very rapidly in parallel with this interest, are seen in many areas of our lives. These new technologies have provided a new perspective in practical and analytical terms in many sectors, particularly in the security field. The UAV sector has become an industry that is open to development and has very different needs. The four-rotor drone (Quadcopter), which is the subject of our project, has many advantages over conventional Unmanned Aerial Vehicles thanks to its vertical take-off and landing (VTOL) feature and high maneuverability.

Although, it has a simpler structure, thanks to its VTOL feature, it can be used in more difficult and restricted environments without the need for a runway. Even though, there are different sizes of UAVs, each has different advantages and disadvantages. In this project, quieter, lighter, cheaper, simpler, and more useful drones are planned compared to its equivalents. Researches have been made on this subject from various websites and resource books. As a result of these researches, we theoretically analyzed the pros and cons of our project. However, the number of integrated Turkish resources on this subject is quite limited.

In this study, a quadcopter with vertical take-off and landing (VTOL) feature was designed. In line with this design, necessary engineering calculations were made and theoretical data were determined. The force equations are obtained using Newton's laws of motion. Quadcopter parts were drawn using the Solidworks program and assembled in 3D. Later, this assembly was transferred to the drawing environment and its dimensions were taken.

Key Words: quadcopter, UAV, VTOL, light, quiet

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1: General Atomics MQ-9 Reaper.....	1
Şekil 1.2: Northrop Grumman MQ-4C Triton.....	2
Şekil 1.3: İHA Sistemlerinin Unsurları.....	4
Şekil 1.4: Ziraî ilaçlama dronu.....	6
Şekil 1.5: Haritalama dronu.....	7
Şekil 1.6: Taşımacılık (kargo drone)	7
Şekil 1.7: Fotoğrafçılık ve reklamcılık (DJI Inspire 2).....	8
Şekil 1.8: Yangın söndürme dronu.....	8
Şekil 1.9: Gövde çeşitleri.....	11
Şekil 1.10: Seyir esnasında etki eden kuvvetler.....	12
Şekil 1.11: Roll (yuvarlanma) hareketi.....	13
Şekil 1.12: İleri veya geri uçuş hareketi.....	13
Şekil 1.13: Dönme hareketi.....	14
Şekil 1.14: Eksenel hareket.....	14
Şekil 3.13: Eksen gösterimi.....	23
Şekil 3.14: θ (Pitch) , ψ (yaw) ve ϕ (roll) açıları.....	25
Şekil 3.15: Quadcopter yardımcı kuvvetler.....	28
Şekil 3.16: Kalkış anındaki Quadcopter'in serbest cisim diyagramı.....	29
Şekil 3.1: F450 quadcopter gövdesi.....	16
Şekil 3.2: Projede kullanılacak pervane.....	17
Şekil 3.3: Projede kullanılacak A2212 1400KV Fırçasız (Brushless) Motor.....	18
Şekil 3.4: Fırçasız doğru akım motoru.....	18
Şekil 3.5: Flysky FS-İ6X 2.4GHz 6 Kanal Kumanda ve 6 Kanal FS-İA6B Alıcı.....	19
Şekil 3.6: Radiolink R12DS 12 kanal Alıcı 2.4GHz.....	19

Şekil 3.7: 3dr 915 Mhz Telemetry Alıcı seti.....	20
Şekil 3.8: Force-Up 11.1V 3500mAh LiPo Batarya.....	20
Şekil 3.9: Kullanılacak Sp Racing F3 Fpv Drone Uçuş kontrol Kartı.....	21
Şekil 3.10: Kullanılacak Emax 30 Amper Fırçasız Motor Sürücü Modülü.....	22
Şekil 3.11: Foxeer Arrow Pro Mikro FPV Kamera NTSC.....	22
Şekil 3.12: Drone parçalarının şematik gösterimi.....	23
Şekil 3.13: İHA Uçururken Uyulması Gereken Kurallar.....	32
Şekil 8.1: 3 Boyutlu görsel (önden).....	36
Şekil 8.2: 3 Boyutlu görsel (üstten).....	36
Şekil 8.3: 3 Boyutlu görsel (yandan).....	37
Şekil 8.4: Teknik Resim 1 (üst görünüş).....	37
Şekil 8.5: Teknik Resim 2 (ön görünüş)	38
Şekil 8.6: Teknik Resim 3 (yan görünüş)	38

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1: İnsansız Hava Araçlarının Sınıflandırması.....	3
Tablo 2: Haftalık çalışma programı.....	15
Tablo 3: Maliyet hesabı.....	33

SEMBOLLER DİZİNİ

H : Açısal momentum

I : Eylemsizlik momenti

ω : Açısal hız

S_w : Pervane alanı

θ , ψ , ϕ : Yunuslama , yalpalama , yuvarlanma açısı

T : İtke kuvveti

ρ : Havanın yoğunluğu

c_T : Pervane itki sabiti

r : Pervane yarıçapı

C_p : Pervane güç sabiti

n : Devir sayısı

L : Taşıma kuvveti

C_L : Taşıma katsayısı

v_a : Havanın hızı

Ω : Motorların açısal hızı

c_M : Moment katsayısı

c : Viter uzunluğu

v_L : Dönme hızı

t : Uçuş süresi

v_c : Tırmanma hızı

g : Yerçekimi ivmesi

F_g : Yerçekimi kuvveti

k_T : Pervane çekme katsayısı

h_0 : Başlangıç yüksekliği

c_D : Direnç katsayısı

m : kütle

F_{M1} , F_{M2} , F_{M3} , F_{M4} : Sırası ile motorların itme kuvvetleri

α : Quadcopterin yerle yaptığı açı

1. AMAÇ VE KAPSAM

Kullanım amaçlarına göre İnsansız Hava Araçları; askeri ve sivil olmak üzere birçok alana yayılmıştır. Bu alanlarda kullanılmak istenilen İHA'lar da istenilen başlıca özellikler ekonomik olması, performans, uçuş süresi, hafiflik ve görüntü aktarımı gibi etkenlerin sağlanabilmesi için seyir halindeki dengesinin iyi olması gerekmektedir.

Bu projede uçuş süresinin artırılması için daha yüksek kapasiteli ve verimli lityum polimer pil, yüksek devir sayısına sahip daha verimli fırçasız dc motor, uçuş dengesi ve süresi için daha hafif, dayanıklı gövde ve fiyat performans açısından daha ekonomik malzemeler kullanılmıştır.

1.1 Giriş

Projemiz çok amaçlı taşıyıcı bir drone olup kamera özelliğine sahiptir. İhtiyacı olunan bölgedeki durumu kamera yardımı ile tespit edip üzerindeki taşıyıcı kit sayesinde ihtiyacı olunan malzemeyi örneğin, yangın söndürücü ekipman, patlayıcı madde ve ilk yardım kiti vb. hafif kütleli malzemeleri serbest düşme yöntemi ile istenilen noktaya bırakan İnsansız Hava Aracıdır.

İmkânlarımız doğrultusunda hazırladığımız projenin taşıyabileceği ağırlık, fiyat performans açısından maksimum düzeyde tasarlanmıştır. Maliyet ile doğru orantılı bir şekilde projenin taşıma kapasitesi, menzil, uçuş süresi, irtifa vb. özellikleri geliştirilmeye müsaittir.



Şekil 1.1: General Atomics MQ-9 Reaper

1.1.1 İnsansız Hava Aracı Tanımı Ve Tarihçesi

İHA, İnsansız Hava Aracı'nın kısa adıdır. İngilizce karşılığı, Unmanned Air Vehicle (UAV)'dir.

İHA; aracın havada tutunmasında aerodinamik kuvvetlerden veya tahrik gücünden yararlanan, önceden programlanarak (otonom sürüş) veya yerden komuta ile harici bir pilot tarafından uçurulan motor gücüne sahip, silah veya yük taşıyabilen hava aracıdır.

Kullanım alanlarına göre oldukça geniş bir yelpazede çeşitleri bulunmaktadır. Avucunuzun içine alabileceğiniz kadar küçük olan da, tonlarca ağırlıkta olan da vardır. İnsansız hava aracı (İHA), genel olarak bilinen adıyla drone (Yerden kumandalı hava aracı) uzaktan kumanda edilen bir tür uçaktır. İHA'lar iki sınıfa ayrılır:

1.Uzaktan kumanda edilerek uçanlar

2.Kendiliğinden belli bir uçuş planı üzerinden otomatik olarak hareket edebilen uçaklardır.

Keşif amaçlı üretilen İHA'lar günümüzde birçok saldırı görevinde de kullanılmaktadır. Teröristlere karşı birçok başarılı saldırı gerçekleştiren bu hava araçları çoğu zaman sivil hedefleri de vurarak insan ölümlerine neden olmaktadır.

Son dönemlerde İHA'lar yangın söndürme amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Bu araçlar genellikle normal savaş uçakları için zor, kirli ve tehlikeli görevlerde kullanılır. Günümüzde çok farklı şekil, ebat, konfigürasyon ve karakterde araçlar üretilmektedir. Tarihsel olarak bakıldığında basitçe İHA'lar birer drondur.



Şekil 1.2: Northrop Grumman MQ-4C Triton

İlk olarak 1982 yılında İsrail tarafından kullanılan İHA'lar daha sonra ABD tarafından Hunter ve Pioneer programları ile kullanıma sokulmaya başlandı. Sonrasında teknolojinin gelişmesi havada en güvenilir şekilde kalabilen İnsansız Hava Araçları'nın kullanım alanlarını da artırmıştır.

1990'lı yıllarda askeri sektörün gelişmesine paralel olarak, Drone ifadesi yerine İnsansız Hava Aracı (İHA) ifadesi kullanılmaya başlanmıştır. 2010 yılına yaklaşırken İHA'nın sadece uçan platformu ifade etmesi ve uçuş için platforma ilave olarak en azından bir kontrol istasyonuna ve bir veri linkine ihtiyaç duyması nedeniyle İHA Sistemi (Unmanned Aircraft System-UAS) ifadesi yaygınlaşmaya başlamıştır.

Sınıfı	Kategorisi	Görev Yüksekliği (ft)	Görev Yarıçapı (km)	Sivil Kategori	Örnek Platform
Sınıf I (150 kg.dan hafif)	Mikro (<2 kg)	<200 (AGL)	5 (LOS)	Ağırlık Sınıfı Grup 1 Küçük İHA (<20 kg)	Black Widow 
	Mini (2-20 kg)	<3.000 (AGL)	25 (LOS)		Bayraktar, Malazgirt, Scan Eagle 
	Küçük (>20 kg)	<5.000 (AGL)	50 (LOS)	Ağırlık Sınıfı Grup 2 Hafif İHA (20-150 kg)	Hermes 90 
Sınıf II (150-600 kg)	Taktik	<10.000 (AGL)	200 (LOS)	Ağırlık Sınıfı Grup 3 İHA (>150 kg)	Bayraktar Taktik, Karayel, Aerostar 
Sınıf III (600 kg.dan ağır)	Orta İrtifa Uzun Havada Kalış (MALE)	<45.000 (MSL)	Limitsiz (BLOS)		ANKA, Heron, Predator, Reaper 
	Yüksek İrtifa Uzun Havada Kalış (HALE)	<65.000	Limitsiz (BLOS)		Global Hawk 
	Saldırı / Muharebe	<65.000	Limitsiz (BLOS)	X-47B, Phantom Ray 	

Tablo 1: İnsansız Hava Araçlarının Sınıflandırması

1.1.2 İHA Sistemlerinin Avantajları

İHA'ların insanlı uçaklara göre temel avantajları:

- Düşük idame ve işletme maliyeti,
- Daha uzun uçuş süresi, uçuş ekibi kaynaklı uçuş süresi limiti olmaması,
- Havada dinamik yeniden görevlendirme imkânı,
- İnsan kaynaklı hata riskinin asgari olması, sıkıcı (dull) ortamlarda etkin görev yapabilme kabiliyeti,
- Tehlikeli (dangerous) ve kirlili (dirty) ortamlarda, uçuş ekibi kaybı riski olmadan görev yapabilme imkânı,
- Kaza-kırım durumunda uçuş ekibi kaybı riskinin olmamasıdır.

1.1.3 İHA Sistemlerinin Unsurları

İHA sistemlerinin en önemli unsurları Şekil 1.3'de gösterilmiştir. İHA sisteminin kullanım maksadı, İHA'nın büyüklüğü vb. faktörlere göre bu unsurlardan bazıları olmayabilir veya büyüklükleri değişebilir.

