



**DRONLAR İÇİN OTOMATİK ROTA TAYİNİ VE TAKİBİ**

**Şehmus GÖKÇE**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKİM 2019**

Şehmus GÖKÇE tarafından hazırlanan “DRONLAR İÇİN OTOMATİK ROTA TAYİNİ VE TAKİBİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Aydın ÇETİN

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

**Başkan:** Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin POLAT

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Abdullah Talha KABAKUŞ

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Düzce Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 17/10/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

.....  
Şehmus GÖKÇE  
17/10/2019

# DRONLAR İÇİN OTOMATİK ROTA TAYİNİ VE TAKİBİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Şehmus GÖKÇE

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ekim 2019

## ÖZET

Bu tezde, rota planlama ve engelden kaçınma senaryolarını yerine getiren belirli bir otonomi düzeyine sahip bir dron geliştirilmiştir. Geliştirilen drona ait yazılımın test edilmesi için bir benzetim ortamı oluşturulmuş ve testler bu ortamda gerçekleştirilmiştir. Bu testler dronun başarılı bir şekilde kalkışı, belirlenen irtifaya ulaşması, programlanan koordinatları takip etmesi, rota boyunca karşılaşılan engellerden kaçınması ve başarılı bir şekilde eve dönüş gerçekleştirmesi olarak belirlenmiştir. Bütün testlerin başarılı bir şekilde benzetim ortamında gerçekleştirilmesi sonrasında geliştirilen algoritma ve uygulama gerçek fiziksel bir ortamda test edilmiştir. Benzetim ortamı ve fiziksel ortamda gerçekleştirilen testlerde çevresel koşullar sebebiyle ortaya çıkan hatalar giderilmiştir.

Bilim Kodu : 92424  
Anahtar Kelimeler : Quadcopter, Görev, Otonom, Uçuş Planlama  
Sayfa Adedi : 52  
Danışman : Doç. Dr. Aydın ÇETİN

# AUTO ROUTE ASSIGNMENT AND MONITORING FOR DRONES

(M. Sc. Thesis)

Şehmus GÖKÇE

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

October 2019

## ABSTRACT

In this thesis, a drone with a certain level of autonomy has been developed which fulfills the scenarios of route planning and obstacle avoidance. A simulation environment was created for testing the software of the developed drone and tests were performed in this environment. These tests were defined as the successful launch of the drone, reaching the specified altitude, following the programmed coordinates, avoiding obstacles along the route and successfully returning home. After all tests were successfully performed in the simulation environment, the algorithm and application developed were tested in a real physical environment. In the tests carried out in the simulation environment and in the physical environment, errors caused by environmental conditions were eliminated.

Science Code : 92424

Key Words : Quadcopter, Mission Planning, Autonomous

Page Number : 52

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Aydın ÇETİN

## TEŞEKKÜR

Bu araştırmada öncelikle araştırmanın fikir aşamasından, uygulanmasına, tez olarak raporlanmasına kadar büyük desteği ve emeği geçen danışmanım Doç. Dr. Aydın ÇETİN'e ve tezin uygulama ve geliştirme aşamasında desteklerini esirgemeyen iş arkadaşım Mehmet Serkan AYKUT'a teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ .....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. YÖNTEM VE ARAÇLAR .....	7
2.1. Kullanılan Bileşenler.....	10
2.2. Yöntem.....	21
2.2.1. Benzetim ortamı .....	25
2.2.2. Gerçek ortam .....	29
3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME .....	31
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	39
KAYNAKLAR .....	41
EKLER.....	45
EK-1. Simonk ESC teknik bilgileri. ....	46
EK-2. Pixhawk Uçuş Denetleyicisi teknik bilgileri. ....	47
EK-2(devam). Pixhawk Uçuş Denetleyicisi teknik bilgileri.....	48
EK-3. HC-SR04. teknik verileri.....	49
EK-4. Raspberry Pi teknik özellikleri.....	50



**Sayfa**

EK-5. Mikrodenetleyici – HC-SR04 bağlantı şeması.....51

ÖZGEÇMİŞ .....52

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Sheridan otonomi düzeyleri .....	9
Çizelge 2.2. Uçuş denetleyicisine programlanan uçuş modları .....	13
Çizelge 2.3. HC-SR04 ve denetleyici bağlantı yöntemi .....	18
Şekil 2.5. Ultrasonik algılayıcıların temel blok diagramı .....	18
Çizelge 2.4. Python kütüphanelerinin açıklama ve kullanımları .....	23
Çizelge 3.1. GPS parametreleri ve ne anlama geldikleri. ....	32

