2209/A

ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ YURT İÇİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEK PROGRAMI

SONUÇ RAPORU

PROJE BAŞLIĞI: **ÇOK AMAÇLI İNSANSIZ HAVA ARACI**

PROJE YÜRÜTÜCÜSÜNÜN ADI: MEHMET TANER SOYDAN

DANIŞMANININ ADI: YRD.DOÇ.DR. OKAN ORAL
YRD.DOÇ.DR. NURİ ÇAĞLAYAN

GENEL BİLGİLER

PROJENİN KONUSU	Çok Amaçlı İnsansız Hava Aracı
PROJE YÜRÜTÜCÜSÜNÜN ADI	MEHMET TANER SOYDAN
DANIŞMANIN ADI	Yrd. Doç. Dr. Okan ORAL Yrd. Doç. Dr. Nuri ÇAĞLAYAN
PROJE BAŞLANGIÇ VE BİTİŞ TARİHLERİ	01.01.2017 – 01.01.2018

İÇİNDEKİLER

1. Giriş……..4
2. Proje Döneminde Yapılan Çalışmalar……..……6
2.1. Birinci Dönem Yapılan Çalışmalar…….6
2.1.1. İHA Donanım Parçaları ve Özellikleri……..……....6
2.1.1.1. Gövde……..……..6
2.1.1.2. İHA Kontrol Seti……..……7
2.1.1.3. Motor……...9
2.1.1.4. Motor sürücü……10
2.1.1.5. Pervane……11
2.1.1.6. Kumanda……..12
2.1.1.7. Kamera……13
2.1.1.8. FPV Ekran……14
2.1.1.9. Video Alıcı-Verici……15
2.1.1.10. Pil……...15
2.1.1.11. Kamera Sabitleyici……..16
2.2. İkinci Dönem Yapılan Çalışmalar…….……17
2.2.1. İHA Donanım Parçaları ve Özellikleri……..…..17
2.2.2. Yazılımın hazırlanması……..……..23
2.2.2.1. Ardupilot yazılımı……..……..……24
2.2.2.2. Mobil yazılım……...…....29
3. Sonuçlar……..31
4. Çıktılar……33
5. Kaynakça……33
6. Proje İle İlgili Harcama Kalemleri Hakkında Ayrıntılı Bilgi ……33-34

1. GİRİŞ

İnsansız Hava Araçları (İHA), günümüzde birçok farklı sektör tarafından aktif şekilde kullanılmaktadır. Özellikle son yıllarda popülerlik kazanmayı başaran İHA'lar; inşaat, reklam, sinema ve kargo taşımacılığına kadar çeşitli sektörlerde sıklıkla kullanıldıkları görülmektedir. Bu hava araçları her ne kadar son yıllarda tanınmaya başlansa da mazisi 20.YY'ın başlarına dayanmaktadır. Öncelikle savunma sanayiinde gözlem aracı olarak kullanılan İHA'lar, 20.YY'da ulaşımın zor olduğu bölgelerde analizler yapmak amacıyla tercih edilmiştir. Askeri alanda kullanılmasıyla birlikte, büyük bir kitlenin dikkatini çeken İHA'lar; artık bireysel kullanımın dışında ticari amaçlı olarak da aktif şekilde tercih edilmektedir (Anonim, 2017). İnsansız hava araçlarının kullanıldığı alanlardan bazıları aşağıda verilmiştir (Şahin, 2016).

Reklamcılık: İHA'ların en yoğun kullanıldığı alanlardan biri reklamcılık sektörüdür. Havadan çekilen fotoğraf ve videolar, tanıtım amacıyla yoğun şekilde kullanılmaktadır. İnsansız Hava Araçları; doğrudan uzaktan kontrol edilip, belirli bir bölgenin fotoğrafları ya da videoları çekilebiliyor. Bu işlemler için İHA altına konumlandırılan kamerayla birlikte çekimler uzaktan kumandayla kontrol edilebilmektedir.

Taşımacılık: İHA 'lar, özellikle kısa mesafelerde taşımacılık ve teslimat alanlarında da kullanılıyor. Bu ürünlerle posta dağıtımları birkaç farklı ülkede başlatılmış durumdadır. Benzer şekilde internet üzerinden verilen yemek siparişlerinin dağıtımı da bu ürünlerle yapılabilmektedir. Amazon başta olmak üzere e-ticaret sektöründeki birçok şirket de taşımacılık için İHA'lara yatırımlar yapmaktadır.

Yangın söndürme: İHA'lar, uzunca bir süredir havadan yangın söndürme işlemlerinde de aktif rol üstelenmektedir. Daha çok sık ağaçlık ve orman gibi bölgelerde yani normal imkanlarla yangın söndürmeye müdahalenin aktif şekilde yapılamadığı durumlarda İHA'lar devreye girmekte ve özel haznelerindeki suyu havadan boşaltarak, yangın söndürmede aktif rol üstlenmektedirler.

Arama Kurtarma: Yangın söndürmede olduğu gibi yine ulaşılması zor bölgelerde arama – kurtarma faaliyetlerinde de İHA'lar özel olarak tercih edilmektedir. Full HD kayıt yapabilen bir kamera ve manyetik dalgaları algılayabilen bir sensörden oluşan modül yardımıyla her İHA bir arama - kurtarma cihazına dönüşebilmektedir.

Trafik Denetleme: Kara trafiğinin çok yoğun olduğu durumlarda polisler kimi zaman kuralları ihlal edenleri tespit etmekte güçlük çekebiliyor. Ancak İHA'lar burada da imdada yetişiyor ve polislerin görevini üstleniyor. Böylece kuralları ihlal edenler havadan kolayca tespit edebiliyor. Bu sistem şu an aktif olarak pek sık tercih edilmese de gelecekte özellikle karadan takibin zor olduğu sıkışık trafikte İHA'ların daha sık kullanılacağı görülmektedir.

İHA'lar kullanılacak amaçlara özel olarak üretildiklerinden fotoğraf ve video çekimi için tasarlanmış olanlar ile taşımacılık için kullanılacaklar arasında teknik anlamda ciddi farklar olabilmektedir. Ancak temelde bu ürünler; gövde, kontrol kartı, motor, pervaneler, batarya, alıcı ve uzaktan kumandayı barındırmaktadır ve çoğunlukla 2.4 GHz frekans bandında dört kontrol kanalı kullanmaktadırlar. Bu frekans sisteminin tercih edildiği kumandalar şifreleme sistemiyle birbiriyle eşleşmekte ve bir kez eşleşme yapıldığında her seferinde kumandayla bağlantı otomatik olarak sağlanmaktadır. Kumandalar üzerindeki ekranlar sayesinde sürüş sırasında çekimler de eşzamanlı olarak görüntülenebilmektedir.

Yapılan çalışma kapsamında geliştirilen insansız hava aracı birden fazla amacı sağlayacak şekilde tasarlanmış olup, bir örneğinin imalatı yapılmıştır. Bu amaçlar arasında; yerleşke trafiğinin havadan izlenebilmesi, gece görüş sayesinde canlı arama, takip edebilme ve güvenlik kontrolünün sağlanması tarımsal alanda çiftlik hayvanlarının havadan izlenebilmesi ve hayvan sürüsünün kontrol edilebilmesi, açık alanda yetiştirilen ürün deseni hakkında bilgi almak, ağaçlandırılmış alanların görüntülenmesi, haritacılık alanında görüntü elde edilebilmesi ve eğitim alanında kullanılabilmesi bulunmaktadır. Tüm bu işlemlerde eş zamanlı olarak görüntü ve koordinat bilgisi istenilen bir izleme merkezine aktarılabilmekte ve bu bilgiler kayıt altına alınabilmektedir.

Proje kapsamında yapımı gerçekleşen insansız hava aracının motor, sürücü, görüntü alma işlemleri ve kumanda ayarları laboratuvar ortamında, uçuş denemeleri ise Akdeniz Üniversitesi yerleşkesi içinde yapılmıştır. Proje kapsamında yapılan işler Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. İş takvimi.

S.NO	İŞ TANIMI	AYLAR											
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	Donanım ve diğer malzemelerin belirlenmesi ve alımlarının yapılması	X	X	X	X	X							
2	Mekanik ve elektronik aksamın hazırlanması				X	X	X						
3	Kontrol kartının programlanması				X	X							
4	Android tabanlı mobil uygulama yazılımının hazırlanması					X	X	X					
5	Uçuş ve denge testlerinin yapılması					X	X	X	X	X			
6	Raporun yazılması								X	X	X	X	X

2. PROJE DÖNEMİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Birinci Dönem Yapılan Çalışmalar

İlk dönem (Ocak – Haziran 2017) içerisinde yapılacak çalışmanın planlama ve projelendirme işlemleri yürütülmüştür. Bu kapsamda, yapılması planlanan İnsansız Hava Aracının (İHA) kullanım amacı ve kullanım alanları konusunda görüş ve öneriler dikkate alınmış ve bu doğrultuda projelendirilmiştir. Ayrıca İHA'lar hakkında bilgiler derlenmiş ve kullanılan teknolojiler incelenmiştir. Bu amaçla kullanılacak malzemeler belirlenmiş ve bunların piyasa araştırmaları yapıldıktan sonra alımlara geçilmiştir. İHA'nın donanım ve yazılımların hazırlanmasına II. Dönem başında (Temmuz 2017) başlanmış ve dönem içinde bitirilerek denemeler yapılmıştır.