Bu unsurlar temel olarak:

- Faydalı yükleri üzerinde taşıyan İHA,
- Kamera, füze, gübre, ilaç, bomba benzeri faydalı yükler,
- İHA sistemleri arasında ve ayrıca İHA sistemlerinin harici unsurlarla olan iletişimini sağlayan muhabere sistemleri,
- Görevlerin planlama, koordinasyon ve icrasında kullanılan komuta-kontrol unsuru,
- Yer sistemleri, teçhizatlar ve araçlardan oluşan destek unsuru,
- Sistemin işletilmesinde rol alan, İHA pilotundan bakım personeline kadar olan insan unsuru şeklinde listelenebilir.



Şekil 1.3: İHA sistemlerinin unsurları

1.1.4 Drone (Quadcopter) Tanımı ve Tarihçesi

Drone, (erkek arı) bir uzaktan kumanda ya da yazılımsal yönetim ile kolayca yönlendirilebilen İnsansız Hava Aracı'dır (İHA).

Multicopter sistemi birden fazla rotor ve pervane ile çalışan insansız hava araçlarının genel adıdır. Aynı zamanda bir helikopter türüdür. Rotor ve pervane sayılarına göre: Bicopter(2), tricopter(3), quadcopter(4), hexacopter(6), octocopter(8) farklı isimlerle adlandırılır. Bunların arasında diğerlerine göre kısmi kontrol kolaylığı sağlayan dört rotorlu

quadcopter en popüler olanıdır. Quadcopterler helikopterlerin aksine genellikle simetrik olarak yerleştirilmiş pervaneler kullanır. Bunlar kolektif olarak ayarlanır ancak helikopterdeki gibi döngüsel (cyclic) değildir. Cihazın kontrolü motorların dönüş hızını değiştirerek, yani tork yükünü ve itme/kaldırma karakteristiklerinde farklılık yaratarak sağlanır.

1.1.5 Drone (Quadcopter) Kullanım Alanları

Günümüzde çevik hareket kabiliyetinden, bulunduğu yerden dikey iniş-kalkış yapabilmesinden, hafif ve kullanışlı olmasından ve havada asılı kalabilmesi gibi yeteneklerinden dolayı “Multicopterler” diğer İHA’lara göre daha çok tercih edilmektedir.

Dronlar elbette kullanılacak amaçlara özel olarak üretiliyorlar. Dolayısıyla fotoğraf ve video çekimi için tasarlanmış bir İnsansız Hava Aracı ile taşımacılık için kullanılacak dronlar arasında teknik anlamda da ciddi farklar olabiliyor. Ancak temelde bu ürünler; gövde, kontrol kartı, motor, pervaneler, batarya, alıcı ve uzaktan kumandayı barındırıyor.

Başlıca kullanım alanları şu şekildedir;

- I. Savunma Sanayi
- II. Keşif Gözlem
- III. Yangın Söndürme

- V. Arazi yönetimi
- VI.Arkeoloji

- X. Arama ve Kurtarma
- XI. Endüstriyel Uygulamalar
- XII. Termal kamera
- XIII. Harita ve fotogrametri

1.1.5.1 Endüstriyel Uygulamalar

TürkUAV insansız hava sistemi çözümleri, petrokimya, doğal gaz, inşaat, iletişim, kamu hizmetleri, üretim ve fabrika gibi endüstriyel alanlarda izolasyon kontrolü, verici ve anten birimleri arıza tespiti, güneş paneli arıza tespiti, sızıntı tespiti, aşınma tespiti, arıza etüdü gibi birçok farklı uygulama alanlarında kullanılmaktadır.

Rüzgâr Türbinleri Türbin kuleleri ve kanatlarına dışarıdan yapılan gözle gözlem işlemini daha iyi (efektif), normal şartlarda tırmanarak veya vinç ile yapılan detaylı teftiş işlerini ise daha kolay, güvenli ve az maliyetle yapmaya olanak sağlar.

Boru Hatları Yüzlerce kilometre uzanan boru hatları üzerinde herhangi bir sızıntı veya aşınma tespitinin yanı sıra güvenlik denetimleri de daha hızlı, organize ve düşük maliyetle gerçekleştirilebilir.

Güneş Panelleri Binlerce panelin bulunduğu güneş enerjisi tarlalarında her bir panelin arıza tespiti, verimlilik oranı (termal kameralar ile) ve üzerinin toz kaplama durumunun tespiti için hem hızlı hem de düşük maliyetli bir yöntemdir.

Soğutma Kuleleri Üretim fabrikalarının soğutma kulelerinin herhangi bir bakım veya onarıma ihtiyaç duymasının tespiti gibi süreçlerin güvenli ve düşük maliyetle gerçekleştirilmesi adına kullanılmaktadır.

Dronların tarım sektörüne oldukça çok faydası vardır. Dronlar tarımda ilaçlama, gübreleme, haritalama, hastalık tespiti ve ölçüm gibi uygulamaları yapabiliyor. Bu sayede bu işlemler daha kısa sürede halledilebilmektedir. Dronlar ile çekilen görüntüler sayesinde verim artırıcı önlemler alınabiliyor. Ayrıca bitki eken dronlar da mevcuttur.



Şekil 1.4: Zirai ilaçlama dronu

1.1.5.2 Haritalama

Geniş araziler için havadan ekonomik, yüksek doğruluklu ve hızlı haritalar üretmek istiyorsanız; dronlar bunun için güzel bir çözüm olabilir. Drone kullanımı kadastro mülk sınırlarının belirlenmesi ya da şantiye altyapı tasarımlarının oluşumunda büyük kolaylıklar sağlar.



Şekil 1.5: Haritalama dronu

1.1.5.3 Taşımacılık

Taşımacılık dronların, özellikle kısa mesafelerde taşımacılık ve teslimat alanlarında da kullanılıyor. Bu ürünlerle posta dağıtımları birkaç farklı ülkede başlatılmış durumda. Benzer şekilde internet üzerinden verilen yemek siparişlerinin dağıtımı da bu ürünlerle yapılabiliyor. Taşımacılığın diğer bir ayağı ise bakkal ya da marketlerde yapılan alışverişlerin doğrudan kapının önüne getirilmesi. Drone, alt bölüme yerleştirilen özel mekanizma sayesinde yük taşıyabilir hale geliyor. Böylece alışveriş torbaları, drone altındaki özel keseye yükleniyor ve kapıya kadar getirilebiliyor.



Şekil 1.6: Taşımacılık (kargo drone)

1.1.5.4 Fotoğrafçılık

Reklamcılık dronların en yoğun kullanıldığı alanlardan biri, az önce belirttiğimiz reklamcılık sektörü. Havadan çekilen fotoğraf ve videolar, tanıtım amacıyla yoğun şekilde kullanılıyor. İnsansız Hava Araçları; doğrudan uzaktan kontrol edilip, belirli bir bölgenin

fotoğrafları ya da videoları çekilebiliyor. Bu işlemler için drone altına konumlandırılan kamerayla birlikte çekimler uzaktan kumandayla kontrol edilebiliyor.



Şekil 1.7: Fotoğrafçılık ve reklamcılık (DJI Inspire 2)

1.1.5.5 Yangın Söndürme

Yangın söndürme İHA'lar, uzunca bir süredir havadan yangın söndürme işlemlerinde de aktif rol üstleniyor. Daha çok sık ağaçlık ve orman gibi bölgelerde yani normal imkânlarla yangın söndürmeye müdahalenin aktif şekilde yapılamadığı durumlarda dronlar devreye giriyor. Uzaktan kontrol edilen dronlar, özel haznelerindeki suyu havadan boşaltarak, yangın söndürmede aktif rol üstlenebiliyor.



Şekil 1.8: Yangın söndürme dronu

1.2 Literatür Taraması

Tarihteki geçmişi incelendiğinde, askeri alanda kullanımı ile başlayan İHA sistemlerinin sivil alanda kullanımının giderek arttığı gözlemlenmektedir. Teknolojinin hızla gelişmesi, maliyetlerin azalması ve rafta hazır ticari (RAHAT) ürünlerin erişilebilirliği, bu

artışın başlıca nedenleridir. Ayrıca tehlikeli ve riskli operasyonlarda insanlı hava araçlarının yerine İHA'ların kullanımı, emniyet ve maliyet başta olmak üzere birçok yönden avantajı beraberinde getirmektedir.

İHA'ların kullanımı her ne kadar avantajları içinde barındırsa da sivil alandaki kullanımının, askeri alandaki kullanımına göre daha yavaş ilerlediği görülmektedir. Bunun en önemli nedeni, sivil alandaki İHA kullanımının ayrılmamış hava sahası kullanımını gerektirmesi ve hali hazırda tam manasıyla tüm ülkelerce kabul görmüş bir uçuşa elverişlilik ve operasyonel mevzuatın olmamasıdır.

İlk olarak 1982 yılında İsrail tarafından kullanılan İHA'lar daha sonra ABD tarafından Hunter ve Pioneer programları ile kullanıma sokulmaya başlandı. Sonrasında teknolojinin gelişmesi havada en güvenilir şekilde kalabilen İnsansız Hava Araçları'nın kullanım alanlarını da artırdı. Günümüze gelindiğinde ise birçok ülkenin envanterinde silahlı ve keşif amaçlı İHA'lar bulunmaktadır. Kullanım alanları çok yaygın olup rüzgâr türbin kontrolü, boru hatlarının incelenmesi, güneş panellerinin bakımı, soğutma kuleleri ve yüksek gerilim hatlarının kontrolleri sayılabilir. Sivil alanda ise yangın söndürme, kargo taşımacılığı, reklam ve film sektörü, haritalama, zirai kullanımı ve hobi alanları başta gelmektedir.

İnsansız Hava Araçları bu gelişimle birlikte birçok çalışmaya ve akademik araştırmaya konu olmuştur. Bu alanda yabancı dilde fazla sayıda yayın ve eser bulunuyor olsa da ülkemizde yavaş yavaş eserler ortaya çıkmaya başlamaktadır.

A.Serkan AKGÜL Abdurrahman HACIOĞLU (2010) çalışmasında Hava Harp Okulu lisans ve yüksek lisans eğitim programı kapsamında geliştirilen veya geliştirilecek olan insansız hava aracı (İHA) konularına ışık tutacak ve yardımcı olacak şekilde, bir İHA tasarımını etkileyen parametrelerin incelenmesi ve tasarım hesaplarının yapılması hedeflemiştir.

Nuradeen FETHALLA yapmış olduğu çalışmada (2019) quadrotor helikopterin modellenmesi, tanımlanması ve kontrolünü üç boyutlu olarak bilgisayar üzerinde test edip türbülans ve akış değerlerini analiz etmiştir.

Gupta, Ghonge ve Jawandhiya (2013) insansız hava araçlarını HALE (High Endurance Low Altitude), MALE (Medium Endurance Low Altitude), Taktik İHA, Askeri İHA, Mikro İHA ve Nano İHA olarak irtifasına, uçuş süresine ve görevine göre kategorize etmiştir.

Serkan Özgen (2002) yayınladığı makalesinde iki adet tek motorlu, pervaneli hafif uçağın aerodinamik tasarımı ve sertifikasyonunu anlatmıştır. Çalışmasında tasarım için dünyada yaygın olarak kullanılan yöntem ve kaynakları benimsemiştir. Hesaplanan performans ve uçuş parametrelerinin daha sonra yapılan uçuş testlerinde elde edilen değerlerle büyük ölçüde uyuştuğunu gözlemlemiştir.

Uğur Aktürk hazırladığı bitirme projesinde (2016) quadcopterin tasarım ve kuvvet analizini teorik olarak test etmiştir.

Pınar Arslan, Uğur Kalkan, Yosheph Yang, Serkan Özgen, Melin Şahin, Ercan Gürses, Yavuz Yaman bir AB projesi kapsamında kanat incelemesi yapmış ve çalışma sırasında farklı kabuk kalınlıkları değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

1.3 Kısıtlar ve Koşullar

Bu çalışmada döner kanatlı insansız hava aracı tasarımı ve aerodinamik hesaplamaları istenmektedir. Sivil havacılık gereği İHA 1 kategorisine girmemesi için 4 kg geçmemesi gerekir. Bizde bu şartlara uygun bir prototip tasarladık.