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Dronların sektörlere göre kullanım yüzdeleri .....	1
Şekil 2.1. Tezde oluşturulacak olan dronun blok diagramı .....	10
Şekil 2.2. 2212 920KV motor performans verileri .....	12
Şekil 2.3. Mikrodenetleyici bağlantı şeması .....	16
Şekil 2.4. Raspberry Pi 3 Model B+ giriş bağlantıları .....	17
Şekil 2.6. benzetim ortamı temel bileşenleri.....	20
Şekil 2.7. Ultrasonik algılayıcı için kullanılacak temel akış diyagramı .....	22
Şekil 2.8. Ultrasonik algılayıcı için uygulama katmanında yapılacak hesaplama .....	23
Şekil 2.9. Gazi Üniversitesi Merkez Kampüsü futbol sahası kuş bakışı görünümü .....	26
Şekil 2.10. MAVProxy üzerinden bir çıkış portunun açılması. ....	27
Şekil 2.11. Telemetri bağlantısı sonucu yer istasyonu arayüzü .....	28
Şekil 2.12. Uygulamanın çalıştırılması sonucu çizilen rota .....	28
Şekil 2.13. Gerçek ortamdaki yer istasyonu ve mikrodenetleyicinin bağlantı yapısı. ....	29
Şekil 2.14. Bağlantı sonrası alınan kontrol çıktıları.....	30
Şekil 3.1. Dronun uçuş sırasındaki pozisyonları ve GPS’te okunan koordinatlar .....	31
Şekil 3.2. GPS uydularının uçuş sırasındaki değişimi ve uçuş hassasiyeti.....	32
Şekil 3.3. Barometre ile ölçülen irtifa seviyesi ve doğruluğu.....	33
Şekil 3.4. Barometre algılayıcısı tarafından ölçülen hava basıncı .....	34
Şekil 3.5. Barometre yüksekliğinin, GPS yüksekliği ile olan ilişkisi .....	34
Şekil 3.6. Enlem ve boylam değerinin değişimi .....	35
Şekil 3.7. Dronun görev sırasındaki ön aç değişimleri .....	35

## RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Fiziksel olarak oluşturulan araştırma dronunun görüntüsü .....	21

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

### Açıklamalar

**A**

Amper (Elektrik Akım Birimi )

**GB**

Gigabayt (Veri depolama birimi )

**kB**

Kilobayt (Veri depolama birimi )

**V**

Volt (Elektrik Voltaj Birimi)

### Kısaltmalar

### Açıklamalar

**DA**

Doğru Akım

**ESC**

Elektronik Hız Denetleyici (Elektronic Speed Controller)

**GPIO**

Genel Amaçlı Giriş Çıkış (General Purpose Input Output)

**Kv**

Constant Velocity

**Li-Po**

Lithium Polymer

**PTT**

Posta Telefon Telgraf

**SPI**

Seri Çevre Arayüzü (Serial Pheriperal Interface)

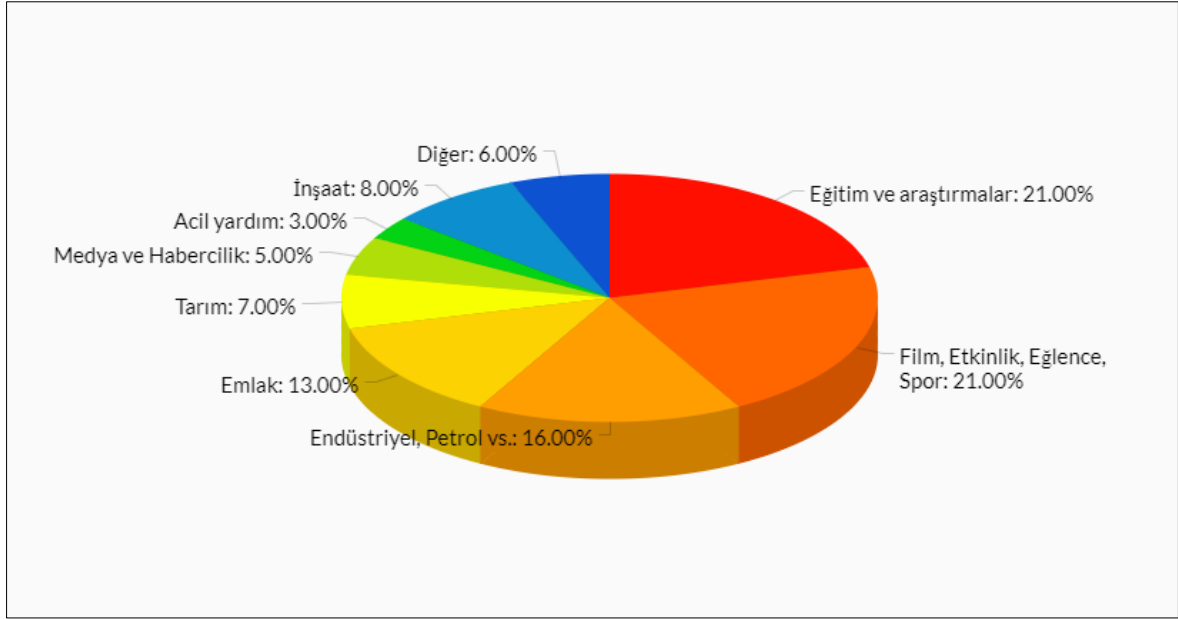
**TCP**

Transmission Control Protocol



## 1. GİRİŞ

Dronlar insan taşımayan, genellikle insan yönetimine ihtiyaç duyan uzaktan kumandalı hava araçları olarak bilinmektedirler. Başlangıçta askeri amaçla kullanılan dronlar 2006 yılında Amerikan Federal Havacılık Kurumu'nun (FAA) ticari dronlara izin vermesini müteakiben bir çok ticari alanda hızlı ve etkili bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Ticari kullanımın yanısıra maliyetlerin düşmesiyle birlikte dronlar hobi amaçlı olarak kullanılmaya başlanmıştır. 2013 yılında Jeff Bezos 2.3 kilograma kadar ağırlıktaki siparişlerin dronlar ile teslim edileceğini bir röportajında bildirmiş ve bu durum ticari alanda dron kullanımını tetiklemiştir [1]. FAA 2015 yılında 1000, 2016 yılında ise 3100 drona izin vermiş ve dron kullanımı katlanarak artmaya devam etmiştir [2]. Dronlar günümüzde genellikle çok sayıda sektörde yaygınlaşmış olup özellikle kargo ve lojistik, tarım, fotoğrafçılık, hızlı ilaç dağıtım gibi sektörlerde de sıkça kullanılmaktadır. Şekil 1.1.'de FAA tarafından yapılmış olan çalışmada dronların sektörlere göre kullanım yüzdeleri görülmektedir.