2.1.1. İHA Donanım Parçaları ve Özellikleri

Proje kapsamında imalatı yapılan İHA'ya ait donanım parçaları şunlardır:

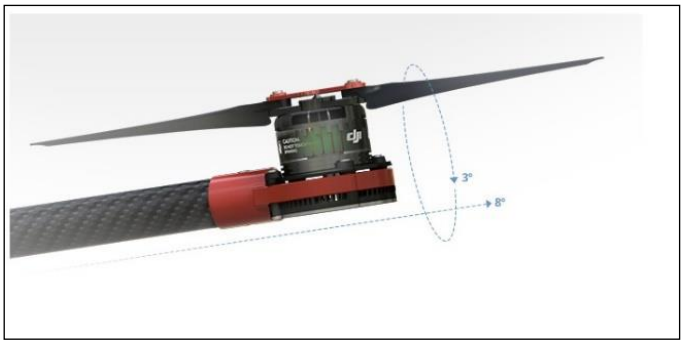
1. Gövde,
2. İHA kontrol (ArduPilot) seti,
3. Motor,
4. Motor sürücüleri,
5. Pervaneler,
6. Kumanda,
7. Kamera,
8. Ekran,
9. Video verici,
10. Pil,
11. Kamera sabitleyici

2.1.1.1. Gövde

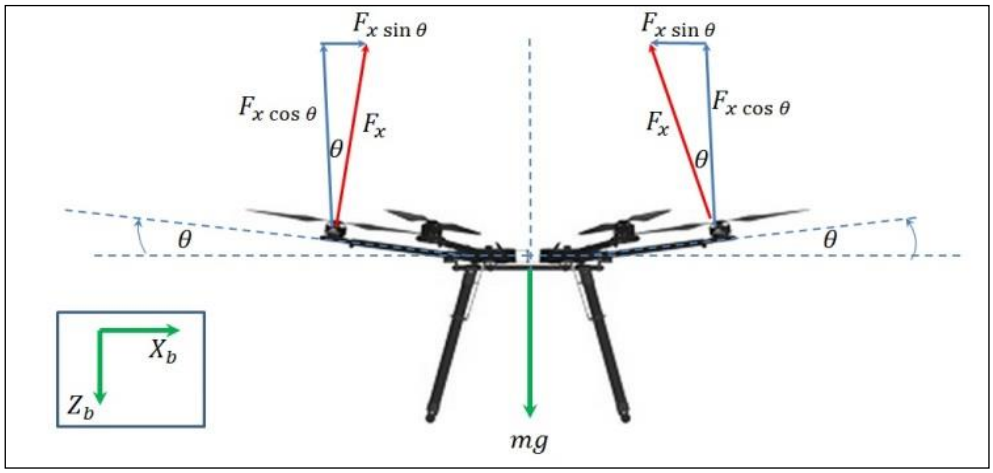
İHA'nın en önemli parçasıdır. Tüm diğer parçalar bu gövde üzerine sabitlenir. Gövde boyutu, şekli ve üretildiği malzeme, İHA'nın kullanım amacına göre değişiklik göstermektedir. Boyut, çoğunlukla çapraz iki motor arasındaki uzaklığın milimetre cinsinden uzunluğu olarak ifade edilir. Örneğin aşağıda fotoğrafta 550'lik bir hexacopter gövdesi görünmektedir. Projede kullanılan gövde S550 model ABS plastikten imal edilmiştir. Karşılıklı iki motor arasındaki uzaklık 55 cm'dir (Şekil 1-3).



Şekil 1. Şasenin görüntüsü



Şekil 2. Yere göre 8° açıyla duran kanat



Şekil 3. Kanatların pozisyonunu gösteren şematik tasarım

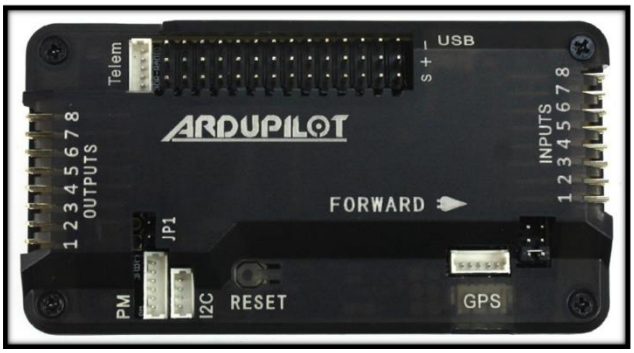
2.1.1.2. İHA Kontrol (ArduPilot) Seti

İHA Kontrol (ArduPilot) Seti (Şekil 4), kontrol kartı, uzaktan veri izleme (Telemetry) ve GPS modülünden oluşmaktadır.



Şekil 4. Sistemde kullanılan ArduPilot Seti

Kontrol kartı: Kontrol kartı, İHA'nın "beyni" olarak nitelendirebileceğimiz parçasıdır. Bu kartlar üzerinde jiroskop ve ivmeölçer sensörler bulunur. Bu sensörlerden aldığı bilgiye göre kart, motorların devirlerini değiştirerek istenilen yönde hareketi ve stabilizasyonu sağlar. Helikopterlerin multikopterlerden (Çok motorlu hava aracı) en büyük farkı burada devreye girmektedir. Helikopterler, yatış manevraları ve kendi ekseninde dönme hareketini servo motorlar kullanarak tamamen mekanik bir prensiple yapmaktadır. Multikopterler ise bu hareketleri farklı motorların devirlerini değiştirerek gerçekleştirebilir. Kumandadan gelen hareket yönüne karşılık olarak motorların devirlerini değiştirme işini tamamen kontrol kartı üstlenir. Yapılan proje kapsamında kontrol kartı olarak ArduPilot 2.8 kullanılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Sistemde kullanılan kontrol kartı

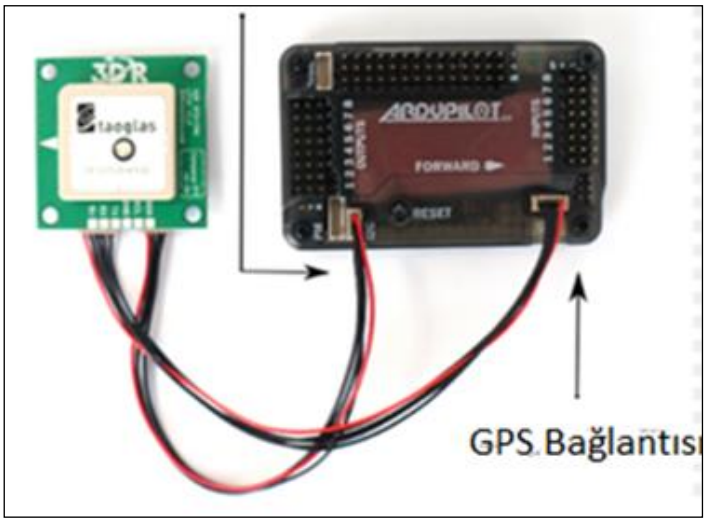
Uzaktan veri izleme cihazı (Telemetry): İHA uçuşu sırasındaki durum verisini (Hız, yükseklik, pil durumu vs.) yerde bulunan başka bir cihaza aktaran haberleşme birimine verilen isimdir (Şekil 6).



Şekil 6. Uzaktan veri izleme cihazı

GPS Modülü: Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS: Global Positioning System). Dünya üzerinde herhangi engelsiz bir görüş hattında, dört veya daha fazla uydusu ile her türlü hava koşulunda yer ve zaman bilgileri sağlayan uzay tabanlı uydu yer bildirim sistemidir.

Şekil 7’de görülen I^2C protokole sahip cihaz düşük hızlı çevre birimlerini anakart, gömülü sistem ya da cep telefonuna bağlamak için kullanılan toprağa referanslı, çok denetleyicili bir araçtır. GPS’ i oto pilotu kullanırken veya insansız hava aracı havadayken koordinat bilgisi almak için kullanmaktayız. Şekil 7.’de sıradan bir GPS modülünün ArduPilota bağlantısı gösterilmektedir. Şekil 8.’de yapılmış olan İHA’da kullanılan GPS modülü gösterilmektedir.



Şekil 7. GPS modülünün kontrol kartına bağlanması



Şekil 8. İHA’da kullanılan GPS modülü

2.1.1.3. Motor

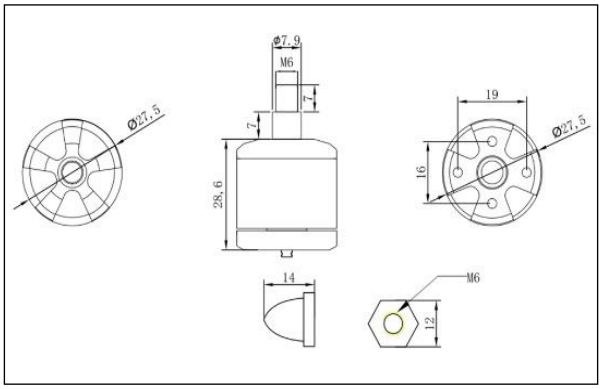
Fırçasız motorlar gelişen teknolojiyle birlikte birçok alanda olduğu gibi robotikte de kullanım alanı bulmuştur. Bu dc motor türleri iç yapı olarak birebir AC senkron motorlara benzemektedirler.

Bu motorlar özellikle hobi radyo kontrollü projeler için sıkça kullanılırlar. Birim enerji yoğunlukları daha iyi olduğundan RC arabalarda, helikopterlerde ve uçaklarda yüksek performans için tercih edilmektedir. Fırçasız motorların genel fırçalı motorlara göre elektriksel gürültü oluşturmaması, bakım kolaylığı, uzun ömürlü olması, yüksek hızlarda çalışabilmesi gibi önemli avantajlara sahiptir.

İHA'da kullanılan motorlar ZTR firması tarafından imal edilen BL2216-940 kV model motorlardır. Motorların görüntüsü Şekil 9 ve 10'da, özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Tabloda boyutları 10" (25.4 cm) olan pervaneye göre voltaj – güç değişimi belirtilmiştir.



Şekil 9. İHA'da kullanılan motorlar



Şekil 10. Motorların şematik çizimi ve boyutları

Tablo 2. Boyutları 10'' (25.4 cm) olan pervaneye göre voltaj – güç değişimi belirtilmiştir.

Motor Type	Propeller size	Voltage(V)	Current(A)	Thrust(g)	Power(W)	Efficiency(g/W)
BL2216-940KV	1047 prop	7	6.8	520	47.6	10.29
		8.5	9.1	710	77.35	9.18
		10	11.3	890	113	7.88
		11	12.8	960	140.8	6.82

2.1.1.4. Motor Sürücüsü

Fırçasız motorları kontrol etmek için kullanılan elektronik devre sistemleridir. Bu devreler motorların bobinlerine sırasıyla PWM dalgası yollarlar. Bir motor sürücü devresi 3 sistemden oluşur:

- Servo sinyallerini çözücü ve işleyici mikrodenetleyici,
- Motor akım yükseltme devresi (FET, MOSFET transistorlu devreler),
- Motorlarda oluşan indüksiyon elektromotor kuvvetini (EMI) ölçen geribildirim devresi

RC motor sürücüler Radyo kumandalarda kullanılmak üzere üretilmiş özel motor konrol devreleridir. Radyo kumandalar servoları çalıştırmak için gerekli sinyalleri (PCM ya da PPM) üretirler. Bu sinyaller %7 ile %14 arasındaki PWM sinyalleridir. Bu saykıl

saniyede 60-70 hertzlik frekansta oluşur. Motor sürücüler de bu sinyalleri fırçasız motorlara uygun hale getirirler.