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü İHA Kayıt Talimatı gereğince ağırlığı 500 gram üstü İHA sahibi bireysel kişi veya ticari kuruluşların bu sistem üzerinden İHA'larını kaydettirmeleri ve sistem üzerinden izin alarak uçuş yapmaları gerekmektedir.

Projemize sadık kalınarak hazırlanacak olan prototip hava alanları sınırlarında, kullanılacağı bölgede var ise göçmen kuşların göç yollarında ve şehirlerimizdeki elektrik geçiş güzergahlarında kullanılamaz bunların haricinde 20km/saat hızı aşan rüzgârlı havalarda ve yüksek yağışlı günlerde kullanıma uygun değildir.

Projemiz bu saydığımız şartlar dışında gerekli olabilecek durumlarda yedek parça temini ve uçuş esnasında oluşabilecek teknik hataları önlemek maksadıyla uçuş öncesi bakım ve kontrolleri yapılacaktır. Projemizi minimum fiyat ve maksimum performansı baz alınarak tasarladık ve verimliliği ön planda tuttuk.

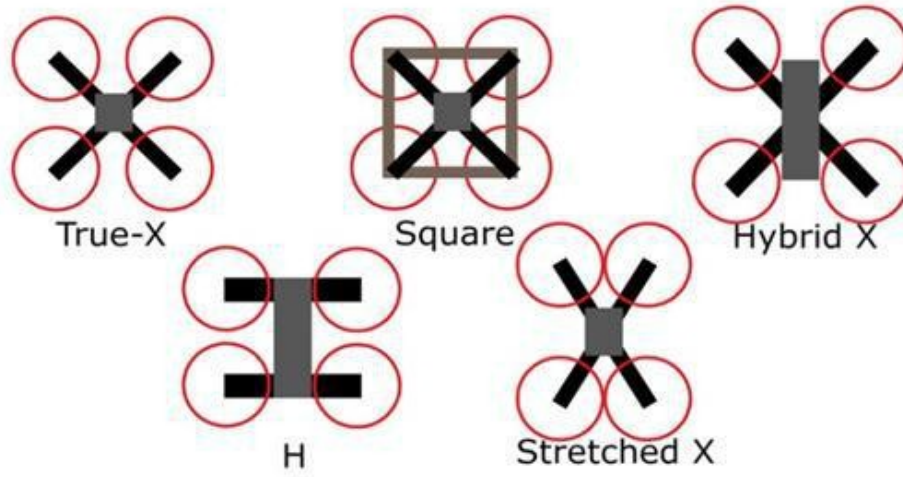
1.4 Çalışma Prensibi

Temel olarak açıklamak gerekirse: Quadcopterler dört pervanesinin aynı anda, aynı devirde ve farklı yönlere dönmesi ile yerden yukarı doğru kalkma hareketi yapar. Pervaneler üzerinde oluşan aerodinamik itiş gücü ile quadcopter yerden yükselir. Helikopterlerde bulunan ve helikopterin kendi etrafında kontrolsüzce dönmesine engel olan kuyruk rotoru, yapısal imkânsızlıklardan ötürü dört rotorlu quadlarda bulunmaz. Bunun yerine aracın kontrolsüzce salınım hareketinin önüne geçebilmek için pervaneler farklı yönlerde çalışarak bir denge kuvveti üretir. Çaprazlamasına düşünecek olursak ikisi saat yönünde, diğer çaprazda kalan ikisi de saat yönünün tersine dönerek helikopterlerdeki kuyruk rotorunun etkisini yaratırlar.

Sağa veya sola ekstra bir salınım, motorlara verilecek gücün oranı ile dengelenir ki zaten temel olarak hareket de bu şekilde sağlanır. Quadcopterler motorlara verilen güçlerin orantısına göre üç ekseninde hareket edebilir.

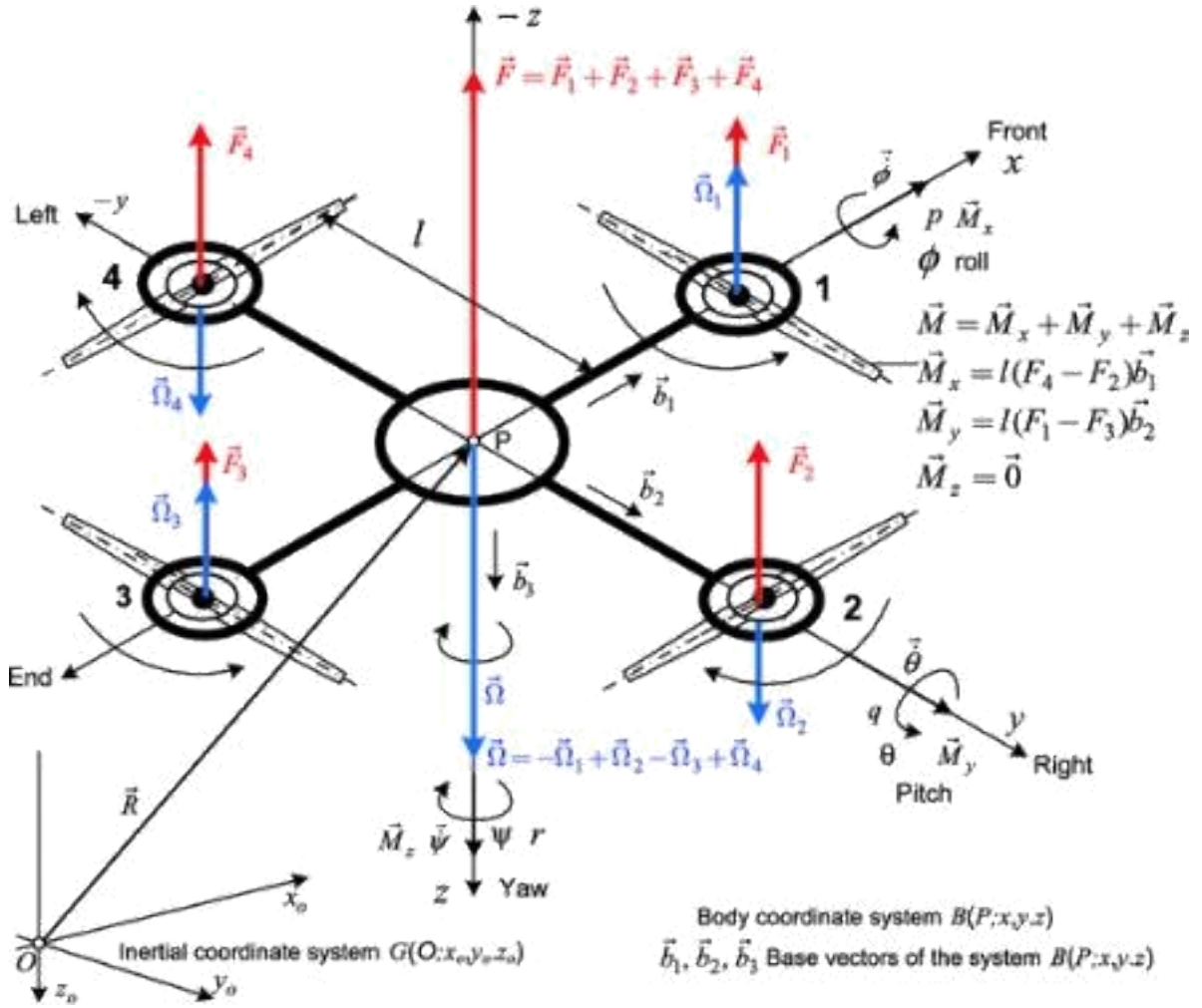
1.4.1 Dronlar Nasıl Uçar?

Quadcopterlerin diğer hava araçları gibi kendilerine özgü bir uçuş prensibi ve aerodinamiği vardır. Kontrol kumandasının üzerindeki stickler (kollar) aracılığıyla dronun manuel olarak hareket etmesini sağlar. Drone uçuş kontrol kartlarının, sensörlerinin ve mikro denetleyici teknolojisinin hızla gelişmesiyle birlikte, istediğimiz hareketleri ve görevleri drona otonom (kendi başına) olarak yapmasını sağlayabiliriz. Quadcopterin manuel veya otonom şekilde hareket etmesinin ana sebebi Newton'un üç temel hareket yasasına dayanmaktadır.



Şekil 1.9: Gövde çeşitleri

Quadcopterin kenarlarında 4 tane motor vardır. İki motor saat yönünde (2 ve 4) diğer ikisi de saat yönünün tersine döner (1 ve 3) motorların zıt yönde ve aynı hızda dönmesi sayesinde motorların toplam aerodinamik tork ve açısal momenti sıfır olur ve quadcopter dengelenmiş olur. Dronun uçuş prensibini kısaca özetleyecek olursak Newton'un üç temel hareket kanunlarından biri olan 3. kanunun 'ETKİ TEPKİ' ilkesine dayanır. Eşit hızda dönen pervaneler havayı aşağıya doğru yaptığı iter. Bu ETKİ kuvvetine karşılık, hava drona TEPKİ uygular ve quadcopter havada kalmayı sağlar.



Şekil 1.10: Seyir esnasında etki eden kuvvetler

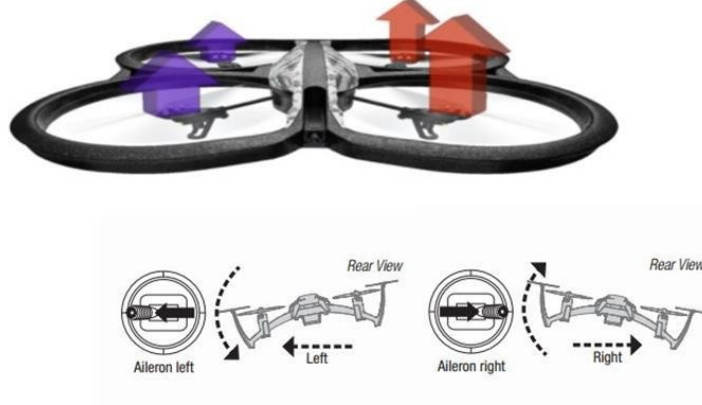
Pervanelerin farklı yönde dönmesi ile tork (döndürme kuvveti) dengeleyerek kendi eksenini etrafında yönelme açısı sabit kalmış olur. Sağ pervaneler ile sol pervanelerin dönüş hızı arasındaki farkın olması kaldırma kuvvetinde değişim göstermesi yalpalama açısında değişim gözlenmesine sebep olacaktır. Kalan iki pervanelerin ise dönüş hızının farklı olması yunuslama açısında (uçanın yanlamasına eksenini çevresinde gerçekleştirmiş olduğu hareket) değişime sebep olacaktır. Aynı yönde dönen pervanelerin 2 tanesinin hızları ile tersi yönde dönen pervanelerin hızlarının değişmesi kendi eksenini etrafında dönmeye sebep olur. Pervanelerin dönmelerini sağlayan motorların güç ayarı Elektronik speed controller kısaltması ESC tarafından gerçekleştirilmektedir.

Dronların hareket eksenleri roll, pitch ve yaw olmak üzere 3 tanedir. Dronların bu eksenlerde hareket edebilmesi için pervanelerin hızlarında değişiklikler olması gerekir. Bunun ana sebebi net açısal momentumu sıfır yapmak ve havada dengeli bir uçuş gerçekleştirmektir.

1.4.2 Roll (Yuvarlanma)

-Dronun önden arkaya giden ekseninde sağa veya sola dönebilmesidir.

-Dronun döneceği yöndeki motorların hızı düşürülüp tam zıt motorların hızları artırılarak drone sağa veya sola dönüş sağlar. Bu sayede açısal momentum sabit kalır ve drone dengeli bir şekilde dönüş yapar.

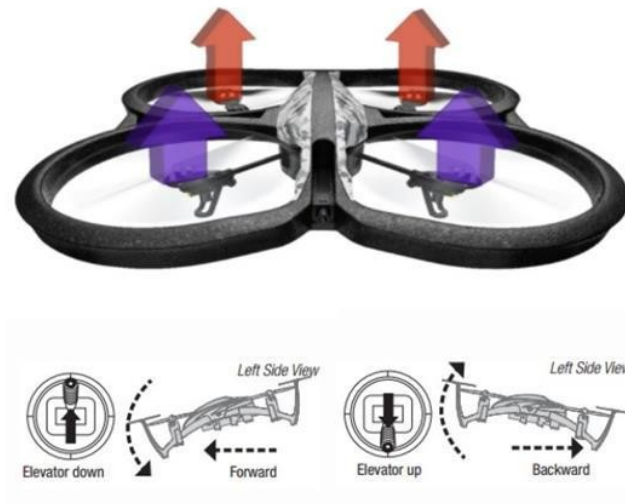


Şekil 1.11: Roll (yuvarlanma) hareketi

1.4.3 Pitch (İleri-geri)

-Dronun ileri veya geri yöndeki uçuşudur.