Şekil 1.1. Dronların sektörlere göre kullanım yüzdeleri [2]

FAA'a göre (Şekil 1.1), 2019 yılı itibari ile tarım, emlak, endüstriyel, petrol gibi alanlarda dronların kullanımları oldukça yaygın bir şekilde artmaya başlamıştır. Eğitim ve Eğlence sektörü dronların en çok kullanıldığı alanlar olarak gösterilebilir. Yüzde 16 ile Endüstriyel ve petrol çalışmalarında kullanılmaktadırlar. Yazılım ile yönetimin daha etkin olacağı ve teknolojinin daha da ilerleyeceği gelecekte dronların daha fazla alanda kullanılacağı ön

görülebilmektedir. Bilhassa tarım sektöründe ürünlerin hızlı ve sağlıklı olarak yetişebilmesi için ilaçlanmaları ve gözetimlerinin yapılması gerekliliği, etkili gözetim ve ilaçlama sonucu daha iyi sonuçlar alınabileceği öngörüsüyle insan gücünden büyük oranda tasarruf edebilmek için belirli görevlerin dronlar tarafından otomatik olarak yerine getirilmesi çalışmaları devam etmektedir.

İnsansız hava araçları maliyet gerektiren cihazlardır. Daha az engel ile karşılaşmaları için yüksek irtifadan uçmaları gerekmektedir. Bu nedenle hatasız ve risksiz uçurulmaları büyük önem taşımaktadır. Düşme veya kaza sonucu, insanlar büyük oranda zarar göreceği gibi maddi kayıplar da yaşanabilir. Her uçuştan önce bütün emniyet önlemlerinin alınıp, gerekli izinlere başvurulması gerekmektedir.

Dronlarla ilgili literatürde yer alan çalışmaların çoğunlukla,

- Dronların kullanım alanları,
- Dronların otonomlaştırılması,
- Meydana gelebilecek kaza ve riskler,
- Hareketli nesnelerin takibi ve enerji verimliliği üzerine olduğu gözlemlenmektedir.

Dronların kullanım alanlarının zamanla çoğalmasıyla mevcutta kullanılan büyük hava araçlarının yerini almaya başlamıştır. Rowe G. 2010 yılında yaptığı çalışmada dronların arama kurtarma helikopterlerinin yerini alacağı öngörüşünü yer vermektedir [3].

Clarke 2014 yılında yaptığı çalışmalarda [4,5] dronların zamanla gelişimini, otonoma ne gibi özellikler kazandıklarını ve nasıl yaygınlaştıklarını, dronların atalarından ne gibi özellikler aldıklarını incelemiş, ayrıca Moses ile birlikte dronların oluşturabileceği kaza risklerini ve insanlar üzerinde olası etkilerini incelemiştir [6].

Zorbas ve arkadaşları [7] 2014 yılında hareketli nesnelerin takibi için enerji verimliliği üzerine araştırma yapmışlar ve optimum enerji verimliliği için bir model önermişlerdir. Rao ve diğerleri [8] 2016 yılında ticari dronların toplumsal etkisini incelemişler ve dronların ticari kullanım alanları ve bu kullanım alanları sahip olmaları gereken özellikleri okuyucularına aktarmıştır.



Hassija, Saxena ve Chamola [9] 2017 yılında çevredeki dronların bir ortak ağ oluşturarak en yakın şarj istasyonunu bulmasını ve birbirlerini haberdar etmesini sağlayan çalışma yapmıştır. Böylelikle dronlar şarj düzeylerine göre en yakın istasyonu öğrenip yeni konuma gitmeden önce şarj edilmek için o istasyona uğrayabileceklerdir. 2017 yılında Giones ve Brem dronların genel özelliklerini ele alarak oyuncaktan endüstriyel bir araca dönüşümünü ele almıştır [10].

2018 yılında Golden ve Poikonen dronların bir hareketli bir araç üzerinden havalanıp birden fazla siparişi dağıtması üzerine çalışma yapmışlardır [11]. Çalışmanın sonucunda dronlar hareketli aracın güzergâhı boyunca siparişleri dağıtıp iniş yapabilmeleri hedeflenmiştir. Bu şekilde dronların kalkış yapmış oldukları araçlara tekrar iniş yapmaları veya güzergâh yakınına iniş yapıp araçlar tarafından toplanmaları hedeflenmiştir. Wang ve Sheu [12] ise 2018 yılında, [11]'den farklı olarak dronların bir hareketli araç üzerinden kalkış yapan fakat inişi en yakın hareketli araca gerçekleştirebilmeleri ve bu şekilde batarya tüketimlerine odaklanarak bataryanın optimum düzeyde kullanımını sağlamaya çalışmışlardır.