PWM darbe genişlik modilasyonudur. PWM ile gerilim farklı zaman aralıklarında açık ve kapalı tutularak motorun hızı ayarlanabilmektedir. Örneğin, PWM sinyali yarım zaman açık yarım zaman kapalı tutulacak olursa, ortalama gerilim sabit gerilimin yarısı olacaktır. Modülasyon lineer olup eşitlik (1)' de verilmiştir.

$$\mathrm{Vort} = (\mathrm{Vsbt.\,ta})/(\mathrm{ta} + \mathrm{tk}) \qquad (1)$$

Burada ortalama gerilim V_{ort}, sabit gerilim V_{sbt}, açık zaman t_a, ve kapalı zaman t_k olarak verilmiştir.

Motor sürücüler genellikle yalnızca tek yönde çalışacak şekilde üretilirler. Bu durum helikopter motorunu hep bir yöne çeviren bir sistem için sorun olmazken Robotik kulanım için uygun olmaz. Eğer hem ileri hem geri döndürmek planlanıyorsa motor sürücüler geri döndürebilir (reversible) özellikte olmalıdır. Projede kullanılan motor sürücüleri SimonK yazılımına sahip 30 A akım verebilen olan motor sürücüleri seçilmiştir. İHA'da kullanılan motor sürücüler Şekil 11'de gösterilmektedir.



Şekil 11. İHA'da Kullanılan motor sürücüler gösterilmektedir.

2.1.1.5. Pervane

Motorlardan sağlanan gücü itme kuvvetine dönüştürmek için kullanılan elemanlardır. CW (Clock Wise) ve CCW (Counter Clock Wise) olarak 2 türlüdür. CW ve CCW pervaneler birbirinin simetriğidir. Bunun nedeni İHA üzerinde oluşan torku (Kuvvet momenti ya da dönme momenti, bir kuvvetin nesnenin ekseninde, dayanak noktasında ya da çevresinde dönme eğilimidir.) sıfıra indirmektir. Aksi takdirde İHA

kendi etrafında dönmeye başlayacaktır. Şekil 12'de CW ve CCW pervaneler gösterilmektedir. Projede kullanılan pervaneler tamamen örme karbon fiber olarak seçilmiştir.



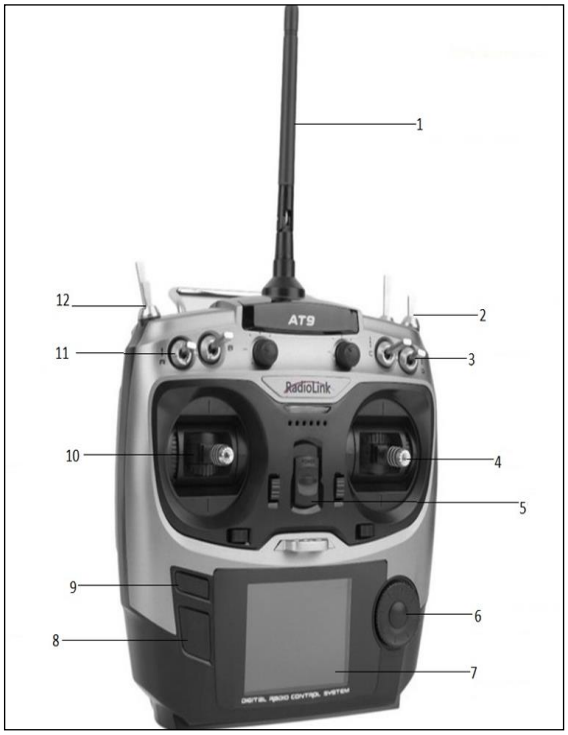
Şekil 12. CW ve CCW pervane

2.1.1.6. Kumanda

Bir İHA'yı uçurmak için en az 4 kanala sahip bir hava aracı kumandası kullanılmalıdır. Günümüzde, RC uzaktan kumandaların neredeyse hepsi 2.4 GHz frekansta çalışmaktadır. Bu sayede anten boyları kısalmış ve frekansın birbiri ile karışma olasılığı neredeyse yok olmuştur, çünkü 2.4 GHz kumandalar, eski 35 MHz veya 72 MHz kumandaların aksine dijital haberleşme yaparlar ve alıcı ile kumanda bir şifreleme ile birbirine eşleşir. Bu eşleşme işlemi sadece bir kez yapılır ve daha sonra o kumanda sadece kendi şifresini tanıyan alıcılar ile haberleşebilir. 2.4 GHz sistemler, menzil konusunda ise en az 500m civarında bir performans gösterirler. Tablo 3'de kumandanın genel özellikleri, Şekil 13'te İHA'da kullanılan kumanda ve Tablo 4'de kumanda düğme özellikleri görülmektedir. Projede kullanılan kumanda RadioLink firmasının 9 kanallı AT9 modelindeki kumandasıdır.

Tablo 3. Kumanda özellikleri

No	Genel Özellik
1	Hızlı tepki süresi, Ortalama tepki süresi 3 ms ve 9 kanal eşzamanlı çalışmaktadır.
2	LCD ekran 2.8" 1,6 milyon renk kapasitesi bulunmaktadır.
3	Düşük pil seviyesi için titreşim alarmı
4	Çalışma gerilimi 8.6-15v
5	Çalışma akımı 105mA
6	USB yardımıyla internet üzerinden güncellenebilmektedir.
7	Kontrol mesafesi 600-900 metre arasında değişmektedir.



No	Görevi	Açıklama
1	Anten	Alıcıyla haberleşmeyi sağlayan 2.4 gHz frekansında yayın yapmaktadır.
2	Anahtar	İhtiyaç durumunda yerleştirilen eklentiyi kontrol edebilmektedir.
3	Anahtar	İhtiyaç durumunda yerleştirilen eklentiyi kontrol edebilmektedir.
4	İleri - Geri ve Sağ-Sol	İHA'yı kontrol etmektedir.
5	Güç düğmesi	Kumandayı aktif etmektedir.
6	Onay tuşu	Yapılan herhangi bir ayarı onaylamak için kullanılmaktadır.
7	LCD ekran	Kumandayı programlamak için yapılan ayarları gördüğümüz ekrandır.
8	Geri tuşu	Menülerden çıkışı sağlamaktadır.
9	Mod tuşu	Menüler arası geçişi sağlamaktadır.
10	Yüksel - Alçal	İHA'nın yüksekliğini ayarlamak için kullanılmaktadır.
11	Uçuş modu değiştirme	İHA'da önceden yüklenen 6 uçuş modu arasında geçişi sağlamaktadır.
12	Uçuş modu değiştirme	İHA'da önceden yüklenen 6 uçuş modu arasında geçişi sağlamaktadır.

Şekil 13. İHA'da kullanılan kumanda

Tablo 4. Kumanda düğme görevler

2.1.1.7. Kamera

Kameranın İHA'da kullanılmasının amacı anlık olarak havadan görüntü alınması ve bu görüntünün yerdeki bir merkeze iletilmesi için kaydedilmesini sağlamaktır. Şekil 14'de kullanılan kamera, Tablo 5'te kamera özellikleri görünmektedir. Projede kullanılan Kamera EKEN marka H9R modelindeki kamerasıdır.



Şekil 14. İHA'da kullanılan kamera

Tablo 5. Kamera özellikleri

S. No	Özellikler	Değerler
1	Sensör	1/2.3” 16 MP geri aydınlatmalı CMOS
2	Görüntü çözünürlüğü	16 MP /8 MP/ 3 MP
3	Video çözünürlüğü	4k 24fps/2.5k 30 fps/1920*1080 60 fps/1920*1080 30 fps/1280*720 120 fps/640*480 30 fps
4	Video düzeni	Mp4 Görüntü: Jpg
5	Voltaj	5v
6	Giriş akımı	800mA
7	Pil	3,7 V 1600mAh
8	Çalışma süresi	1,5 Saat
9	Lens	7g/horizonal 120°
10	Çıkış	USB 2.0/HDMI/av/Wifi
11	Boyut	58*31*40 mm
12	Net ağırlığı	Pil dahil 74 g

2.1.1.8. FPV (First Person View) Ekran

FPV (First Person View), ilk kişi gözünden görmek veya daha net bir tarifle “Pilot gözü ile görmek” şeklinde tanımlanabilir. İHA üzerine yerleştirilen kamera yardımıyla çekilen görüntü anlık olarak bir ekrana aktarılır ve bu görüntü uçuşa yardımcı veya etrafı gözetlemek amacı ile kullanılabilir. Şekil 15’da kullanılan FPV ekran ve Tablo 6’da ekran özellikleri verilmiştir. Projede kullanılan FPV ekran 720x480 pixel ekran çözünürlüğüne sahiptir.



Şekil 15. İHA’da kullanılan FPV ekran

Özellikler	Açıklama
Girişler	Kompozit AV
Ekran Oranı	16:9 dur.
Çözünürlük	800x480
Görüş Açısı	110°-140°
Güç Tüketimi	8 W

Tablo 6. FPV ekran özellikler

2.1.1.9. Video alıcı-vericisi

İHA üzerinde bulunan kamera yardımıyla elde edilen görüntüyü elimizdeki ekrandan izlemek için kullanılmaktadır. Şekil 16'de video vericisi, Şekil 17'de video alıcısı ve tablo 5'te özellikleri görünmektedir.



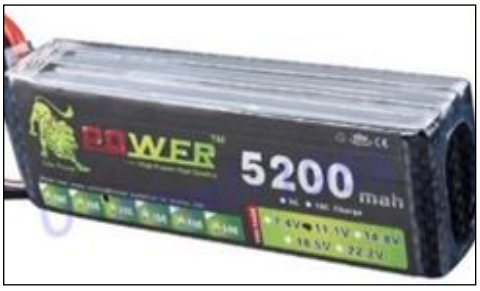
Şekil 16. Video vericisi



Şekil 17. Video alıcısı

2.1.1.10. Pil

İHA'larda kullanılan piller lityum polimer tipteki pillerdir. Kısaca li-po batarya da denir. Bu piller ağırlık ve boyutlarına oranla oldukça fazla enerji verebilme yeteneğine sahiptir. Lityum polimer pillerin her bir hücresi 3,7V, tam dolu olduklarında ise 4,2V gerilime sahiptir. Bu hücreler, birbirine paralel ve seri bağlanarak bataryanın kapasitesinin veya geriliminin artımı sağlanır. Örneğin 3S diye tabir edilen bir lityum batarya, 3 x 3,7V = 11,1V gerilime; tam şarjlı iken ise 12,6V gerilime sahiptir. Lityum bataryaların miliamper saat (mAh) cinsinden kapasiteleri üzerlerinde belirtilir. Ayrıca bu kapasiteye oranla ne kadar akım verebildikleri üzerinde yazan "C" değerine bağlıdır. Şekil 18'de İHA'da kullanılan 5200 mah pil gösterilmektedir.