-Dronun gideceği yöndeki pervaneleri yavaşlar ve zıt yöndeki pervaneler hızlanmaya başlar. Bunun sayesinde net açısal momentum korunur ve drone ileri veya geri yönde hareket eder.

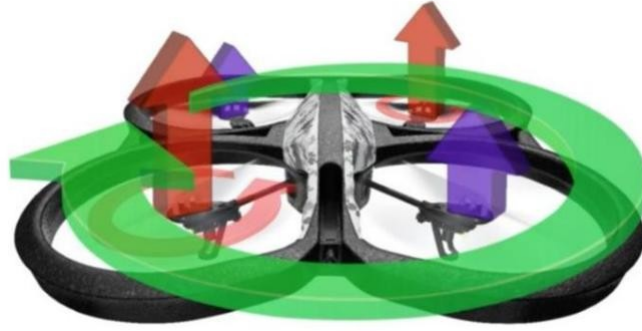


Şekil 1.12: İleri ve geri uçuş hareketi

1.4.4 Yaw (Dönme)

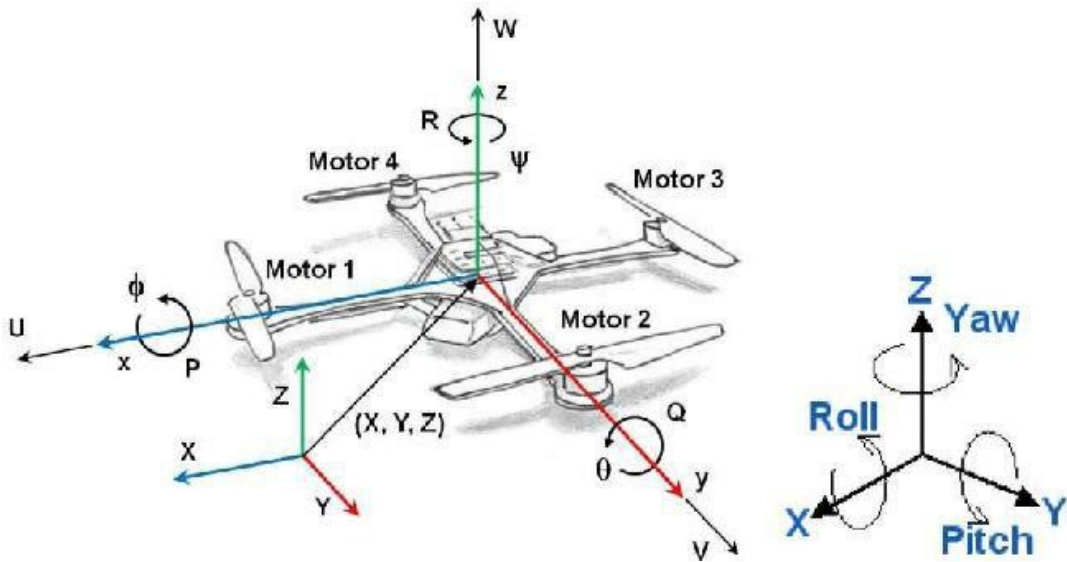
-Dronun kendi etrafında yön değiştirmesidir. Dronun saat yönünde veya tersine dönmesi için dönme yönüne zıt ve dönme yönünde olan pervanelerin hızlarında birtakım değişiklikler olur.

-Şekildeki gibi dronun saat yönüne dönebilmesi için saat yönüne dönen pervanelerinin hızı azalır ve saat yönünde dönen dronların hızı artar. Bunun sayesinde drone saat yönüne dönerek toplam net açısal momentum sıfır olur ve dengeli şekilde dönme gerçekleştirilir.



Şekil 1.13: Dönme hareketi

Quadcopterin ileri doğru gitmesi için arkasında bulunan 2 motor öndekilere göre daha hızlı dönerek arka tarafta daha fazla itki üretirler ve quadcopter ileri hareketini gerçekleştirmiş çok yönlü ve güçlü itki olur. Çok yönlü ve güçlü geri hareket içinse tam tersi öndeki 2 motor arkadaki 2 motora göre daha hızlı dönerek arkaya doğru hareketini gerçekleştirir. Sağa gitmek için aynı şekilde soldaki pervanelerin hızı artırılır ve aynı durum sola doğru hareket etmek içinde geçerlidir. Son hareketimiz ise Yaw eksenini olan kendi eksenini etrafındaki dönüşü olarak tanımlanabilir.



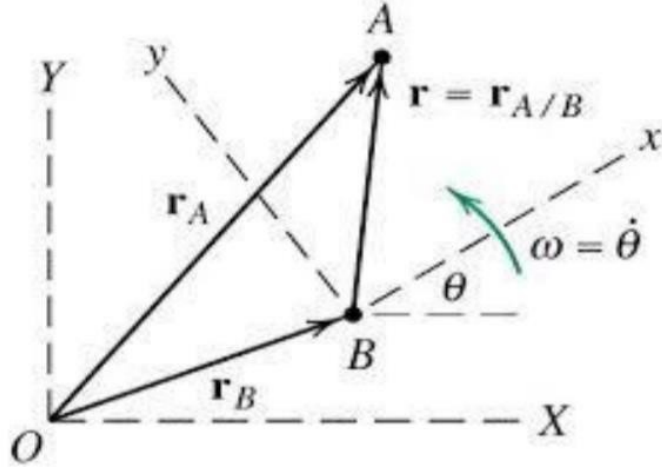
Şekil 1.14: Eksenel hareket

2.YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1 Quadcopter Dinamiği

2.1.1 Quadcopterin Matematiksel Modeli

2.1.1.1 Eksen Seçimi



Şekil 2.1: Eksen gösterimi

Hava araçları için ciddi bir öneme sahip olan konulardan birisi ise eksen takımlarının seçimidir.

Dünya koordinatlarından gövde koordinat sistemine geçerken tanımlanan rotasyonel kinematik denklem aşağıdaki gibidir;

$$\begin{bmatrix} \dot{\phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s\theta c\psi & c\psi s\theta s\phi - s\psi c\phi & c\psi s\theta c\phi + s\psi s\phi \\ s\theta s\psi & s\psi s\theta s\phi + c\psi c\phi & s\psi s\theta c\phi - c\psi s\phi \\ -s\theta & c\theta s\phi & c\theta c\phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix}$$

2.1.1.2 Açısal ivme

Sistemimiz aynı zamanda dönme hareketleri yapıyor olduğunu belirtmiştik. Dışardan uygulanan torqlar ile quadcopterimizin açısal momentumu değişecektir.

$$M = H'$$

Açısal momentumun yön ve büyüklük değişiminden dolayı aşına olduğumuz;

$$M = H' + \dot{\omega} \times H$$

şeklinde gösterebiliriz. Ayrıca $H = I\omega$ şeklinde açısal momentumu yazabiliriz, buradaki ω tahmin edileceği üzere açısal hızdır. I ise sistemin eylemsizlik momentidir.

$$I = \begin{bmatrix} I_x & 0 & 0 \\ 0 & I_y & 0 \\ 0 & 0 & I_z \end{bmatrix}$$

Eylemsizlik momenti katı cisimlerin, kendi rotasyon hareketlerindeki değişime karşı eylemsizliğini gösterir. Duran bir cismin eylemsizliği cisim kütlesi olduğu gibi, dönen bir cismin eylemsizliği de eylemsizlik momentidir.

Ardından açısal momentum yerine yazılırsa;

$$M = I\omega' + \omega * I\omega \text{ şeklinde ifade edilir.} \quad (2.1)$$

2.1.1.3 Motorun Çalışma Devri

3S pil için 11,1 Volt maksimum değerde;

Tam güçte devir, $1400Kv * 11,1V = 15540 \text{ RPM (dv/dk)}$

Yarı güçte ise 7770 RPM (dv/dk)

2.1.1.4 Motorun Açısal Hız Değeri

$$\omega_V = 2\pi * \frac{Kv}{60} \quad (2.2)$$

$$\omega_V = 2\pi * \frac{1400}{60} = 146,6$$

$$\omega = \omega_V * V$$

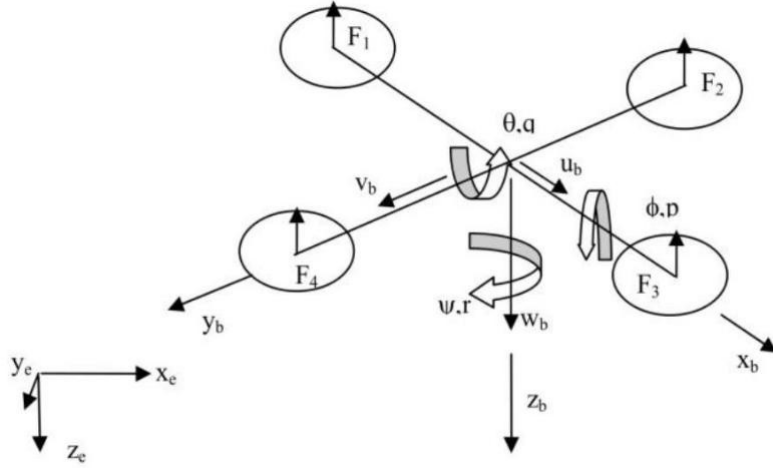
$$\omega = 146,6 * 11,1 = 813,63 \text{ rad/s}$$

2.1.1.5 Pervane Alanı (S_w)

Pervane çapı ile veter uzunluğunun çarpımı toplam pervane alanını verir.

Bir pervanenin alanı = Pervane çapı (25,4 cm) * veter uzunluğu (2,1 cm) = 53,34 cm²

Toplam pervane alanı = $53,34 * 4 = 213,36 \text{ cm}^2 = 0,021 \text{ m}^2$



Şekil 2.2: θ (Pitch) , ψ (yaw) ve ϕ (roll) açıları

2.2 Aerodinamik Kuvvetler ve Momentlerin Hesaplanması

Hareket denklemlerinin önemli aerodinamik katsayıları vardır. Bu katsayılar aşağıdaki gibidir.

2.2.1 Pervanenin Maksimum Yarıçapının Hesaplanması

$$DL = 3,226 * M_{TO} + 75 \quad (2.3)$$

DL: Disk yüklemesi

M_{TO} : Toplam kütle

$$DL = 3,226 * 2,5 + 75 = 83 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

$$D_{\text{maks}} = \sqrt{\frac{4 * W_{to}}{\pi * (DL) * n}} = \sqrt{\frac{4 * 2,5 * 9,81}{\pi * 83 * 4,01}} = 0,306 \text{ m} = 12 \text{ inç} \quad (2.4)$$

12 inç değeri projede kullanılacak maksimum pervane yarıçapını temsil etmektedir. Projemizde bu değer 10 inç olarak belirlenmiştir.

2.2.2 Pervanenin İtki Kuvveti

Pervaneden Elde Edilecek İtki;

$$T = c_T \frac{\rho r^4}{\pi^2} \omega^2 \quad (2.5)$$

c_T : Pervane itki sabiti (0,1525 sabit)

ρ : Havanın yoğunluğu (Deniz seviyesinde 1,225 kg/m³)

10 inç = 25,4 cm pervane çapı
Pervane yarıçapı; $r = \frac{25,4}{2} = 12,7 \text{ cm} = 0,127 \text{ m}$

$\omega = 813,63 \text{ rad/s}$

İtki Kuvveti; $T = 0,1525 * [(1,225 * 0,127^4) / \pi^2] * (813,63^2) = 3,26 \text{ N}$

2.2.3 Pervanenin Harcadığı Güç

c_p : Pervane güç sabiti (0,0148)

$$P = \rho * n^3 * D^5 * c_p \quad (2.6)$$

$P = 1,225 * (15540/60)^3 * (0,127^5) * 0,0148 = 10,4 \text{ W}$ olarak bulunur.