Li, ve diğerleri 2018 yılında kapalı ortamlarda dronların cisimlere çarpmadan bir rota oluşturması üzerine çalışma yapmıştır. Böylelikle kapalı alanlarda bir noktadan başka bir noktaya engellere çarpmadan rotanın oluşturulup, sanal haritasının çıkarılması sağlanmaya çalışılmıştır. Bunu yaparken 3D PEADT algoritması kullanılmıştır [13]. Yanmaz ve diğerleri 2018 yılında dronların koordineli ve birbiriyle bağlantılı olarak beraber hareket etmesi üzerine çalışmalar yapmıştır. Dronların kendi içerisinde belirlenen bir ağ oluşturup birbiriyle beraber hareket etmeleri üzerine çalışmışlardır[14].

Karak ve Abdelghany ise 2019 yılında diğer çalışmalar gibi araç ve dronların ortak ve hibrit olarak çalıştığı sipariş teslim mekanizması üzerine çalışmıştır. Clarke ve Wright [15] algoritmalarını biraz daha genişleterek probleme daha uygun bir yapı oluşturmaya çalışmışlardır. Tahir ve diğerleri 2018 [16] yılında dronların ortak hareket etmeleri ve dronların uçuş kabiliyetleri konusunda araştırmalar yapmışlar, dronların fonksiyonel problemleri üzerinde incelemelerde bulunmuşlardır.

Hayajneh ve diğerleri 2018 yılında akıllı telefonun dronun kontrol ünitesi olduğu ve belirli koordinatlara otomatik gidebilen dron üzerinde çalışmıştır [17]. Fujimori ve diğerleri 2018

yılında Parrot ARDrone dron modelinin iç mekanda otonom olarak ilerlemesi konulu çalışma yapmıştır. Dronun algılayıcıları kullanılarak iç mekanda GPS yardımı olmadan rota oluşturma konusunda ilerlemeler sağlanmıştır [18].

Jeong ve diğerleri 2019 yılında araç – dron sipariş teslimi modeline uçuşa yasak bölgeler dışında uçuşu uyarlama konusunda çalışmalar yapmışlardır [19]. Yoo ve diğerleri ise dronların alınan ürünleri teslimatı hakkında araştırmalar yapmıştır [20].

Liu, 2019 yılında yemeklerin teslimatının daha hızlı yapılabilmesi için otonom rota planlama üzerine çalışmalar yapmıştır. Ayrıca boşalan bataryaların değiştirilmesi için batarya değişim istasyonları üzerine de çalışmalar yapmıştır [21]. Lv, 2019 yılında yaptığı çalışmada dronlar arasında oluşturulan ağın daha güvenli olması için EWCA algoritmasını kullanarak bağlantının hızını ve genişliğini geliştirmeyi amaçlamıştır [22].

Aydın, 2019 yılında dronların insanlar tarafından nasıl karşılandığı ve teknolojilerinin nereye doğru gittiği konusunda araştırmalar yapıp, anketler düzenlemiştir [23]. Ruiz-Jimenez, ve diğerleri 2019 yılında dronlara verilecek olan koordinatlar hedeflenerek hava örnekleme yapılması çalışmasını yürütmüştür [24]. Mairaj ve diğerleri 2019 yılında öncelikle güvenlik için yapılan çalışmaların dron benzetim ortamlarında kullanılmasını sağlamak için dron simülatörlerini tanıtmıştır [25].

2019 yılında Watkins ve diğerleri dronların şehirlerde kullanımı konusunda 10 adet önemli soruya bilimsel olarak açıklayıcı cevapların bulunduğu çalışma yapmıştır [26]. Koubâa ve diğerleri 2019 yılında dronları internete bağlayarak Dronmap Planner adında uygulama geliştirmiştir. Bu web tabanlı uygulama sayesinde dronlara internet üzerinden komut vermek mümkün hale gelmiştir [27].

Bu tezde, bir drona eklenebilecek özellikler sayesinde insana olan ihtiyacın minimum düzeye indirilmesi ve kendisine atanan görevi emniyetli ve güvenli bir şekilde yerine getirmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla tezde geliştirilecek olan dron gerekli algılayıcılar ve mikrodenetleyici ile birleştirilerek, donanım uyumlu bir şekilde geliştirilen uygulama sayesinde rota planlama ve engelden kaçınma senaryolarını yerine getiren belirli bir otonom düzeyine sahip bir hava aracına dönüşecektir. Geliştirilen yazılımın güvenliğini test etmek için öncelikle bir benzetim ortamı oluşturulacak ve testler bu ortamda gerçekleştirilecektir.

Bu testler dronun başarılı bir şekilde kalkışı, belirlenen irtifaya ulaşması, programlanan koordinatları takip etmesi, rota boyunca karşılaşılan engellerden kaçınması ve başarılı bir şekilde eve dönüş gerçekleştirmesi olarak belirlenmiştir. Bütün testlerin başarılı bir şekilde benzetim ortamında gerçekleştirilmesi sonrasında yazılan algoritma ve uygulama gerçek fiziksel bir ortamda çalıştırılacaktır. Benzetim ortamında yapılan testlerin başarılı olması, fiziksel ortamda başarılı olabileceği anlamına gelmemektedir. Bu amaçla çevre koşulları sebebiyle ortaya çıkabilecek farklılıklar giderilecektir.