Şekil 18. İHA'da kullanılan 5200 mAh pil

2.1.1.11. Kamera sabitleyici (Gimbal)

Hava araçları genellikle multikopter ve helikopter ile çekilen hava fotoğraf ve videolarının sabit ve istenen konumda çekim pozisyonlarını ayarlı yan aparat diğer bir anlatımla biri birini karşılıklı olarak düşey pozisyonda kesmiş olan iki dönüş ekseni (yatak ve şaft) bulunan mekanik bir çerçeve olarak ta açıklayabiliriz. Şekil 19'da kamera sabitleyici gösterilmektedir.



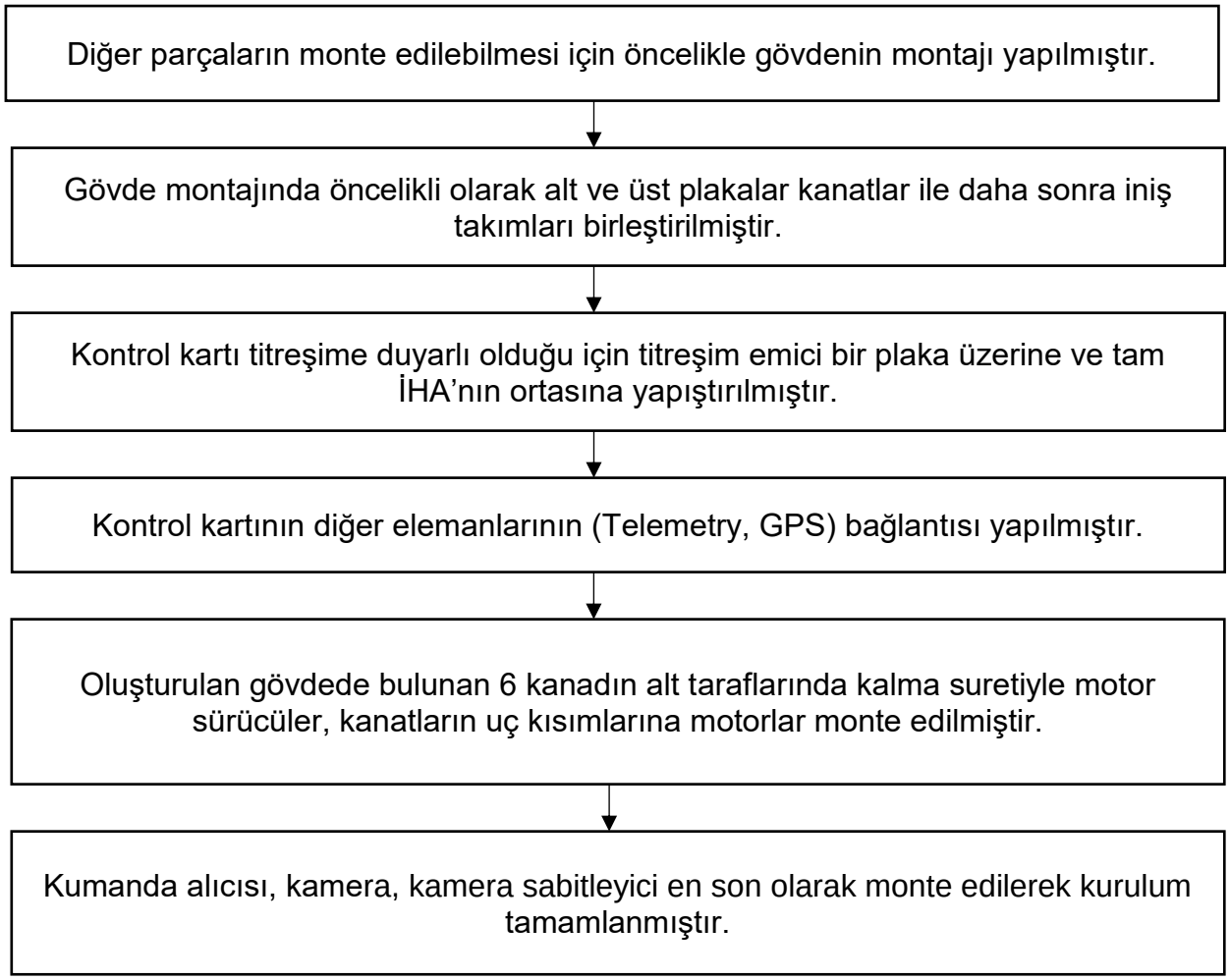
Şekil 19. İHA'da kullanılan kamera sabitleyici

2.2. İkinci Dönem Yapılan Çalışmalar

İkinci dönem (Temmuz – Aralık 2017) içerisinde yapılan çalışmanın yazılım ve donanım işlemleri yürütülmüştür. Bu kapsamda, yapılan İnsansız Hava Aracının (İHA) kullanım amacı ve kullanım alanları göz önüne alınarak programlaması yapılmıştır. Proje kapsamında yapımı gerçekleşen insansız hava aracının motor, sürücü, görüntü alma işlemleri ve kumanda ayarları laboratuvar ortamında, uçuş denemeleri ise Akdeniz Üniversitesi yerleşkesi içinde yapılmıştır.

2.2.1. Donanımın Hazırlanması

Projenin bu aşamasında İHA'nın donanım parçaları birleştirilmiş ve denge kontrolleri yapılmıştır. Yapılan işlemlere ait akış şeması Şekil 20'de verilmiştir.



Şekil 20. Yapılan işlemlere ait akış şeması.

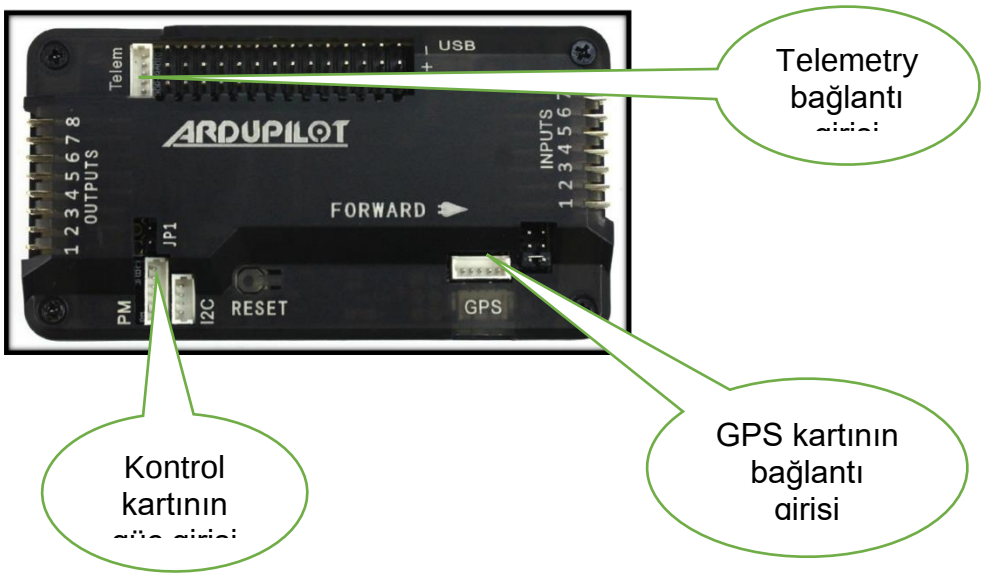
Hava aracının faydalı yük taşıma kapasitesi (Maksimum kaldırabileceği yük – kendi ağırlığı) 1716 gr. olarak hesaplanmıştır. İHA'nın maksimum kaldırabileceği ağırlık şu şekilde hesaplanmıştır. Motorun bir tartı üzerine sabitlenerek ve 10" (25.4 cm) pervane

takılarak tam gazda çalıştırıldığında terazide görülen değerin altı ile çarpılmasıyla bulunmuştur. Boyutları 55x55x35 cm ABS (Akrilonitril Bütadien Stiren) plastikten yapılan gövde birleştirilerek gerekli olan malzemeler gövde üzerine monte edilmiştir. Şekil 21'de gösterilmiştir.



Şekil 21. Birleştirilmiş gövde

Kontrol kartının gövdenin en üst kısmında ortalanmış bir şekilde titreşim emici plaka üzerine monte edilmiştir. Kontrol kartı üzerindeki bağlantı girişleri Şekil 22'de verilmiştir.



Şekil 22. ArduPilot 2.8 Kontrol kartı

Boyutları 25,4 cm (10”) tamamı örme karbon fiberden yapılan pervane motora monte edilmiştir (Şekil 23). Gövde çapı 55 cm olduğu için motorlar gövdenin orta kısmından 27.5 cm uzakta belirlenen yerlerine monte edilmiştir.



Şekil 23. Motora monte edilmiş pervane

Motor sürücü devreleri gövde birleştirildikten sonra hem yerden tasarruf hem de ısınmaması için kanatların altına monte edilmiştir (Şekil 24).



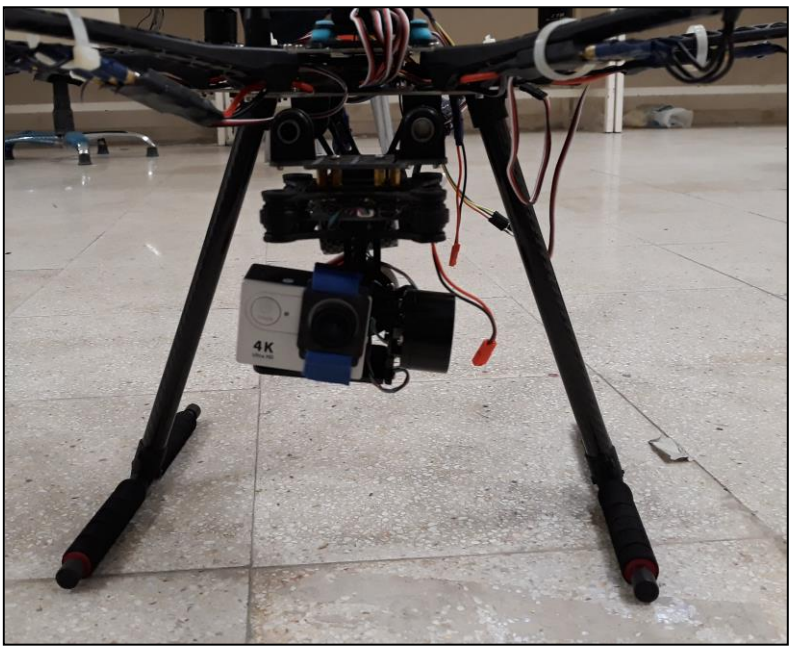
Şekil 24. Kanat altına yerleştirilen motor sürücü

İHA’da kullanılan kumandanın (Şekil 25) isteklerimiz doğrultusunda anahtarlarının programlarını ve uçuş için gerekli olan ayarları yapılmıştır.