2.2.4 Taşıma Kuvveti

$$L = \frac{1}{2} * \rho * v_a^2 * S_w * C_L \text{ şeklindedir.} \quad (2.7)$$

$$L=W \Rightarrow W = 9,81 * 1,1 = 10,791 \text{ N}$$

$C_L = 2,09$ olarak bulunur.

2.2.5 Motorun Moment Hesabı

$$M = \frac{1}{2} * \rho * v_a^2 * S_w * c * C_M \text{ şeklindedir.} \quad (2.8)$$

2.2.6 Uçuş Süresinin Hesaplanması

Bir kilogramı kaldırmak için 170W gerekmektedir.

$$\text{Uçuş süresi (t)} = \frac{(h) * s \quad ü \quad (%70)}{\dots} \quad (2.9)$$

$$\text{AAD} = m * \dots = 0,9 * \frac{170}{\dots} = 13,78 \text{ A} \quad (2.10)$$

$$t = \frac{3,5 * \%70}{11,1} = 0,177 \text{ saat} = 10,66 \text{ dk}$$

2.2.7 Menzil Hesaplanması

$$\text{Menzil (mil)} = \frac{* *60* \quad h}{12-5260} * \text{uçuş süresi (saat)} \quad (2.11)$$

$$\text{Pitch} = 4,5 * 2,54 = 11,43 \text{ cm} = 0,1143 \text{ m}$$

$$\text{Menzil} = \frac{1400 * 11,1 * 60 * 0,1143}{12-5260} * 0,177 = 0,298 \text{ mil} = 478 \text{ m}$$

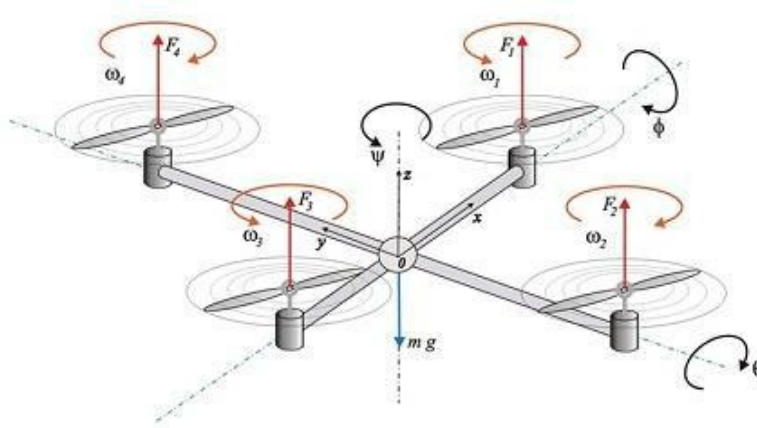
2.2.8 Tırmanma Hızı

Quadcopterin tırmanma hızı aşağıdaki gibidir:

$$v_c^2 = 4g(h_f - h_0) \quad (2.12)$$

$$v_c^2 = 4 * 9,81(478-0) = 18756,72$$

$$v_c = 136,95 \text{ m/dk} = 2,28 \text{ m/s}$$



Şekil 2.3: Quadcopter yardımcı kuvvetler

2.3 Kuvvet Denklemleri

Newton'un birinci ve ikinci yasaları gereği: $\Sigma F = m_{\text{toplam}} * a$ (2.13)

2.3.1 Quadcopterin Ağırlığı

Dünyadaki bir cisme g kadar ivme uygulandığından Newton'un yasaları gereği:

$$F_g = m_{\text{toplam}} * g \quad (2.14)$$

Cismin boş ağırlığındaki yerçekiminin uyguladığı kuvvet

$$F_g = 1,1 * 9,81 = 10,791 \text{ N bulunur.}$$

Bir motorun taşıyabileceği maksimum kütle 770g ise maksimum kalkış ağırlığı 3080 gramdır. Emniyet açısından kalkış ağırlığı 2500 gram olarak belirlenmiştir.

Cismin maksimum kalkış ağırlığındaki yerçekiminin uyguladığı kuvvet

$$F_g = 2,5 * 9,81 = 24,5 \text{ N olarak bulunur.}$$

2.3.2 Direnç Kuvveti

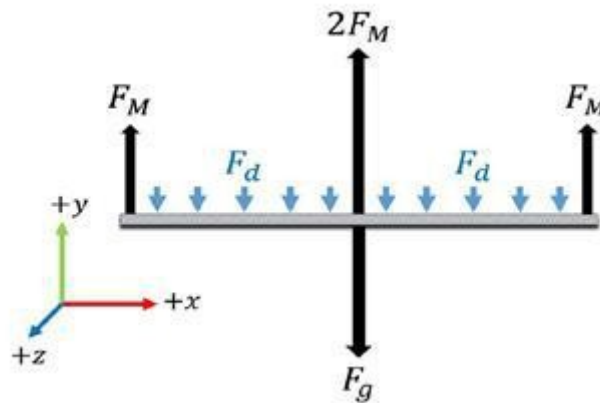
Seyir esnasında boş ağırlıkta oluşan direnç (sürtünme) kuvveti;

$$F_{\text{direnç}} = m * \frac{1}{2} * \rho * v_a^2 * S_w * c_D \text{ şeklindedir.} \quad (2.15)$$

c_D hava taşıtları için yaklaşık olarak 0,5

$$F_{\text{direnç}} = 1,1 * \frac{1}{2} * 1,225 * 20^2 * 0,021 * 0,5 = 2,82 \text{ N olarak belirlenir.}$$

2.3.3 Quadcopter'in Kalkış Anındaki Kuvvet Analizi



Şekil 2.4: Kalkış anındaki quadcopterinin serbest cisim diyagramı

$$\Sigma F_x = -\text{direnç} - g \quad (2.16)$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma F_z = 0$$

Kalkış sırasında $M_1 = M_2 = M_3 = M_4$ olduğu için bu denklemi;

$$\Sigma F_{net,y} = (4F_M) - (m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S_{wy} \cdot c_D) - (m_{toplam} \cdot g) = m_{toplam} \cdot \ddot{Y} \quad (2.17)$$

şeklinde yazabiliriz. Buradan:

$$F_M = \frac{1}{4} \cdot (m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S_W \cdot c_D + g + \ddot{Y}) \text{ elde edilir.}$$

Ayrıca quadcopter havada asılı durduğu zaman $V=0$ olacağı için denklem şu şekli alır:

$$F_{direnç} = 0$$

$$\Sigma F_{net,z} = (4F_M) - (m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot 0^2 \cdot S_{wz} \cdot C_D) - (m_{toplam} \cdot g) = m_{toplam} \cdot \ddot{C}$$

$$\Sigma F_x = (4M) - (\text{direnç}) = 0 \quad (2.18)$$

Buradan quadcopterin havada asılı kalabilmesi için en az gereken toplam motor kuvvetini:

$$\Sigma M = \text{direnç} \cdot 4$$

ve $M_1 = M_2 = M_3 = M_4$ olduğu için quadcopterin havada asılı kalabilmesi için tek bir motorun üretmesi gereken minimum itki kuvvetini bulabiliriz:

$$F_{M,min} = \frac{m_{toplam} \cdot g}{4} \quad (2.19)$$

$F_{M,min} = 1,149,81 = 2,69 \text{ N}$ olarak bulunur.

2.3.4 Quadcopter'in Seyir Anındaki Kuvvet Analizi

$$\sum_{net,x} = [\sin(\alpha) (F_{M1} + F_{M2} + F_{M3} + F_{M4}) - (m \cdot \frac{1}{2} \cdot v^2 \cdot S_{wx} \cdot c_D)] = m_{toplam} \cdot \ddot{X}$$

şeklinde olacaktır.

$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4$ olduğu için;

$$\sum_{net,x} = \sin(\alpha) \cdot \sum M - (m \cdot \frac{1}{2} \cdot v^2 \cdot S_{wx} \cdot c_D) = m_{toplam} \cdot \ddot{X} \quad (2.20)$$

$$\sum_{net,y} = [\cos(\alpha) (F_{M1} + F_{M2} + F_{M3} + F_{M4}) - (m \cdot \frac{1}{2} \cdot v^2 \cdot S_{wy} \cdot c_D) - m_{toplam} \cdot g] = m_{toplam} \cdot \ddot{C} \quad (2.21)$$

y ekseninde $\ddot{C} = 0$ olduğu için w_y 'nin de bir önemi kalmıyor.

$$\varphi = 0$$

$$\sum M_x = 0 \text{ ve } \sum M_y = 0 \text{ olur. (2.22) olduğu}$$

Uçuş esnasında $\alpha = 30^\circ$ olarak alırsak ve $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4$ motorun için de tek bir uygulaması gereken kuvvet;

$$F_M = \frac{1,1 \cdot 9,81}{4 \cdot \cos 30} = 3,11 \text{ N olarak bulunur.}$$

$$F_M = \frac{m_{toplam} \cdot g}{4 \cdot \cos \alpha} \quad (2.23)$$

2.4 Maliyet Hesabı

MALİYET TABLOSU	
MALZEME	FİYAT
KUMANDA	520 TL
MOTOR	600 TL
PERVANE	80 TL
ŞASE	150 TL
BATARYA	150 TL
ALICI-VERİCİ	260 TL
KAMERA	330 TL
ESC	400 TL
ADAPTÖR	20 TL
KONTROL KARTI	200 TL
TAŞIMA APARATI	500 TL
TOPLAM	3210 TL

Tablo 3: Maliyet hesabı

3. BULGULAR

3.1 Quadcopter Parçaları

Bir drone temel olarak, Frame (gövde), İniş takımı, Motorlar, Pervaneler, Esc'ler (Electronic Speed Controller), Uçuş Kontrolcüsü (Flight Controller – Autopilot) ve GPS Alıcısı, Kumanda ve alıcı, Görüntü Aktarım Sistemi (FPV) ve Pil den oluşmaktadır.

3.1.1 Gövde (Frame) – Şase

Şase, dronumuzun ana gövdesidir. Oldukça sık bir şekilde, orta gövdeden uzayan dört kolla birlikte “X” tarzı bir tasarıma sahiptir. Gövde, rotorlar, batarya ve kamera başta olmak üzere diğer tüm parçaların bulunduğu yerdir, bu yüzden parçaların ağırlıkları önemlidir. Drone anatomisini ve insan anatomisini karşılaştıracak olursak gövde, dronumuzun iskeletidir.



Şekil 3.1: F450 Quadcopter Gövdesi

Projede kullanılacak x tipi F450 Quadcopter Gövdesinin artıları şu şekildedir.

-Ağırlık merkezini istemeden de olsa ortada olur.

-Fiziki yapısı itibari ile çeviklik ve hız açısından olumlu etkisi vardır.

- Çarpışmalara daha iyi uyum sağlamak için dayanıklı malzemeden yapılmış çerçeve kolları.
- Kablolama ESC'lerini ve bataryaları daha güvenli ve kolay hale getiren yüksek mukavemetli bir bileşik PCB çerçeve kartı kullanır.

3.1.2 Pervane Ve Motor

Pervaneler: Aynı zamanda rotor veya kanat olarak da adlandırılan drone pervanesi çeşitli şekillere, boylara ve materyallere sahiptir. Spesifik özelliklerine bakılmaksızın pervanelerin tamamı aynı temel amaca sahiptir: dronumuzun havalanmasını sağlamak. Dünyada her ciddi pilotun uçuş kariyeri sırasında pervane kanatlarını birçok kez değiştirmesi veya takması gerektiğinden, kolayca zarar görebilen bu pervaneler tanınması gereken ilk ve en önemli parçadır.

Projemizde plastik türde pervane kullanılacaktır, bunun nedeni düşük maliyeti ve hafif olmasıdır.



Şekil 3.2: Projede kullanılacak pervane

Motor, pervanelerin dönmesinden ve uçuş için yeterli itişin sağlanmasından sorumludur.