## 2. YÖNTEM VE ARAÇLAR

Tezdeki prototip dronun geliştirilebilmesi için bileşenlerin donanımlarının verimli ve geliştirilecek olan yazılım ile uyumlu çalışabiliyor olması gerekmektedir. Bu amaçla gereksinimleri en iyi şekilde karşılayabilecek maliyet odaklı seçimlerin yapılması tercih edilmiştir. Prototip dronun geliştirilmesinde öncelikli nitelikte olan dört ölçüt belirlenmiştir. Bu ölçütler:

- Uçuş emniyeti ve güvenliği
- kararlı çalışma
- uçuş hassasiyeti
- otonomi düzeyi olarak tanımlanmıştır.

Tezin geliştirilmesinin birinci ölçütü uçuş emniyeti ve güvenliğidir. Bu ölçütün amacı; araştırma sırasında araştırmacının ve çevredeki insanların güvenliğini en üst düzeyde tutulmasıdır. Türkiye’de ve diğer ülkelerde can ve mal kaybı ile oluşabilecek kazaların büyük yaptırımları mevcuttur [28]. Örneğin 500gr üstü dronun oluşturulmasının ardından 3 gün süre içerisinde Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü IHA sistemine kayıt yapılmaması durumunda para cezası uygulanmaktadır. Küba, İran, Irak, Kuveyt, Nijerya gibi ülkelerde ise güvenlik ve farklı nedenlerle, dron uçuşuna izin verilmemektedir [29].

Güvenli uçuş için dronun tasarımında çok sayıda parametre ve / veya bileşen ön plana çıkmaktadır. Tasarımda, uygun motor ve pervane seçimi, elektronik hız denetleyicisinin karakteristik özellikleri, kullanılan bataryanın kapasitesi, uçuşta etkin olarak kullanılan algılayıcıların seçimi önem arz etmektedir. Yapılan seçimler sonucu ortaya konan sistemin uçuş emniyeti ve güvenliğini test etmek amacıyla, testler öncelikle benzetim ortamında gerçekleştirilmekte ve elde edilen sonuçlara göre fiziksel ya da gerçek ortam testlerine geçilmektedir. Bu şekilde olası yazılımsal hataların gerçek ortama aktarılmalari engellenebilecektir.

Sistemin kararlı çalışması ikinci ölçüt olarak belirlenmiştir. Uçuş kararlılığı, herhangi bir çevresel etki altında ya da girişim altında dronun doğru çalışabilme yeteneği ile ilgilidir. Uçuş kararlılığını etkileyen en önemli çevre koşulları olarak yağmur, rüzgar, sıcaklık ve konum bilgisi sağlayan uydu sayısı olarak belirtilebilir. Tezde, dronun yağmurlu havalarda

u urulmayacağı varsayılarak yağmurlu ortamlarda çalışma tez kapsamı dışında tutulmuştur. Ayrıca seçilmiş olan uçuş denetleyicisinin yetersiz işlem gücü nedeniyle ortam koşullarına yeterli zamanda gereken tepkiyi bileşenlere aktaramaması uçuşun kararlılığını etkileyecektir. Bu nedenle uçuş denetleyicinin birim zamanda yapabileceği işlem kapasitesi kararlı uçuş için önem arz etmektedir.

      olarak ele alınan ölçüt ise uçuş hassasiyetidir. Uçuşun hassasiyeti algılayıcıların çevredeki değişimleri doğru bir şekilde fark edebilmeleri ile orantılıdır. Örneğin mesafe algılama özelliğine sahip ultrasonik mesafe algılayıcısının cisme veya engele olan mesafeyi denetleyiciye hatalı iletmesi sonucu kırım ve kazalar yaşanabilir. Bu nedenle algılayıcıların veri tablolarındaki değerlerin iyi bir şekilde irdelenip, test edilmeleri gerekmektedir.

Son olarak ele alınan ölçüt ise dronun otonomi düzeyidir. Teze başlanmadan önce yapılacak olan çalışmalar sonucu insan operatöre ihtiyaç duyan dronun tezde belirlenen otonomi düzeyine ulaşıp, insan tarafından daha az müdahaleye ihtiyaç duyması planlanmıştır. Belirlenen otonomi düzeyine ulaşılması sonucu, olası insan kaynaklı hataların önüne geçilip, kaza maliyetleri azaltılabilecektir.

Otonom kelimesi anlam olarak bir birimin kendi kendini yönetebilecek bir kapasitede olması demektir [30]. Herhangi bir durumda insan müdahalesine gerek kalmadan bir birimin kararları kendiliğinden alıp gerekli eylemleri gerçekleştirmesi otonom tanımına bir örnek olarak gösterilebilir. Dronlarda otonomi algılayıcılardan gelecek olan bilgilerin insan müdahalesine gerek duyulmadan gerekli eylemlere yönetici birim tarafından dönüştürülebiliyor olmasıdır. Örneğin dronun belirli bir görevi gerçekleştirirken seyri sırasında önüne çıkan engeli algılayıp, nasıl uzaklaşabileceğine karar verip ona göre hareket etmesi otonomiye örnek olarak gösterilebilir.

Bir sisteme ait otonomi düzeyi o sistemin insan müdahalesine ihtiyaç duyması ve/veya kapsamı ile ilişkilendirilebilir. Bu düzeyler farklı birim ve organizasyonlar tarafından farklı şekilde yorumlanmaktadır.