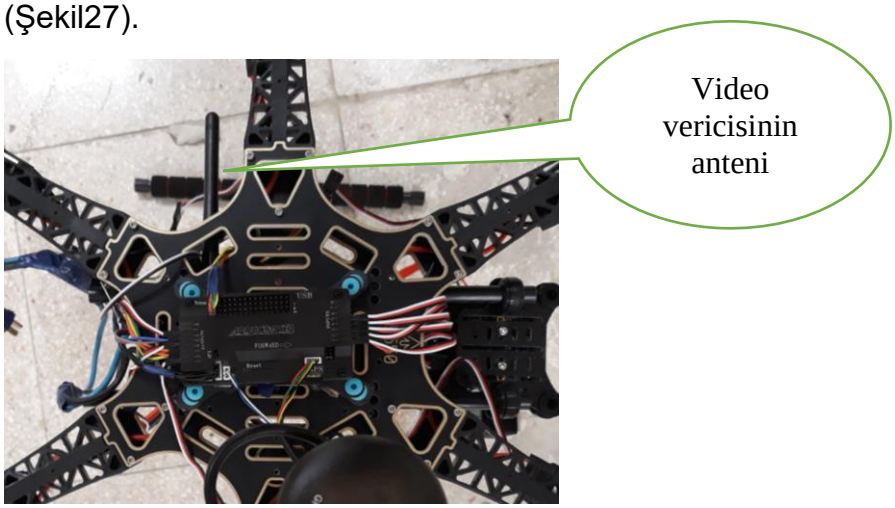
Şekil 25. Programlanan kumanda

Kamera İHA'nın alt kısmında kamera sabitleyiciye monte (Şekil 26) bir şekilde kullanılmaktadır.



Şekil 26. Kamera sabitleyiciye monte edilmiş kamera

Video alıcısı uzak mesafelerden kamera görüntüsünü elimizdeki ekrana almamıza yarar. Video alıcısı gövdeye anteni dışarda kalacak bir şekilde monte edilmiştir (Şekil27).



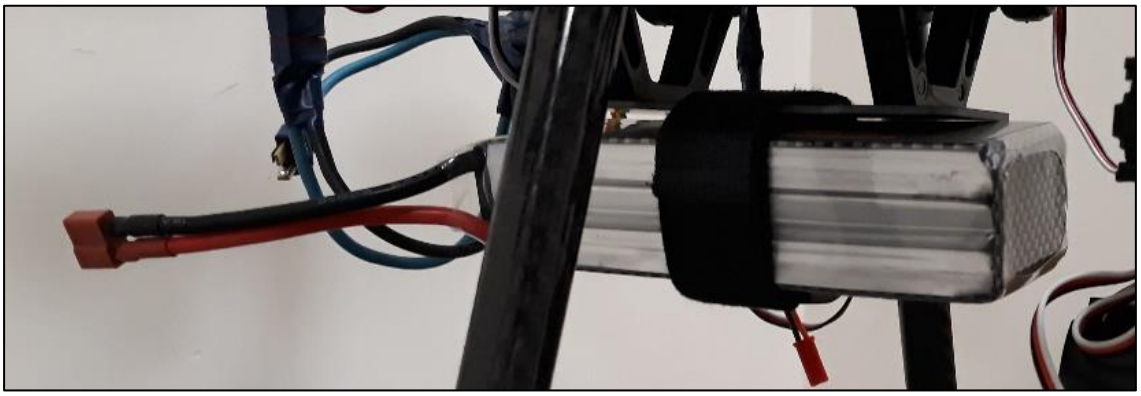
Şekil 27. Video vericisinin gövde üzerine monte edilmiş hali

Farklı iki ayrı kanaldan yayın yapabilen FPV ekran 720x480 pixel çözünürlüğe sahiptir. Şekil 28.'de FPV ekran görünmektedir.



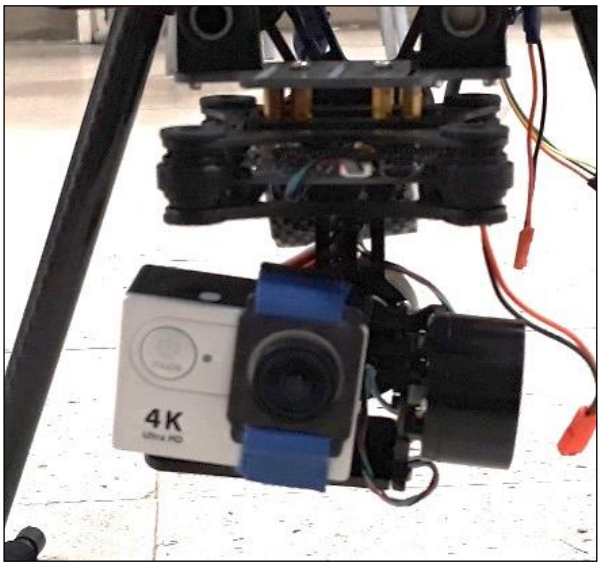
Şekil 28. Çözünürlüğü 720x480 olan FPV ekran

Pil 5200 mAh yükleme kapasitesine sahiptir. Bu pil gövde altında ağırlık merkezini bozmayacak şekilde ortalanmış bir şekilde monte edilmiştir (Şekil 29).



Şekil 29. Gövde altına monte edilmiş pil

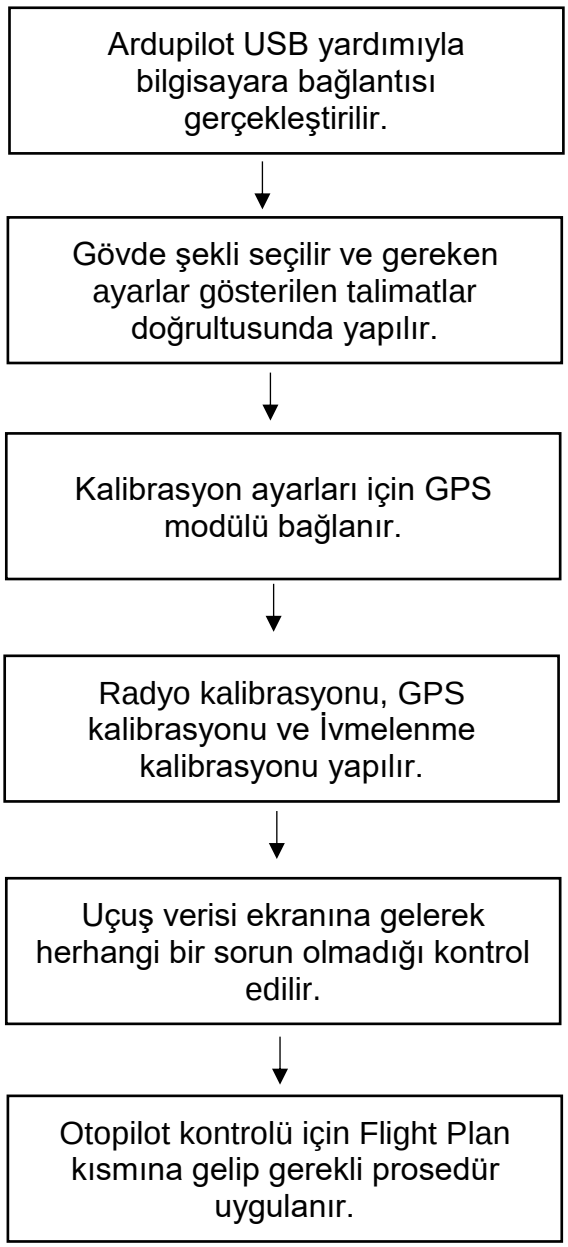
Kamera sabitleyici İHA'nın altına monte edilmiştir (Şekil 30). Kamera sabitleyicisinde bulunan sensör sayesinde sürekli yere paralel olarak kaldığı için kamera görüntüsünde herhangi bir bozulma olmamaktadır.



Şekil 30. Kamera sabitleyici

2.2.2. Yazılımın Hazırlanması

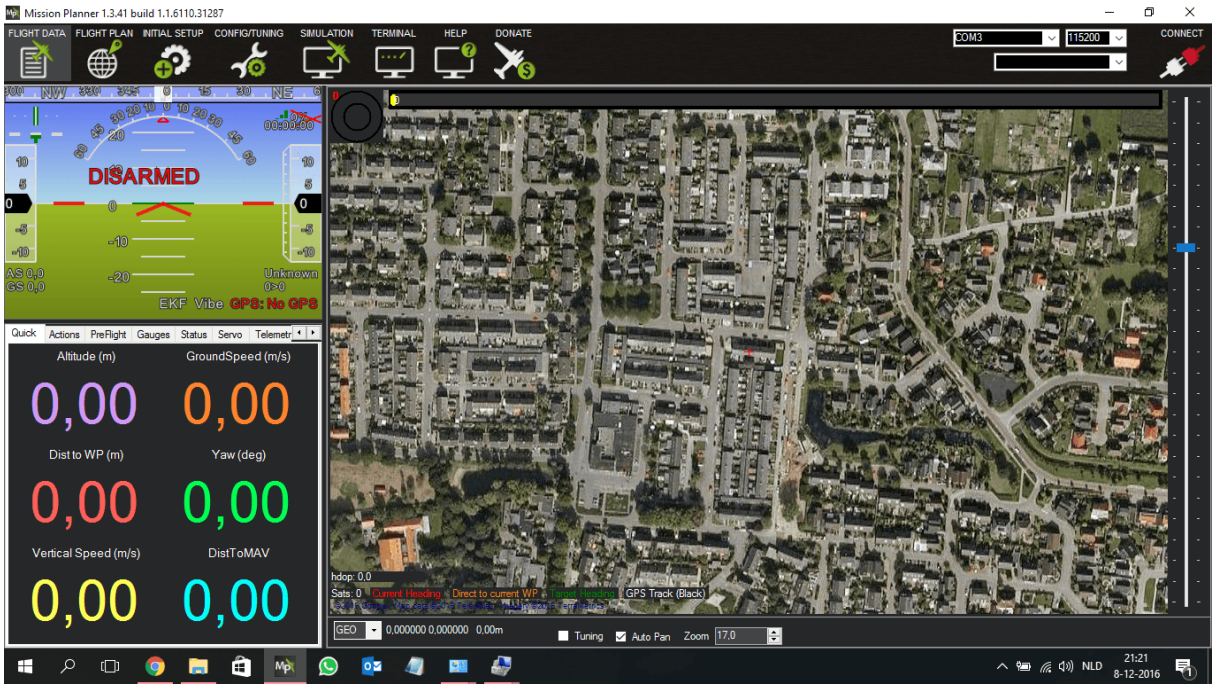
Kontrol kartını bilgisayara bağladığımızda USB bağlantı portu olan COM girişlerinden hangisinde olduğunu seçtikten sonra Baud ayarının yapılması gerekmektedir. Baud kontrol kartının saniyedeki veri alışverişini temsil etmektedir. COM ve Baud ayarı yapıldıktan sonra kart – bilgisayar bağlantısı yapılmış olmaktadır. Programlama iş akış şeması Şekil 31'de verilmiştir.