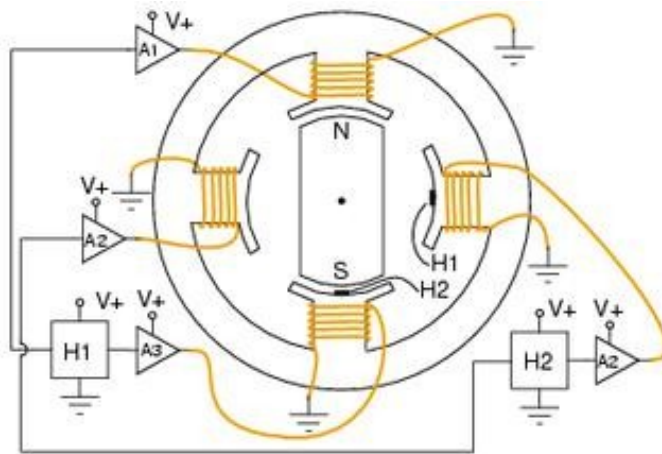
Fırçasız DC motorlar, fırçalı DC motorlarla aynıdır. Çalışırken gösterdiği farklılık, rotor üzerinde bobin olmaması, sabit mıknatısların rotor üzerinde olması, endüktör bobinlerinin gövde üstüne sabit olmasıdır. Fırçasız DC motorların yararı; kolektör sisteminin kalkması, sürtünme ve fırça-kolektör bunların oluşturmuş olduğu dirençten ötürü meydana gelen elektrik mekanik kayıpları ortadan kaldırır. Bu tasarım mekanik olarak denetlenmediğinden ve bobinlerin sayısının arttırılmasına müsaade ettiği için fırçasız doğru akım motorlarından yüksek tork alınır.



Şekil 3.3: Projede kullanılacak A2212 1400 KV Fırçasız (Brushless) Motor

Fırçasız doğru akım motorları, fırçalı olan türlere göre daha verimli çalışır. Yani, aynı giriş gücü uygulandığında, fırçasız motor fırçalı olana göre elektrik gücünü mekanik güce daha verimli olarak dönüştürür.

Quadcopterlerde kullanılan motorlar çoğunlukla fırçasız motorlardır. Bu alanda kullanılmasının ana sebeplerinden biri diğer motorlara göre yüksek performans sergilemeleridir. Fırçasız motorların diğer motorlara göre daha sessiz çalışma, elektriksel gürültü oluşturmama, daha kolay bakım, daha uzun ömür, daha hızlı çalışma ve daha güçlü torklara sahip olma gibi avantajları da bulunmaktadır.



Şekil 3.4: Fırçasız doğru akım motoru (brushless dc motor)

3.1.3 Kumanda Seti Ve Alıcı

Bütün donanımlar gibi yine en önemli bileşenlerden biri olan dronu kontrol etmeyi sağlayan bir kumanda ve alıcıya ihtiyacımız olacaktır.

Multicopter birimine komutları gönderdiğiniz birimdir, kumanda ile iletişimin kesilmesi durumunda güvenlik önlemleri olsa da bu birimlerin de düşük kaliteli olarak seçilmesi önerilmez. Genellikle uçuş kontrolcü birimleri uygun kumanda birimleri ve

markaları önermektedir. Önerilen kumanda setlerinin kullanılmasında faydalıdır. Kumanda üzerinden batarya durumu, irtifa bilgisi gibi telemetri verilerinin okunabilmesi önemlidir.



Şekil 3.5: Flysky FS-İ6X 2.4GHz 6 Kanal Kumanda ve 6 Kanal FS-İA6B Alıcı



Şekil 3.6: Radiolink R12DS 12 kanal Alıcı 2.4GHz

3.1.4 Telemetri Alıcı Ve Verici

Telemetri, herhangi bir sistemin ulaşılamayan bir kısmının uzaktan kablolu veya kablosuz olarak izlenmesi veya kontrol edilmesidir.

Quadcopter sisteminde sistemin hızı, irtifası, batarya durumu, pozisyonu gibi verilerine telemetri verileri denir. Bu verileri bilgisayar üzerine aktaran ve bilgisayar

yazılımı üzerindeki harita uçuşu gibi komutları hava aracına aktaran birimdir. Uçuş kontrolcü sisteminin önerdiği marka ve model ürünlerin kullanılması gerekmektedir.



Şekil 3.7: 3dr 915 Mhz Telemetry Alıcı seti

3.1.5 Batarya Ve Şarj Aleti

Uçuş bataryası, dronlara gereken enerjisini sağlayan, bütün donanımları besleyen temel güç kaynağımızdır. Genellikle Li-Po (Lityum Polimer) piller tercih edilmektedir. Li-Po Pil, Lityum-iyon polimer pil olarak adlandırılmaktadır. Lityum-iyon pilin daha gelişmiş bir versiyonudur ve aynı özellikleri taşımaktadır. Sıvı elektrolit yerine polimer elektroliti kullanan, tekrar şarj edilebilir bir Lityum İyon batarya çeşididir. Sadece orijinal bataryayı gerektiğinde değiştirebilmek için yerini bilmeniz yeter. Pervanelerde olduğu gibi bataryalar için de drone yedek batarya bulundurmak iyi olacaktır. Kolay hasar görmezler, ancak boşalabilirler. Bu nedenle bir yedek bulundurmak, istenmeyen çalışmama sürelerinden kurtaracaktır.



Şekil 3.8: Force-Up 11.1V 3500mAh LiPo Batarya

Pillerin üzerinde bulunan güç (C değeri olarak adlandırılır), ağırlığına ve boyutuna göre gayet fazladır. Bu gücü sayesinde Fırçasız (brushless) motorlara sahip hava araçlarında sıkça kullanılır. LiPo piller hücreli(S olarak adlandırılır) bir yapıya sahiptir. Her hücresi 3.7

volttur. Tekrar doldurulabilme özelliğine sahiptir fakat bataryalardaki hücrelerin uzun süre kullanılmadığı takdirde veya çok kullanım sırasında 3 voltun aşağısına inilmesi önerilmez.

3S => 3 x 3.7V = 11.1 V (Pilin normal hali) ve 3S => 3 x 4.2V = 12.6 V (Pilin tam şarjlı hali)

4S=> 4x 3.7V = 14.8V (Pilin normal hali) ve 4S=> 4x4.2V = 16.8 V (Pilin tam şarjlı hali)

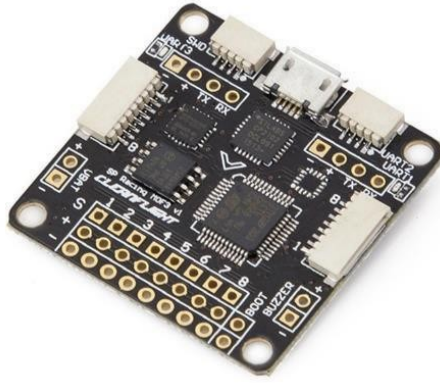
Projede 3500 mAh Lityum Polimer Batarya kullanılacaktır. Avantajları şu şekildedir.

-Lipo piller NiCd ve NiMH pillere göre çok daha fazla akım üretebilirler.

-Kıyaslama yapıldığında diğer pillere oranla daha hafif ve dayanıklıdır.

3.1.6 Kontrol Kartı (Uçuş Kontrolcüsü)

Uçuş Kontrolcüsü, her drone da bulunması gereken, içerisinde ivmeölçer, altimetre, barometre vb gibi özel sensörler içeren ve dronun kumandanın verilen komutlara göre en stabil şekilde uçmasını sağlayan en önemli parçadır. Uçuş denetleyicisi, çeşitli kartlardan, sensörlerden ve alıcıdan gelen sinyali yorumlar ve ister hızın ve yönün ayarlanması ister kameranın aktifleştirilmesi ister dronumuzun gerçekleştirdiği diğer operasyonlar olsun, bu sinyalleri eyleme dönüştürür.



Şekil 3.9: Kullanılacak Sp Racing F3 Fpv Drone Uçuş kontrol Kartı

3.1.7 Elektronik Hız Kontrol Kartı (ESC- Electronic speed control)

Türkçesi “Elektronik Hız Kontrolcüsü” olan bu drone bileşeni, uçuş kontrol kartından gelen bilgiye göre motorların hızını artırma, azaltma ve dönme hızını kontrol eden cihazdır.



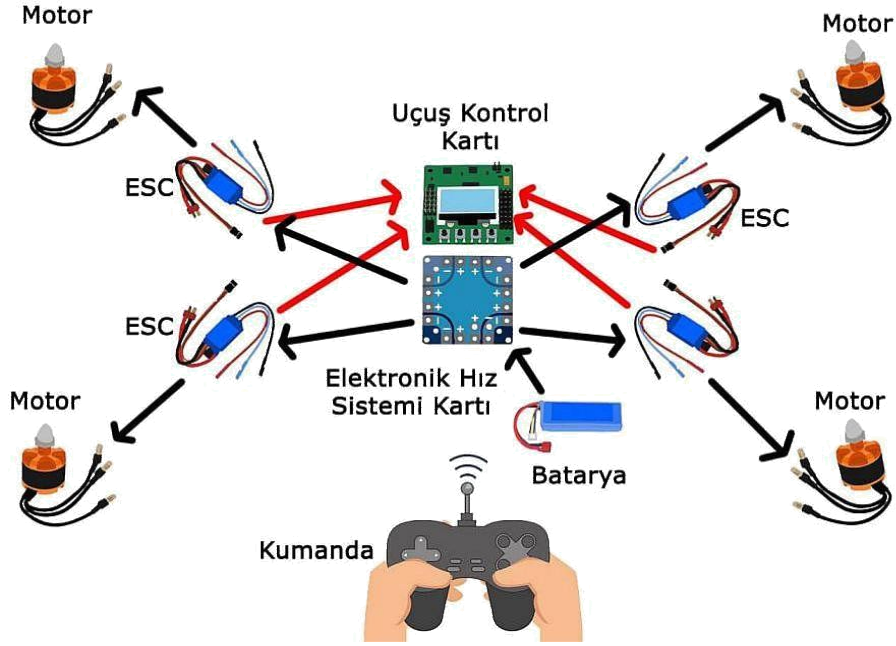
Şekil 3.10: Kullanılacak Emax 30 Amper Fırçasız Motor Sürücü Modülü

ESC, Dronların kritik öneme sahip bileşenlerindedir. Her bir motor kendi ESC bağlantısına sahiptir. Sistem üzerindeki en önemli parçalardan birisidir. İstatistik olarak en çok kazaya sebep veren parçadır, bu sebeple yüksek kaliteli ve önerilen ürünlerin kullanılması önemlidir. Profesyonel sistemlerde kaliteli ve yüksek Amper değerli ESC'ler kullanılmalıdır.

3.1.8 Havadan Görüntüleme Sistemi (Kamera)



Şekil 3.11: Foxeer Arrow Pro Mikro FPV Kamera NTSC



Şekil 3.12: Drone parçalarının şematik gösterimi

3.2 Çevresel Etki Değerlendirmesi

Çevre; dünya üzerinde yaşamını sürdüren canlılarının hayatları boyunca ilişkilerini sürdürdüğü dış ortamdır.

Çevrenin canlı ve cansız öğelerini olumsuz yönde etkileyen, üzerinde yapısal zararlar meydana getiren ve niteliklerini bozan yabancı maddelerin hava, su ve toprağa yoğun bir şekilde karışması olayına “çevre kirliliği” adı verilmektedir. Çevrenin doğal olmayan bir şekilde insan eliyle bozulmasıdır.