Otonomi düzeyini belirlemenin diğer bir amacı ise otonomi düzeyini ölçebilmek ve sınıflandırmaktır [30]. Otonomi düzeyi ilk olarak 1992 yılında Sheridan tarafından yapılmıştır. Sheridan tarafından 10 adet düzey belirlenmiş olup kendi tercihlerini verebilen

insan veya bilgisayarlar 2 – 4 düzey aralığı olarak tanımlanmıştır. Düzey 5 – 9 aralığında kararların nasıl verilebileceği, en son düzey olan 10 ise kararların tamamen bilgisayar tarafından verileceği, bunun sonucunda işlemlerin bilgisayarlar tarafından yapılacağı ve böylelikle insanların aradan tamamen çıkarılacağı şeklinde tanımlanmıştır. Çizelge 2.1’de Sheridan otonomi düzeyleri görülmektedir. Bu tezde, geliştirilecek prototip dronun 7. Düzey otonomiye sahip olması hedeflenmiştir. 7. düzeyde dron kendisine verilecek görevleri otomatik olarak yapmakta ve gerçekleştirdiği her işlem sonrasında insanı bilgilendirmektedir.

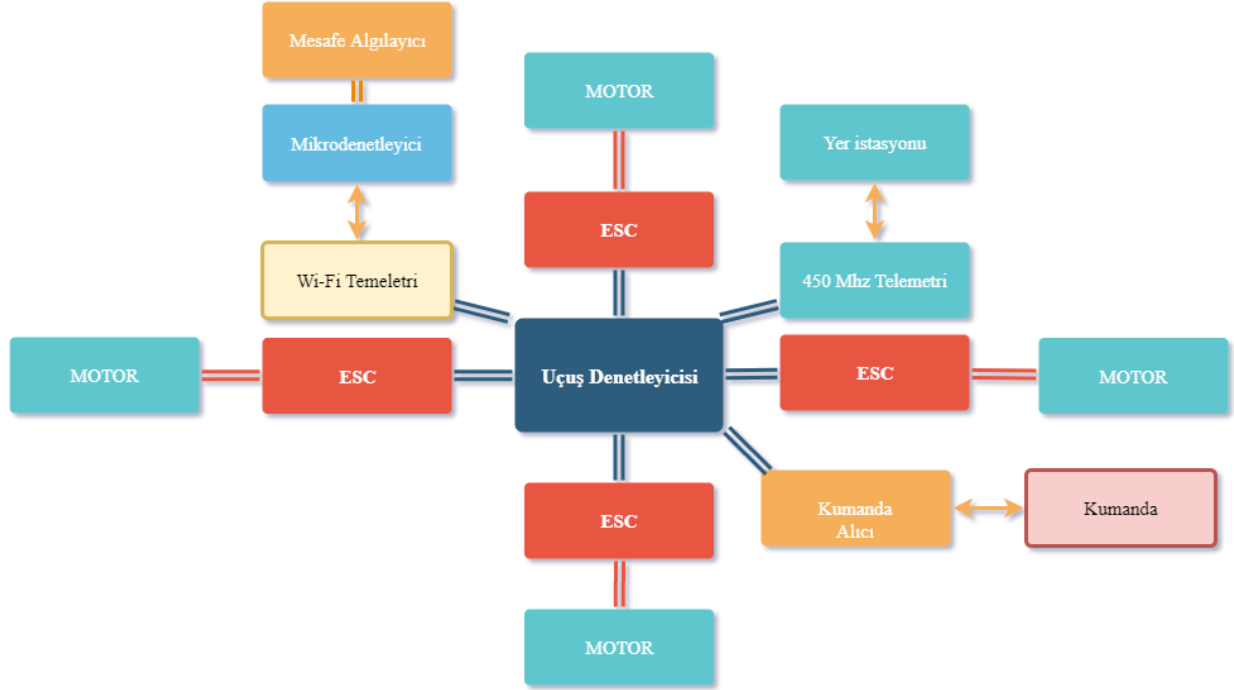
Çizelge 2.1. Sheridan otonomi düzeyleri

Düzey	Açıklama
(1)	Bilgisayar hiçbir şekilde destekte bulunmaz, herşeyi insan yapar.
(2)	Bilgisayar eylem alternatifleri kümesi yaratır.
(3)	Bilgisayar seçilebilir seçenekleri azaltır.
(4)	Bilgisayar seçeneklerden birisini önerir.
(5)	Bilgisayar insanın kabul etmesiyle seçeneği çalıştırır.
(6)	Bilgisayar, insana seçeneği çalıştırmadan önce red etmek için kısa bir süre tanır.
(7)	Bilgisayar seçeneği otomatik olarak çalıştırır ve insana bilgi verir.
(8)	Bilgisayar seçeneği otomatik olarak çalıştırır, ancak insan sorarsa ona bilgi verir.
(9)	Bilgisayar seçenekleri otomatik olarak çalıştırır ve isterse insanı bilgilendirir.
(10)	Bilgisayar herşeye karar verir ve otonom olarak hareket eder. İnsanı görmezden gelir.

Benzer bir yaklaşım ABD Deniz Kuvvetleri Araştırma Ofisi tarafından da yapılmıştır. Yapılan araştırmada 6 adet düzey belirlenmiştir [30]. Bunlar;

- Düzey 1: İnsan operatörüne ihtiyaç duyan
- Düzey 2: İnsan destekli
- Düzey 3: İnsan delegeli
- Düzey 4: İnsan denetimli
- Düzey 5: Karışık girişimli
- Düzey 6: Tam otonom olarak sıralanabilir.