Şekil 31. Programlama iş akış şeması

2.2.2.1. ArduPilot'un Yazılımı

Bu kısımda Ardupilot adlı kontrol kartını programlamak için Mission Planner ver. 1.2.88 (Şekil 32) derleyicisi kullanılmıştır. ArduPilot 2.8 ile uçuş rotaları hazırlanabilir, önceden tasarlanan rotada otomatik uçuş sağlanabilir. Bu kart Arduino kartı ile çıkış uçları ayarlanarak yerleştirilmektedir ve tam fonksiyonlu insansız hava aracı oluşturulmaktadır.

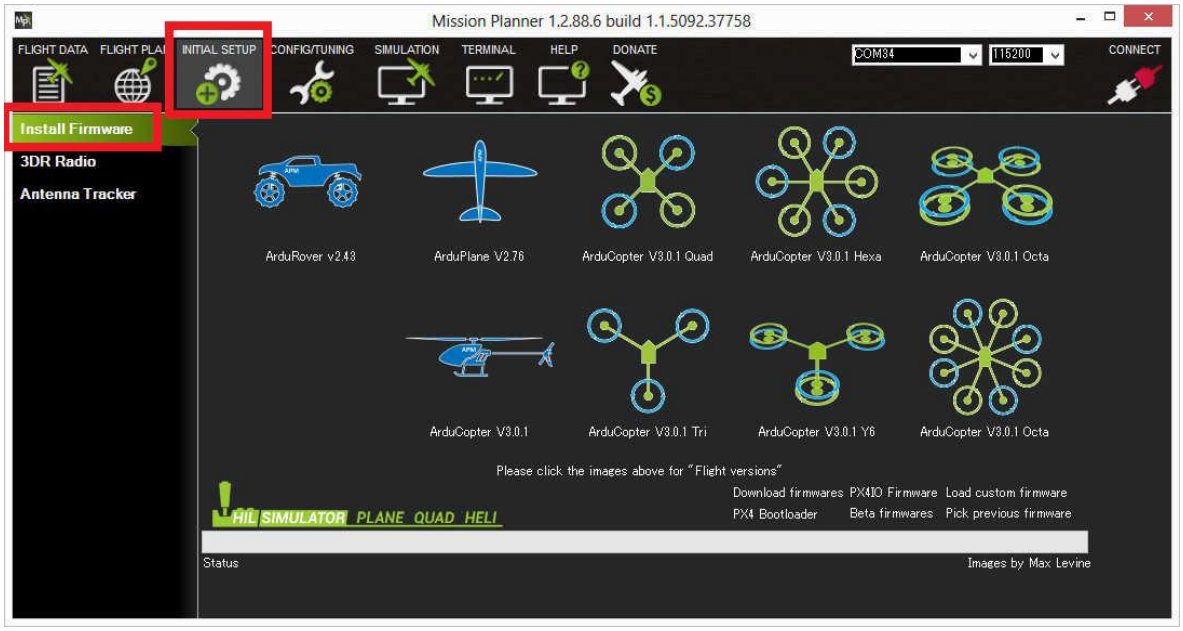


Şekil 32. Mission Planner'ın genel görünümü

Flight Data: Uçuş halindeki elde edilen verilerin gösterilmesini sağlayan kısımdır.
Flight Plan: Oto pilotun kullanılabilmesi için takip edilecek noktaların belirlenmesi ve yüksekliği girilmesini sağlayan kısımdır.
Inital Setup: Kasa şeklinin seçilmesini ve basit kurulumun yapılmasını sağlayan kısımdır.
Config/Tuning: Kontrol kartının tüm ayarlarının görülebildiği, düzenlenebildiği kısımdır.
Terminal: Kontrol kartındaki verilerin tamamen sayısal veriye dönüştürülmüş hali bu sekme altında bulunmaktadır.

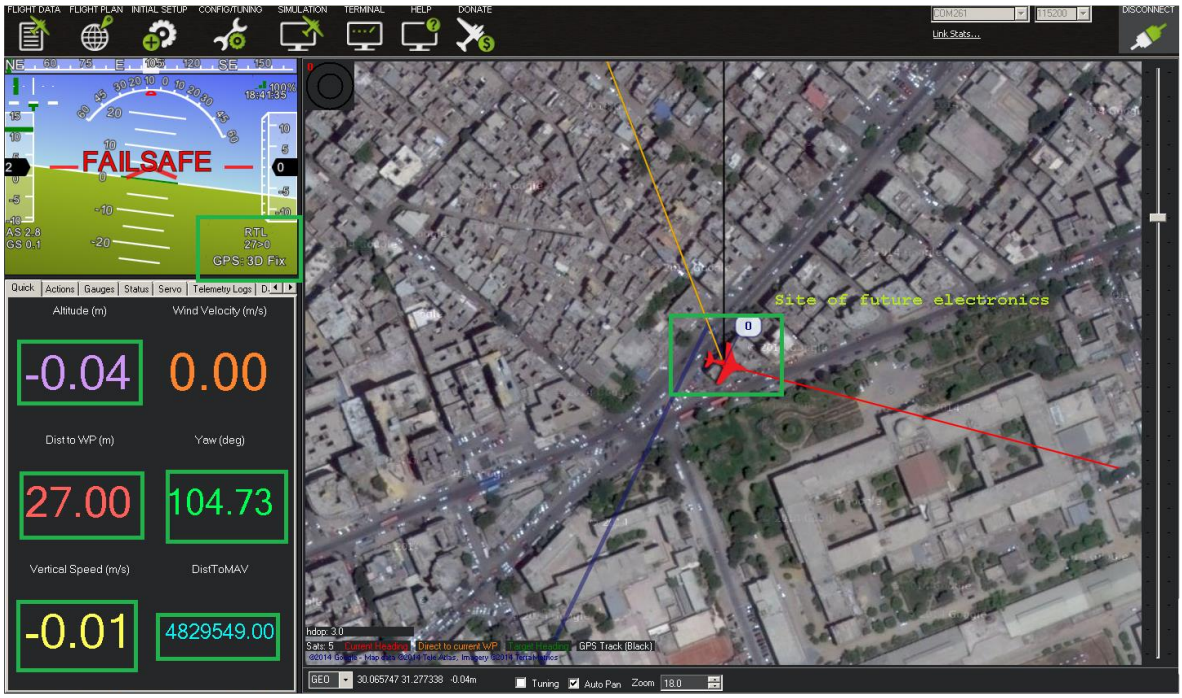
Motorlar için PID (Oransal-integral-türevsel denetleyici) kontrol uygulamaları, sistem için kalman filtrelemesi, IMU (Elektronik arayüz) ile sistemin otonom kontrolü sağlanabilmektedir. Bununla beraber Google Maps kullanılarak çizilen belirli bir rotada, insansız hava aracı uçarken anlık olarak uçuş verileri izlenebilmektedir. Kurulum yapıldıktan sonra GPS ayarlarını yapmak için Flight Data kısmına gelindiğinde harita görünmemektedir.

Yazılımda işleme ilk olarak gövde şeklinin seçimi yapılarak başlanmaktadır (Şekil 33).



Şekil 33. Gövde şeklinin seçilmesi

Bir sonraki adımda GPS modülü kontrol kartına bağlanarak haritanın ekrana gelmesi sağlanmaktadır (Şekil 34). Ayrıca kalibrasyon ayarları bu ekrandan yapılmaktadır.



Şekil 34. GPS modülü bağlandıktan sonraki görüntüsü

2.2.2.2. Radyo Kalibrasyonu

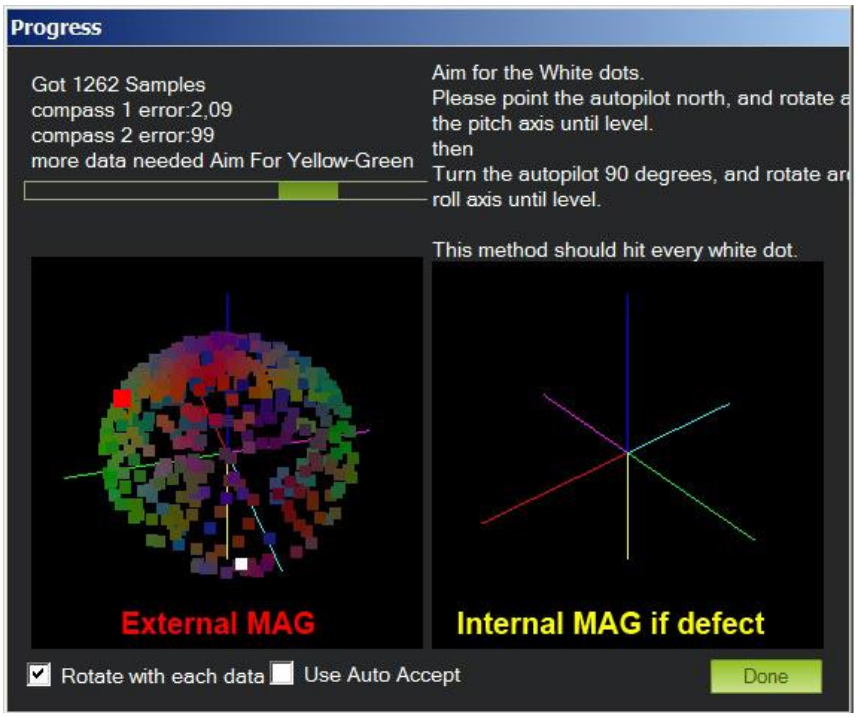
Kumanda ile kontrol kartı arasındaki veri alışverişi olurken yanlışlık olmaması için aynı sayı aralıklarında haberleşmesi için yapılmaktadır. Radyo kalibrasyonu başlatıldığında kumanda üzerinde bulunan tüm anahtarlar en çok ve en az noktaya itilerek alt ve üst sınırların çizilmesini sağlar. Şekil 34'te Radyo kalibrasyonu gösterilmektedir.