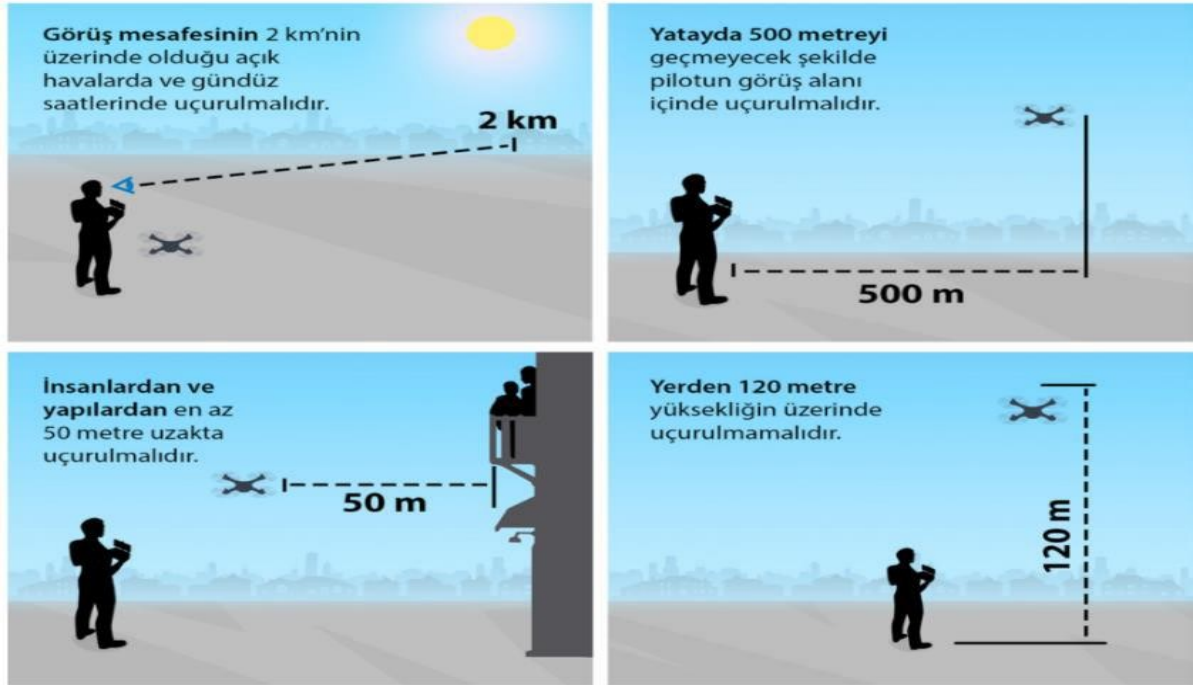
Son yıllarda hızla artan çevresel kirlenmenin en önemli faktörleri arasında kirletici gazlar gelmektedir. Hızla gelişen teknoloji de kullanılan kara, deniz ve hava taşıtları havaya atık gazları salmaktadır. İnsansız Hava Araçlarının bir kısmı da bu kervana katılmaktadır. Özellikle askeri alanda kullanılan İnsansız Hava Araçlarının çoğunluğu pistonlu motor kullanmaktadır, bu da havaya kirletici gaz salınımı yapmaktadır. Ancak daha basit yapıdaki gücünü polimer pillerden alan dronlarda çevreye herhangi bir gaz salınımı söz konusu değildir. Bizim yapacağımız quadcopterde lityum polimer pilden güç alacağı için bu anlamda çevreye bir tehlikesi söz konusu değildir.

Çevre kirliliğinin bir diğer çeşidi de gürültü(ses) kirliliğidir. Tek başına bir drone yerden 50 m yüksekte çok fazla gürültü oluşturmasa bile fazla sayıda dronun birleşmesi sonucu bu gürültü rahatsız edici bir düzeye çıkabilir.

İnsansız Hava Araçlarının bir diğer tehlikeli noktası uçuş alanları ve elektrik hatlarının geçtiği güzergahlardır. Bilindiği gibi ağırlığı 500 gramdan daha fazla olan dronlar Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nde "İnsansız Hava Aracı Kayıt Sistemine" kayıt olunmaları gerekmektedir. Özellikle hava alanlarının yakın çevresinde dronların uçuşması yasaktır. Önemsiz görünse bile küçük bir dronun uçağa çarpması sonucunda büyük tehlikeler açığa çıkabilir.

Küçük boyuttaki döner kanatlı İHA'lar her geçen gün yaygınlaşıyor. Ancak çoğunlukla eğlence amaçlı kullanılan bu araçlar, ortaya çıkardıkları kişisel mahremiyet ve güvenlikle ilgili endişelerin yanı sıra uçuş güvenliği konusunda risk oluşturmak gibi daha büyük ölçekte sorunlara da yol açabilir. Bu konuda en büyük sorumluk ise döner kanatlı İHA kullanıcılarına aittir.

İHA Uçurulurken Uyulması Gereken Kurallar



Şekil 3.13: İHA uçurulurken uyulması gereken kurallar

Dronların uçuşunu önemli bir oranda etkileyen faktörlerin başında hava koşulları gelir. Dronlar belli rüzgâr şiddetlerine dayanacak şekilde üretilirler, daha şiddetli rüzgârlarda konumlarını koruyamazlar. Bu nedenle uçuş öncesinde rüzgâr kontrol edilmeli, rüzgâr hızının artması durumunda uçuştan vazgeçilmelidir. Rüzgârın irtifaya göre değişeceği de

hesaba katılmalı, uçuş sırasında drone sürekli olarak gözlenmelidir. Bazı durumlarda dronlar bulutlara çok yakın uçacaklarsa, bulutların elektrik yüklü olabileceği unutulmamalı ve drone parçalarının bundan zarar görebileceği göz önüne alınmalıdır. Soğuk hava pil ömrünü etkileyebilir. Bu nedenle soğuk havalarda uçarken uçuş süresi planlanırken bu değişken de hesaba katılmalıdır. Aynı şekilde çok sıcak havada ise karadan ısınan havanın yükselmesi, drone dengesinin olumsuz etkilenmesine neden olabilir. Sıcak havada alınacak görüntü de yine bulanık olabilir. Bu nedenle çok sıcak havalarda uçarken de gerekli dikkat gösterilmelidir.

Ayrıca dronlarda kullanılan çeşitli polimer pillerin kaza esnasında delinmesi sonucunda yangın çıkabilmektedir. Bizim kullanacağımız lityum polimer de aynı şekilde darbe etkisiyle açılması sonucunda ciddi tehlikeler oluşturabilir, bu yüzden pilin dronun içinde olması güvenliğini arttıracaktır.

Dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise göçebe kuşların güzergâhında uçuşmasıdır.

Tüm bu faktörler göz önüne alındığında her araçta olduğu gibi İnsansız Hava Araçlarının da yararları olduğu gibi zararları da söz konusudur. Gerekli önlemler alındığı sürece tüm bu tehlikeler en aza indirilebilir.

4. TARTIŞMA

Üretim esnasında görülmüştür ki gereksinimler doğrultusunda belirlenen parametrelerin üretim aşamasında uygulanabilirliği olmayabilmekte ya da uygulanması için çok fazla emeğe ve zamana ihtiyaç duyabilmektedir. Bu nedenle, ihtiyaçlar doğrultusunda belirlenen tasarım parametrelerinin eldeki imkanlarla uygulanabilirliğinin olup olmadığının bilinebilmesi için, daha başlangıç tasarımından itibaren üretim konusunda tecrübeli kişilerle koordineli olarak çalışılması gerekmektedir. Aksi takdirde üretim safhasından başlangıç tasarımına dönüş olabilmekte ve temelde birçok değişikliğe ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu da çok fazla zaman ve malzeme kaybına sebebiyet verebilmektedir.

İnsansız hava aracımızda motor olarak fırçasız dc motoru ve enerji için lipo batarya kullanımı herhangi bir yakıt kullanımı gerektirmediğinden çevre kirliliği olmamakta ve lipo bataryanın şarj edilerek tekrar tekrar kullanılabilmesi büyük avantaj sağlamaktadır.

5. SONUÇLAR

“Semrük Gözcü İnsansız Hava Aracı” adlı bu çalışmamızda literatüre yararlı bir kaynak oluşturmak ve çalışan bir model ortaya çıkarmak hedef alınmıştır. Özgün modelimiz yapılan tüm hesap ve analizlerden başarıyla geçmiş, kullanım kolaylığı ve göstermiş olduğu performansla bakıldığında örnek gösterebileceğimiz sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Yapılan araştırmalar doğrultusunda yenilik ve gelişmelere açık, her geçen gün hızla büyüyen insansız hava araçları çalışmalarının, çok geniş kapsamlı bir alan olduğu gözlemlenmiştir. Kendini sürekli yenileyen bu alanda neredeyse her alanda kullanılabilecek bir gözlem aracı ortaya çıkartmak hedeflenmiştir, hedeflenen projenin yapılması için gerekli olan malzemelerin ve aksesuarların neler olduğu, hangi tip yazılım ve ara yüzlerin kullanıldığı, uçuş ve kullanım yönergeleri belirlenmiştir.

Yapılan bu tasarım doğrultusunda gerekli mühendislik hesaplamaları yapılarak teorik veriler belirlenmiştir. Newton'un hareket yasaları kullanılarak kuvvet denklemleri elde edilmiştir. Solidworks programı kullanılarak quadcopter parçaları 3 boyutlu olarak çizilip montajı yapılmıştır. Ardından yapılan bu montaj teknik resim ortamına aktarılmış olup llendirilmiştir.

Yapılan hesap ve analizler sonucunda tespit edilen durumlardan birisi ise quadcopterin ağırlık dağılımının oldukça dikkatli yapılması gerektiğidir. Quadcopter zerine takılacak olan motor, kanat parçaları gibi elemanların araç üzerindeki dağılımına detaylı bir şekilde dikkat edilmiştir ve gerekli analizler yapılarak çizim üzerinde gösterilmiştir. Yapılan araştırmaların sonucunda ortaya konulan tasarım ve gerekli olan ekipmanların temini için maliyet hesabı yapılmış ve ayrıntılı bir şekilde ortaya konulmuştur. Yapılan bu çalışmaların tamamında görülmüştür ki tasarlanan insansız hava aracının kabiliyetlerinin arttırılması ile maliyet oldukça fazla artmaktadır.

6.ÖNERİLER

Çalışma esnasında ve sonrasında gözlemlenen bir diğer sonuç da gerçek drone tasarımlarında olduğu gibi bu çalışmada da sadece uçak mühendisliği değil yazılım, elektrik elektronik, makine ve kontrol mühendisliği gibi farklı mühendislik dalı bilgilerine de ihtiyaç duyulduğudur. Tasarım süreci pandemi dönemine denk gelmesi sebebiyle farklı illerde bulunduğumuzdan dolayı projenin bazı kısımlarında belirgin sorunlar ile karşılaştık. Diğer mühendislik alanı arkadaşlarımızdan yardım aldık. Yüz yüze eğitim döneminde aynı projede daha az aksaklıklar çıkacağı ve sürecin daha iyi ilerleyeceğini düşünüyoruz.

İnsansız hava araçları çok geniş bir alan, yapılan her yeni eklenti ileride ciddi derecede gelişime açık. Bizim projemiz genel anlamda kargo üzerine kurulu ama çeşitli aparatlar eklenmesi ile kullanım alanında çok geniş imkanlar sunuyor.

7. KULLANILAN KAYNAKLAR

- 7.1 https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle
- 7.2 <https://en.wikipedia.org/wiki/Quadcopter>
- 7.3 <https://web.archive.org/web/20141227193853/http://cog.yonsei.ac.kr/quad/quad.htm>
- 7.4 <http://www.saujs.sakarya.edu.tr/tr/download/article-file/227630>
- 7.5 <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/400203>
- 7.6 AER1216: Fundamentals of UAVs PERFORMANCE P.R. Grant Spring 2016
- 7.7 <https://maker.robotistan.com/drone-nedir/>
- 7.8 Hoffmann, G. M., Waslander, S. L., and Tomlin, C. J., "Distributed Cooperative Search using Information-Theoretic Costs for Particle Filters with Quadrotor Applications," Proceedings of the AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference, Keystone, CO, August 2006.
- 7.9 Uçuşa Başlangıç - Uçak ve Uzay Mühendisleri İçin - John D. Anderson
- 7.10 T. Bresciani, "Modelling, Identification and Control of a Quadrotor Helicopter," in Automatic Control. vol. Master of Science Sweden: Lund, 2008.
- 7.11 Design and Control of quadrotors with application to autonomous flying January 2007 Samir Bouabdallah
- 7.12 <https://consortiq.com/short-history-unmanned-aerial-vehicles-uavs/>
- 7.13 https://www.ted.com/talks/vijay_kumar_robots_that_fly_and_cooperate
- 7.14 Aerodynamic Propeller Model for Load Analysis MARIOHEENE Master of Science Thesis Stockholm, Sweden 2012
- 7.15 Aerodinamik Ders Notları M. A. Yükselen
- 7.16 <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/drone>
- 7.17 <https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/drone-components-parts-overview-with-tips/>
- 7.18 <https://www.military.com/equipment/drones>
- 7.19 <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/809031>
- 7.20 Quadcopter Flight Dynamics Mohd Khan , International Journal of Scientific & Technology Research Volume 3, Issue 8, August 2014