Bu tezde otonomi düzeyi ABD Deniz Kuvvetleri Araştırma Ofisi tarafından belirlenen düzeyler arasından “Düzey 4” olarak belirlenmiştir. Bu otonomi düzeyine uygun olarak tezde oluşturulacak dronun blok diagramı Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Tezde oluşturulacak olan dronun blok diagramı

## 2.1. Kullanılan Bileşenler

Dronun uçabilmesi için aşağıdaki temel bileşenlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar:

- Enerji kaynağı
- DA Motorlar
- Seçilen motora ve taşınacak yük ile uyumlu pervaneler
- Elektronik hız denetleyicisi
- Uçuş denetleyicisi ve gerekli algılayıcılar
- Dron gövdesi
- Uzaktan kumanda olarak sıralanabilir.

Enerji kaynağı dronun hareketini sağlamak için en önemli bileşenlerden biridir. Kullanılan bataryaların enerji yoğunluğunun yüksek olması (birim ağırlık başına yüksek enerji depolanması) istenir. Dronlar genellikle dış ortamda uçuruldukları için her ortamda çalıştırılmaları gerekmektedir. Görevlerin gerçekleştirileceği ortamın sıcaklığı çok düşük veya yüksek olabilir. Kullanılacak bataryaların değişken ortam koşullarına dayanıklı olmaları gerekmektedir. Ayrıca sistem defalarca test edildiğinden bataryanın defalarca boşaltılıp doldurulmaya dayanıklı olması gerekmektedir. Bu amaçla enerji kaynağı olarak yeni nesil lityum-polimer (LiPo) bataryaların kullanımı öngörülmüştür. LiPo bataryalar

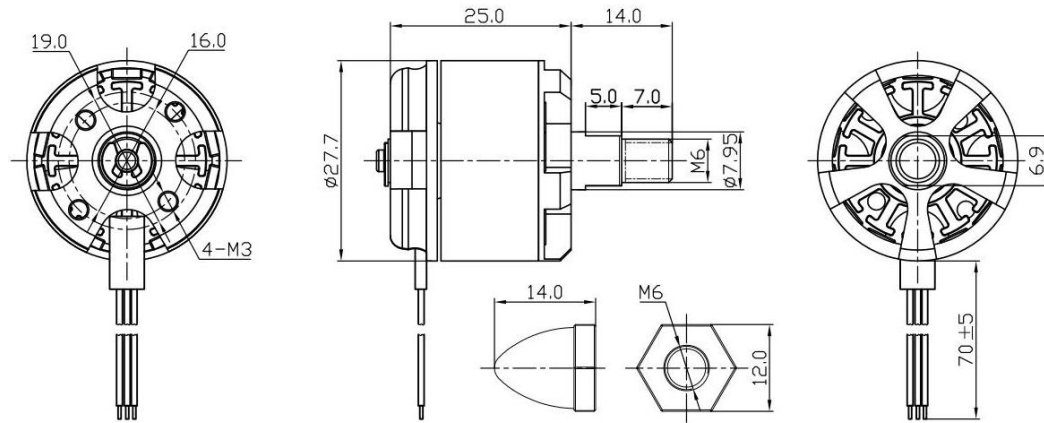


3.3V ve 4.2V aralığında sağlıklı olarak enerji verebilmektedir [31]. Uçuş süresi bataryanın boyutunu belirleyen önemli parametrelerden bir diğeridir. LiPo bataryaların kapasitesi arttıkça ağırlıkları da artmaktadır. Bu nedenle yüksek kapasiteye sahip LiPo batarya seçimi aynı oranda yüksek uçuş süresi vermeyecektir. Dronun kaldırma kapasitesinden fazla ağırlıkla yüklenmesi enerji tüketimini arttıracak için maliyet artacak, uçuş süresi ise kısılacaktır. Test dronu için en az 15 dakikalık bir uçuş süresi öngörülmüş ve 5000mAH 3S LiPo batarya tercih edilmiştir. Dronda kullanılan bileşenler hareketli ve yüksek akıma ihtiyaç duymaktadır. Özellikle dronların kalkış ve iniş esnasında harcadığı enerji, havada sabit durumda iken harcadığı enerjiden çok daha fazladır. Bu nedenle anlık yeterli akımı verebilecek LiPo batarya seçimi önemlidir. Akım değerini hesaplayabilmek için gerekli parametre C değeridir. C değeri bataryanın anlık en üst deşarj limitini göstermektedir [31]. Anlık akım deşarj limitinin aşıldığı durumlar bataryanın ömrünü kısaltacağı gibi, güvenliği tehdit eden yangın gibi riskler oluşturabilecektir. Dronun bileşenlerinin toplam çekeceği anlık akım 50A olarak hesaplanmıştır. Test dronu için seçilen LiPo batarya 20C değerine sahiptir. Bataryanın verebileceği en yüksek akım  $5A \times 20 = 100A$  olacağından dolayı anlık yük gereksinimi doğru bir şekilde karşılanabilecektir.