Şekil 34. Kontrol konsolunun alt ve üst sınırların şekilde gösterildiği gibi ayarlanmıştır

2.2.2.3. GPS Kalibrasyonu

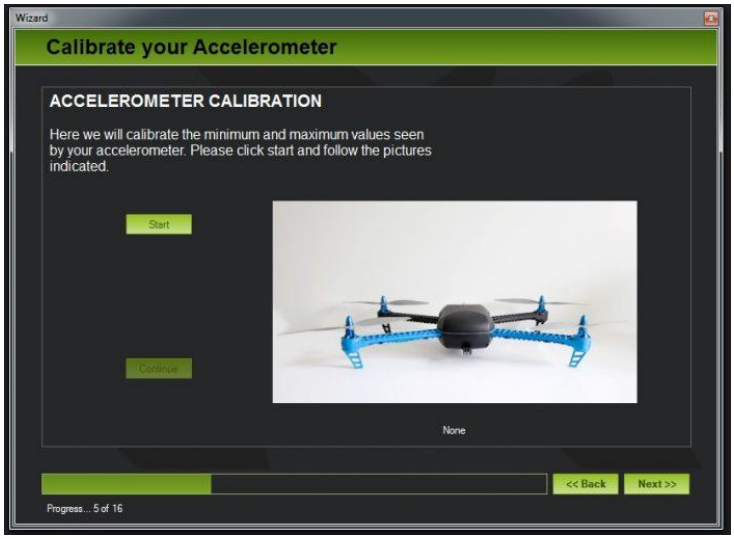
GPS modülü kontrol kartına eklenerek ,3 eksende kendi etrafında ve bir nokta etrafında döndürülerek veriler toplanılmıştır (Şekil 35). GPS ayarının sağlıklı yapılabilmesi için 13 GPS uydusuna bağlı olması gerekmektedir. (En az 7 GPS uydusu gereklidir.)



Şekil 35. Gerekli olan 7 uyduya bağlandıktan sonra +x, -x, +y, -y, +z, -z eksenlerinden 800 - 1300 arasında veri elde edilerek tam olarak kalibrasyon yapılmış olur.

2.2.2.4. İvmelenme Kalibrasyonu

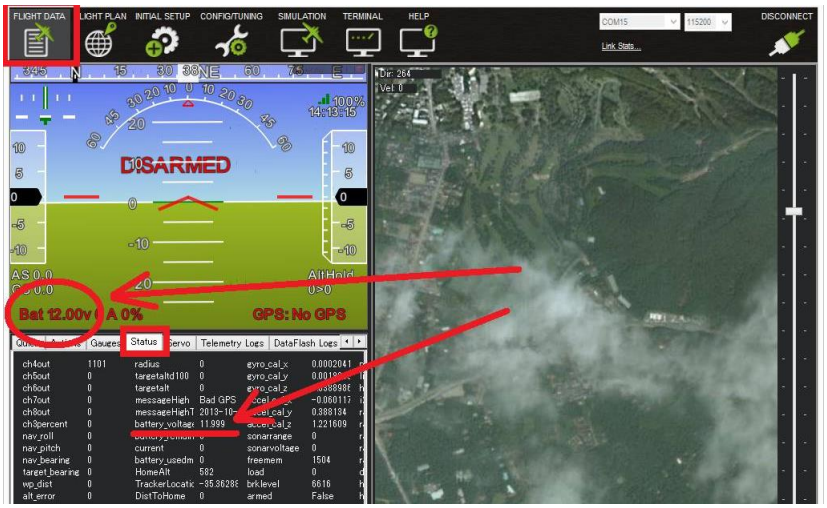
İvmelenme kalibrasyonu (Şekil 36), hava aracının şasisini kontrol kartına tanıtmak için yapılan bir kalibrasyon çeşididir. Bu kalibrasyonun yapılmasının amacı kontrol kartı kasaya yerleştirildikten sonra kasanın ön, arka, sağ ve sol kısımlarını kontrol kartına tanıtılmasıdır.



Şekil 36. Hava aracının yön tanımlama işlem ekranı

2.2.2.5. Uçuş Verisi Ekranı

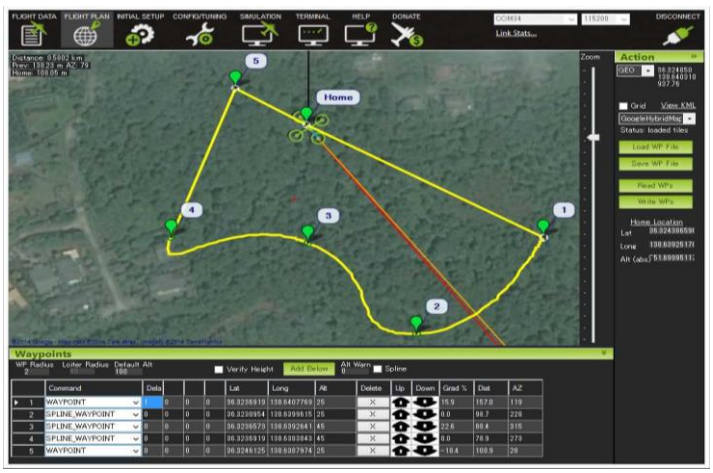
Uzaktan veri izleme cihazı (Telemetry) ile hava aracına bağlandığımızda o anki hızı, konumu, batarya seviyesini, voltajını, kaç tane uyduya bağlı olduğunu ve yüksekliğini gözlemlenebiliyor (Şekil 37).



Şekil 37. Uçuş verisi gösterilmektedir.

2.2.2.6. Oto Pilot Özelliği

Oto pilot özelliğinde birden fazla nokta belirlenmesi ve bu noktaların başlangıç noktasıyla birleştirilmesi gereklidir (Şekil 38). Noktaları belirlenmek için harita üzerinde yer seçildiğinde güvenlik amacıyla (Etraftaki yapıları göremeyeceğinden dolayı) yüksekliğin belirlenmesini kullanıcıya bırakmaktadır. Ayrıca beklenilmeyen bir sorun olduğunda kalkış yaptığı yere otomatik olarak iniş yapabilmektedir. Şekil 38'de görülen kırmızı ve turuncu çizgiler coğrafi kuzeyi temsil etmektedir. Oto pilot için hava aracının bulunduğu yeri merkez (Home) olarak alınarak çeşitli noktalar belirlenmiştir.

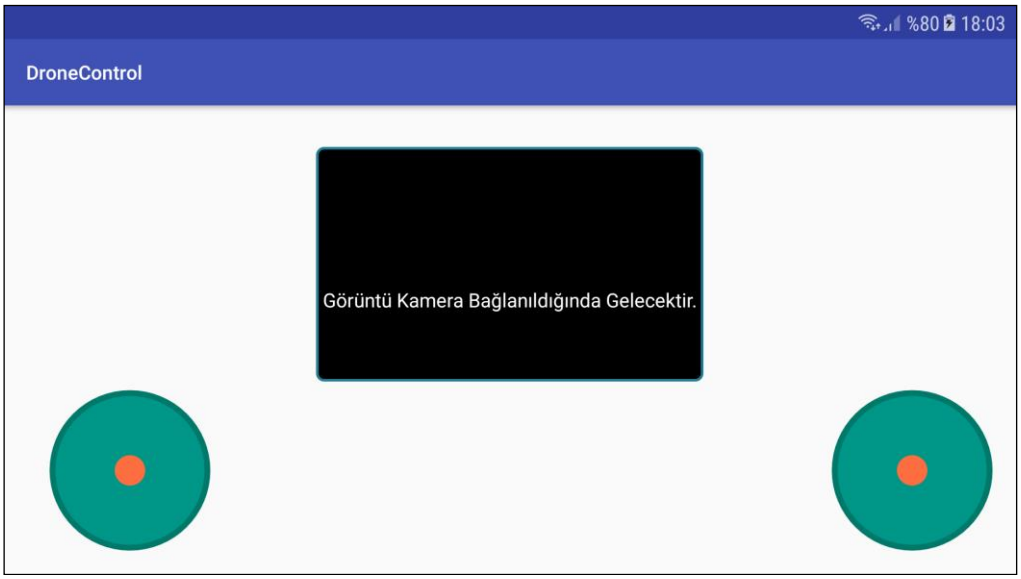


Şekil 38. Oto Pilot özelliği

2.2.2.7. Mobil Yazılım

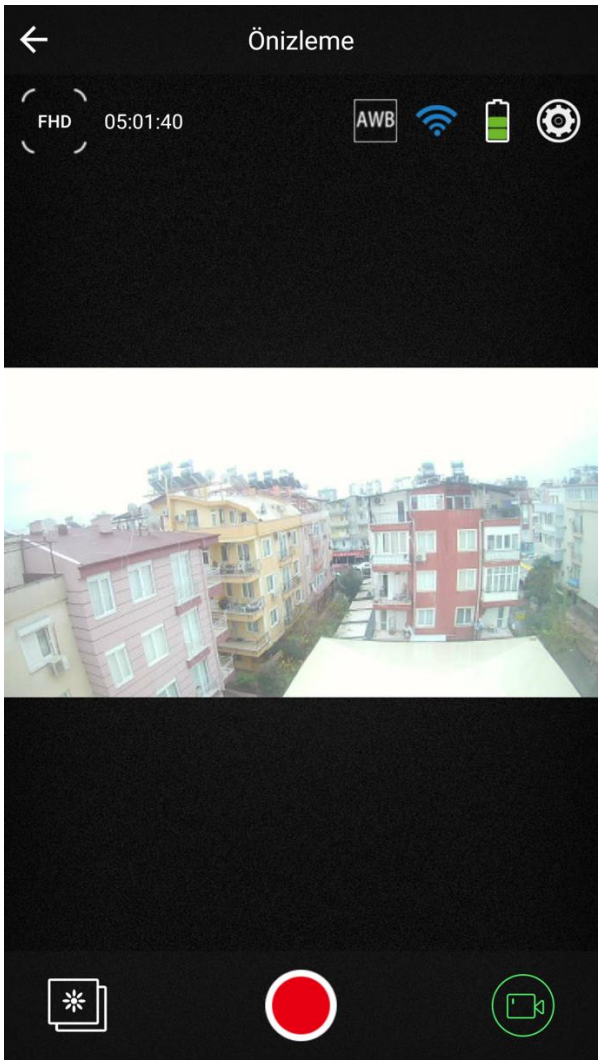
Mobil yazılım Android Studio 3.0.1 programında derlenmiştir. Ekran boyutu 16:9 oranında ayarlanmıştır. Bu ekrana İHA'yı hareket ettirmek üzere kullanılan 2 adet yönlendirme düğmesi ve kameradan gelen görüntüyü telefon üzerinden görmek için kullanılan küçük bir ekran daha bulunmaktadır. Telefonla 10-20 metre mesafede kullanılması planlandığından yapılan program bu doğrultuda yapılmıştır.