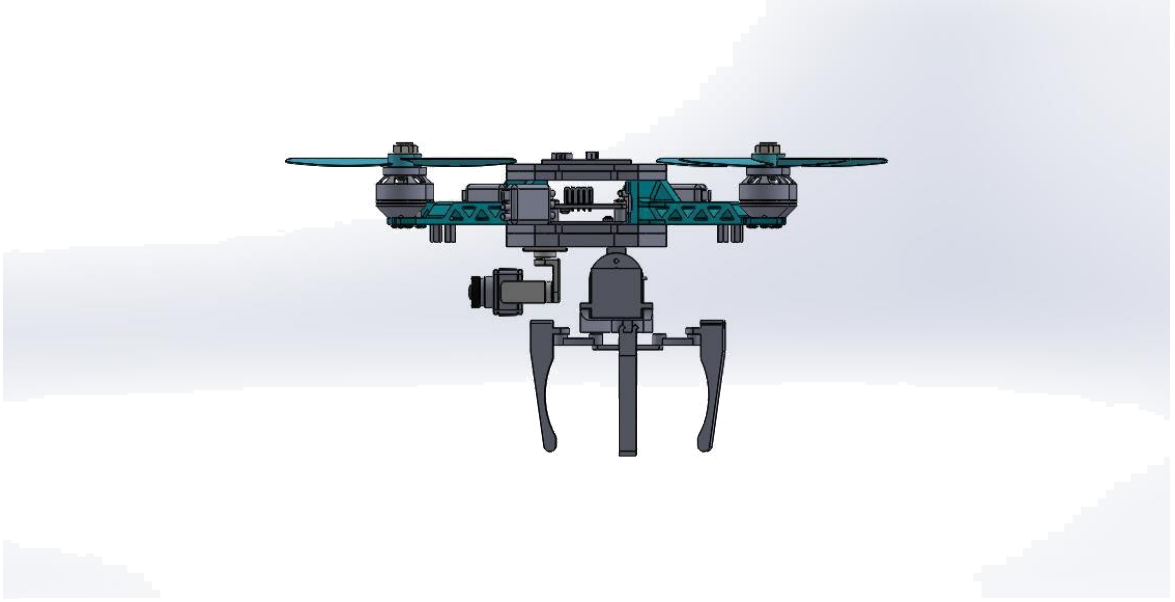
8. EKLER



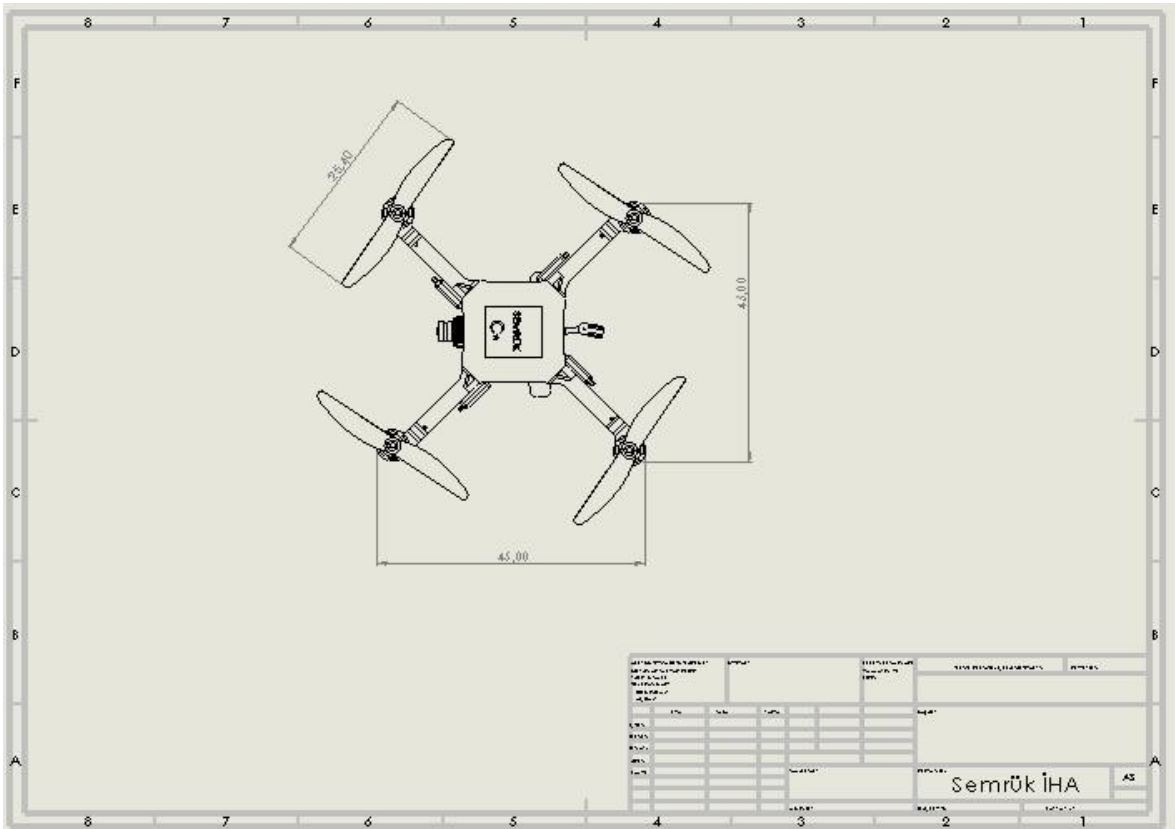
Şekil 8.1: 3 Boyutlu görsel (önden)



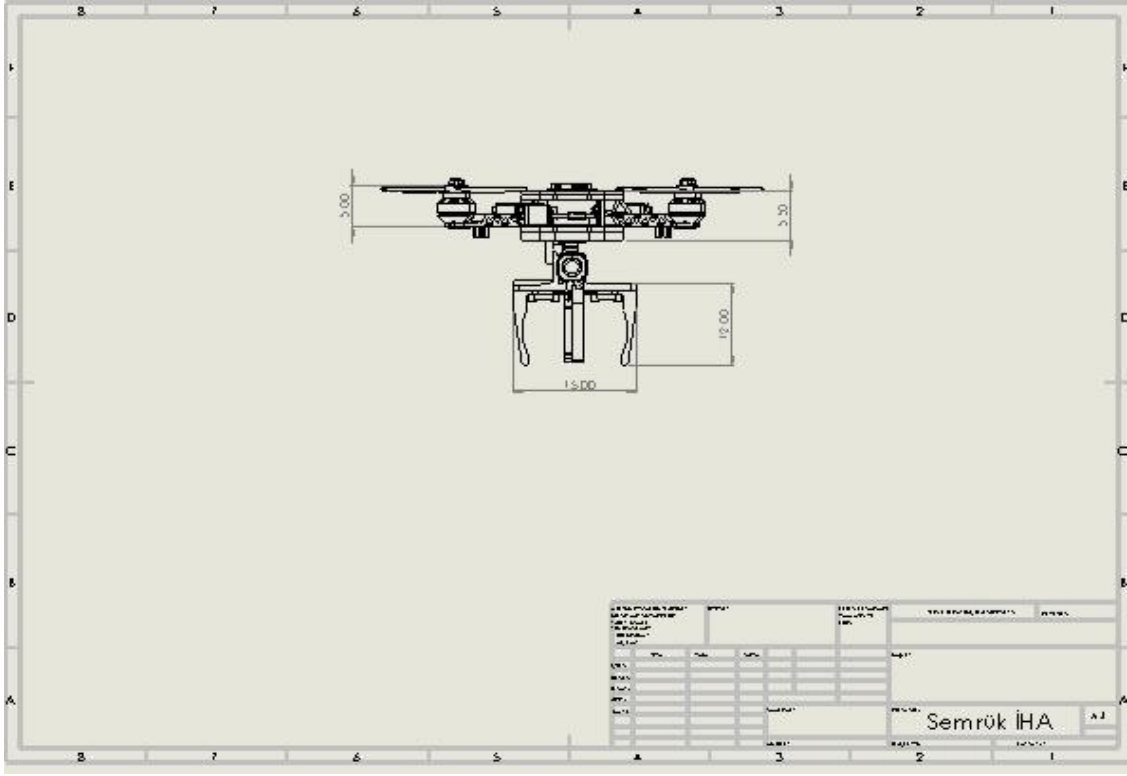
Şekil 8.2: 3 Boyutlu görsel (üstten)



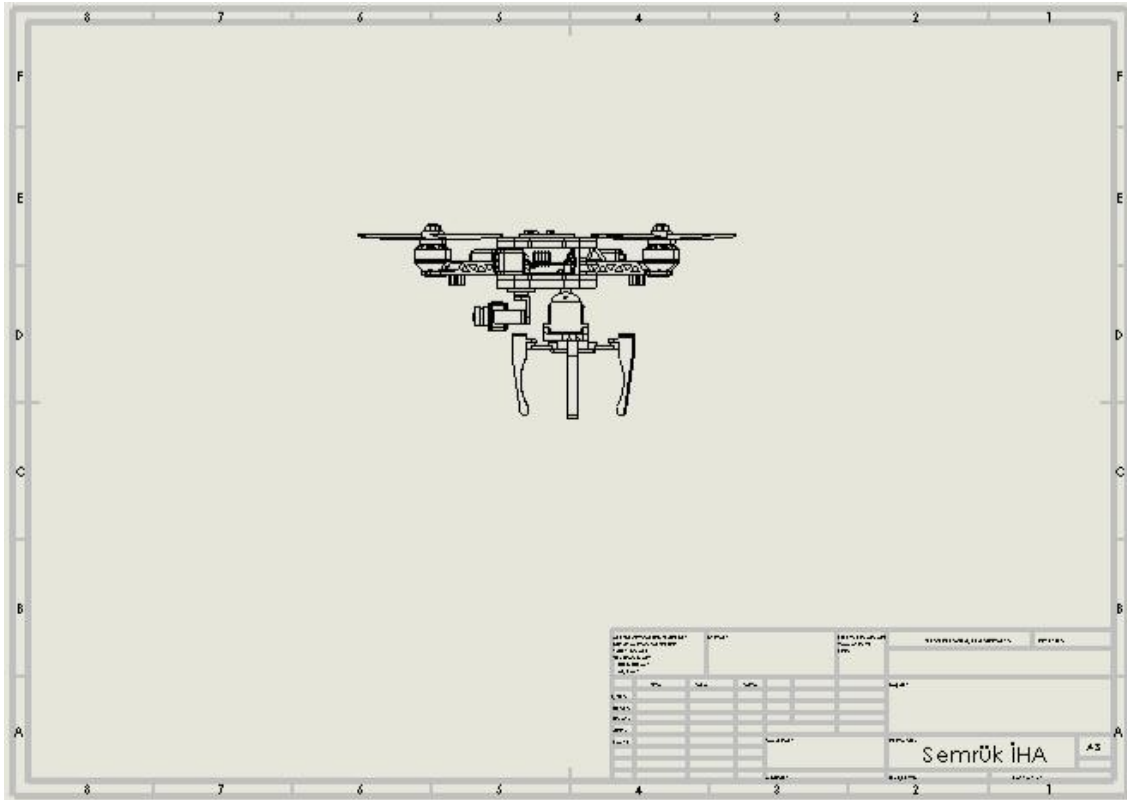
Şekil 8.3: 3 Boyutlu görsel (yandan)



Şekil 8.4: Teknik Resim 1 (üst görünüş)



Şekil 8.5: Teknik Resim 2 (ön görünüş)



Şekil 8.6: Teknik Resim 3 (yan görünüş)

ÖZ GEÇMİŞ

Salih MAZLUM

1996 yılında Trabzon'da doğdu. İlköğrenimini Beşirli İMKB İlköğretim okulunda, liseyi Yunus Emre Lisesinde tamamladı. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği bölümüne başlamıştır. Lisans eğitimi devam etmektedir.

Oğuzhan HAFIZOĞLU

1996 yılında Trabzon'da doğdu. İlköğrenimini Sürmene Yakup Kalafatoğlu İlköğretim okulunda, liseyi Sürmene Hasan Sadri Yetmişbir Anadolu Lisesinde tamamladı. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği bölümüne başlamıştır. Lisans eğitimi devam etmektedir.

Ömer YÜZBAŞIOĞLU

1997 yılında Artvin'de doğdu. İlköğrenimini Çoruh İlköğretim okulunda, liseyi Artvin Anadolu Lisesinde tamamladı. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği bölümüne başlamıştır. Lisans eğitimi devam etmektedir.

Hayri Alperen İŞLER

1997 yılında Ankara'da doğdu. İlköğrenimini Dedeman İlköğretim okulunda, liseyi Erdem Bayazit Anadolu Lisesinde tamamladı. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği bölümüne başlamıştır. Lisans eğitimi devam etmektedir.