Ekranın (Şekil 39) sol tarafında bulunan yönlendirme düğmesi ile dikey konumda hareket ettirildiğinde yükselme – alçalma, yatay olarak hareket ettirildiğinde İHA'nın kendi ekseni etrafında dönmektedir. Ekranın sağ tarafında bulunan yönlendirme düğmesi ile dikey konumda hareket ettirildiğinde ileri – geri, yatay konumda hareket ettirildiğinde sağ – sol hareketi yapmaktadır.



Şekil 39. Android cihazda mobil yazılımın görüntüsü

Mobil yazılım olmadan görüntü alınmak istendiğinde kameranın kendi uygulaması (Ez i Cam) sayesinde 15-20 metreye kadar görüntü alınabilmektedir. Ez iCam uygulaması, İHA üzerindeki kamera görüntüsünü akıllı cihazlarda (Android ve IOS) gerçek zamanlı olarak görüntülenebilmesini ve SD karta kayıt altına alınabilmesini sağlamaktadır. SD karta kaydedilen video ve fotoğraflar daha sonra hem kameradan hem de akıllı cihaz üzerinden görüntülenebilir. Akıllı cihaz üzerinde video çözünürlük, görüntü boyutu ve beyaz dengesi ayarları yapılabilmekte bununla birlikte Pil Durumu, Wi-Fi sinyal gücü, görüntü kalitesi ve çekim yapabileceği süre görülebilmektedir. Ayrıca uygulama ile akıllı cihazlar uzaktan kumanda olarak kullanılıp fotoğraf çekilebilmekte ve daha sonra sosyal paylaşım sitelerinde paylaşılabilmektedir. Şekil 40'da uygulama üzerinden alınan görüntü görülmektedir.



Şekil 40. Ez iCam Uygulaması

3. Sonuçlar

1. Kameradan alınan görüntüyü FPV ekrana aktarmada başarılı olunmuştur. Açık alanda 1-1.5 km'ye (Hava şartlarına göre değişmektedir) kadar görüntü alınabilmiştir.

2. İHA üzerinde toplam 6 adet motor bulunmaktadır. Motorlardan her birinin 11V ve 12.8A akımda itki gücü 960 gramdır (Tablo 2). Bu durumda 6 motor toplam 5760 gram itki gücü vermektedir. İHA üzerine en fazla 3 pil eklenmektedir. İHA'nın pil ve diğer ekipmanlarla birlikte toplam ağırlığı 2478 gramdır. Dolayısıyla toplam itki gücü fazlasıyla yetmektedir.

3. İHA üzerinde tek pil varken havada kalma süresi yaklaşık 16 dakikadır (Pil yüzdesi tam kapasitenin %15'ine düştüğünde, emniyet açısından yere indirilmiştir). İha üzerinde 3 pil olması durumunda rüzgar durumuna ve pil ağırlığındaki artışa bağlı olarak sürenin 35-40 dakika arasında olduğu gözlenmiştir.

4. Kamera 4K (24 FPS) çözünürlüğünde 32 dakika, 1080p (60 FPS) çözünürlüğünde 240 dakika, 720P (120 FPS) çözünürlüğünde ise 252 dakika çekim yapabilmektedir. (Kamera içerisinde bulunan hafıza kartı 32 GB depolama alanına sahiptir ve 64 GB'a kadar genişletilebilmektedir).

5. Oto pilot sistemi yerleşke içerisinde boş bir alanda test edilmiştir. Koordinat verileri GPS üzerinden alınmış ve İHA'nın ortalama ±3 m. sapma ile çizilen rotayı takip edebildiği görülmüştür.

6. Hava aracının, otonom kontrolde 1800 - 2000 m. kullanıcı kontrolünde ise 400-500 m. yatay mesafe menzilde uçabilmektedir.

7. Yapılan denemelerde hava aracının güvenli uçuş yüksekliğinin en fazla 50 m olduğu belirlenmiştir.

8. Gündüz uçuş denemelerinde 1080p çözünürlükte 15 m. yükseklikten hareketli nesneler (canlı veya cansız) takip edilebilmektedir.

9. Kamera görüntüsü mobil cihaz ve FPV ekrandan alınabildiği gibi eş zamanlı olarak kayıt altına da alınabilmektedir.

10. Gece görüş kamerasına bütçe yetmediğinden yapılamamıştır. Fakat yazılım gece görüşte görüntü almaya hazır durumda hazırlanmıştır.


4K

4. ÇIKTILAR

Proje kapsamında yapımı gerçekleşen İHA'nın ulusal ve uluslararası bilimsel kongrelerde bildiri olarak sunulması ve özellikle yazılım tarafı geliştirilerek konuyla ilgili yarışmalara katılım ve sergilenmesi sağlanacaktır.

5. KAYNAKÇA

Anonim, 2017. İHA Nedir? Web sayfası: http://maker.robotistan.com/drone-nedir/ (Erişim tarihi: Ekim 2017)

Şahin, 2016 İHA Nerelerde kullanılır? Web sayfası: https://www.gzt.com/teknoloji/drone-nedir-ve-hangi-alanlarda-kullanilir-2576541 (Erişim tarihi: Ekim 2017)

6. Proje İle İlgili Harcama Kalemleri Hakkında Ayrıntılı Bilgi

Sıra No	Ürün İsmi	Açıklama	Adet	Birim Fiyatı (TL)	Toplam Fiyat (TL)
1	Motor	BL2216-940 kV	8	44	352
2	Video Alıcı, Vericisi	TS832 RC832	1	138	138
3	Pil Şarj Cihazı	E3 -3 S Lipo	2	62	124
4	Pervane	1045 Karbon fiber	8	26	208
5	Kumanda	9 Kanallı AT9	1	495	495
6	Kamera	EKEN H9R	1	384	384
7	Gövde	S550 ABS Plastik	1	176	176
8	Ekran	800x480 FPV	1	157	157
9	Kamera Sabitleyici	2 Eksen Gimbal	1	130	130
10	Motor Sürücü	30A SimonK ESC	12	11	134
11	Pil	5200 mAh Li-on	3	127	381
12	Kontrol Kartı	ArduPilot 2.8	1	380	380
13	Bağlantı Kablosu	10 - 15 cm	1	14	14
				TOPLAM	3073
				KDV (%18)	553,14
				GENEL TOPLAM	3626,14

NOT:

1. **1 - 8 Sırada verilen malzemeler TÜBİTAK bütçesinden karşılanmıştır (2034 TL + %18 KDV= 2400,12 TL).**

2. **9 - 13 Sırada belirtilen malzemeler kendi bütçemden karşılanmıştır. (1039 TL + %18 KDV= 1226,02 TL).**

AYKOME
MÜHENDİSLİK MÜŞAVİRLİK MAK. SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ.

MALİYE BAKANLIĞI T.C. 06

Adres: Turgut Özal Mah. Melih Gökçek Blv. 1940. Cad. No:81/45 Kuruçayırlı Tower 06370 Yenimahalle / ANKARA
Tel: +90 312 251 22 00
Faks: +90 312 251 27 00
Mail: info@aykome.com.tr
Web: www.aykome.com.tr
OSTİM V.D. 122 039 18 35

Tic. Sic. No : 367222
Mersis No : 7-1979-2371-7638516

Sayın, To, MEHMET TANER SOYDAN

FATURA / INVOICE

SERİ A SIRA NO: 345951

Mühendislik Müş. Mak. San. ve Tic. Ltd. Şti.
Turgut Özal Mah. Melih Gökçek Blv. 1940 Cad
No: 81/45 Kuruçayırlı Tower Yenimahalle / ANKARA
Tel: (0312) 251 22 00 Faks (0312) 251 27 00
Ostim V.D. 122 039 1835 Tic.Sic.No: 367222
Mersis No: 7197923717638516

Müşteri V.D. / Customer Tax Office :
Müşteri V.N. / Customer Tax No : 10894198066

İrsaliye No / Delivery Note No :
İrsaliye Tarihi / Delivery Note Date :
Fatura Tarihi / Invoice Date : 20.12.2017

AÇIKLAMA / EXPLANATION	MİKTAR / QUANTITY	BİRİM / UNIT	BİRİM FİYAT / UNIT PRICE	TUTAR / TOTAL
940 kV Motor	8	ADET	44,00	352,00
Video Alıcı , Vericisi	1	ADET	138,00	138,00
Pil Şarj Cihazı	2	ADET	62,00	124,00
Pervane	8	ADET	26,00	208,00
Kumanda	1	ADET	495,00	495,00
Kamera	1	ADET	384,00	384,00
Şase	1	ADET	176,00	176,00
Ekran	1	ADET	157,00	157,00

Yalnız / Only: İki Bin Dört Yüz Türk Lirası On İki Kuruş

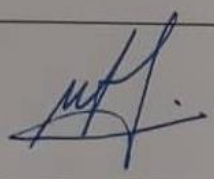
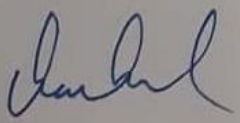
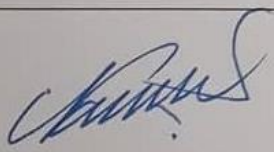
TOPLAM / TOTAL	2.034,00
KDV % 18 / V.A.T.	366,12
GENEL TOPLAM / TOTAL AMOUNT DUE	2.400,12

IBAN No / Account Number

İş Bankası Ostim Şubesi
TL: TR81 0006 4000 0014 2590 6703 33

Ziraat Bankası Batıkent Şubesi
TL: TR77 0001 0013 9668 5267 2150 01
EURO TR13 0001 0013 9668 5267 2150 03
USD TR50 0001 0013 9668 5267 2150 02
GBP TR93 0001 0013 9668 5267 2150 04

Halkbank Ostim Şubesi
TL: TR32 0001 2009 2020 0010 2613 15

PROJE YÜRÜTÜCÜSÜNÜN ADI – SOYADI - İMZA	DANIŞMANIN ADI – SOYADI - İMZA	DANIŞMANIN ADI – SOYADI - İMZA
Mehmet Taner SOYDAN	Yrd. Doç. Dr. Okan ORAL	Yrd. Doç.Dr. Nuri ÇAĞLAYAN
		

Tarih: 28.12.2017