Tezde, prototip olarak gerçekleştirilen dron 4 motorlu (quadcopter) olarak tercih edilmiştir. Uçuş sırasında motorlardan birinin arızalanması dronun düşmesine ve uçuş ortamına bağlı olarak maddi hasarlara ve hatta ölümle sonuçlanabilecek yaralanmalara sebep olabilir. Bu nedenle motor seçiminde arıza olasılığının sıfıra yakın olması gerekmektedir. İnsansız elektrikli hava araçlarında genellikle iki tür motor tipi kullanılmaktadır. Bunlar fırçalı ve fırçasız DA motorlardır. Fırçasız DA motorlar bir sabit mıknatıs ve elektromıknatısın oluşturmuş olduğu manyetik kuvvet sayesinde dönmeye başlar. Elektromıknatıslara enerji verildikçe sabit mıknatıs kutuplar sayesinde bobinlerin etrafında dönmeye başlar [32]. Böylelikle fırçasız motorun iç ve dış kısımlarında ters yöne bir dönme kuvveti meydana gelir. Fırçalı motorlarda ise mıknatıs ile birbirine değmeden dönen bobinlerin aksine, içerisinde birbiriyle temas eden bileşenler bulunmaktadır. Bu nedenle fırçalı motorların ömrü, fırçasız motorlara nazaran çok daha azdır. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda fırçasız motorlar için daha risksiz ve arızasız uçuşlar söz konusudur. [32]. Uçuş güvenliği ve kararlılığı göz önüne alınarak prototip dronda fırçasız motorların kullanımı tercih edilmiştir. Tezdeki dron 450mm gövdeye barındırması gereken büyük kapasiteli batarya gibi ağır bileşenlere sahip olduğu için yük taşıma odaklı motorların kullanılması daha uygundur. Bu nedenle fırçasız motorun büyük yassı pervaneleri ısınmadan döndürebilecek özelliklere

sahip olması gerekmektedir. Büyük pervaneleri ısınmadan döndürebilecek fırçasız motorlar genellikle yavaş dönmektedirler. Bu nedenle yük taşıma odaklı tasarlanmaktadır. Tezde, bu özelliklere uygun olarak ReadyToSky B2212 920Kv fırçasız DA motoru kullanılmıştır. Şekil 2.2’de kullanılan motorların pervane, batarya etkenlerine göre performans verileri gösterilmiştir.

#### MOTOR OUTLINE DRAWING



#### MOTOR PERFORMANCE DATA

MODEL	KV (rpm/V)	Voltage (V)	Prop	Load Current (A)	Pull (g)	Power (W)	Efficiency (g/W)	Lipo Cell	Weight (g) Approx
B2212	920	11.1	8045	7.3	465	81	5.7	2-4S	50
			1045	9.5	642	105	6.1		
	980	11.1	8045	8.1	535	90	5.9		
			1045	10.6	710	118	6.0		

Şekil 2.2. 2212 920KV motor performans verileri

Performans verilerinde (Şekil 2.2.) belirtildiği gibi kullanılan 1045 (10” çap ve 45” eğim açılı) pervane ile bir fırçasız motor en fazla 9.5A akım çekmekte ve 642 gram ağırlık kaldırabilmektedir. Dron fiziki olarak quad yapısında olduğu için kullanılacak 4 adet fırçasız motor  $4 \times 9.5A = 38$  Amper akıma ihtiyaç duymaktadır. Sistem toplam  $642g \times 4 = 2568g$  ağırlık kaldırma kapasitesine sahip olacaktır. Her bir motor 920 d/d/V değerine sahip olup, 11.1 Volt ile dakikada  $920 \times 11.1 = 10212$  d/dk hız ile dönebilmektedir. Bu koşullar altında 100A anlık akım verebilme kapasitesine sahip 5000 mAh 20C LiPo batarya motorların anlık akım gereksinimleri sorunsuz bir şekilde karşılayabilecektir.

Dronun motorlarının hızlarının ortam koşullarına göre sürekli olarak ayarlanması gerekebilir. Örneğin şiddetli rüzgara karşı koyabilmek için bazı motorların anlık olarak daha

hızlı ya da yavaş dönmesi gerekebilir. Bu nedenle elektronik hız denetleyicisinde (ESC) yer alan akım sürücülerinin bu anlık akım değişimlerinde etkilenmeyecek güvenli çalışma bölgesinde çalışması gerekmektedir. Seçilen motorların her biri en fazla 9.5A akıma ihtiyaç duyacaktır. Bu nedenle sürücünün güvenli çalışma bölgesi akım değerinin maksimum motor akımının en az iki katı olmasında yarar vardır. Bu nedenle 15A'dan fazla akıma dayanabilen bir ESC tercihi yeterli olacaktır. ESC'lerin üzerinde belirtilen akım değeri en yüksek ve kısa süreli dayanabilecekleri akım değeridir. Bu süre yaklaşık 10 saniye olarak belirlenmiştir [37]. Sürenin uzaması ESC'nin komponentlerinin arızalanmasına neden olabilecektir. Dronun daha kararlı bir formda uçabilmesi için mikrodenetleyiciden gelecek olan sinyalleri tezde kullanılan 3S LiPo batarya ile uyumlu olan ESC'nin kısa süre içerisinde motor için gerekli gerilim seviyesine çevirmesi gerekmektedir [37]. Bu nedenle motorların hızlarını ayarlayabilmek ve sürücülerin güvenli çalışma bölgesini genişletmek için 30A Simonk marka ESC'ler tercih edilmiştir.

Uçuş denetleyicisi uçuşun gerçekleştirilmesini sağlayan ve denetleyen en temel birimdir. Uçuş sırasında birden fazla parametrenin denetlenmesi ve aynı zamanda girişe göre tepki süresinin kısa olması gerekmektedir. Bu nedenle birim zamanda yüksek işlem gücüne sahip bir denetleyicisinin tercih edilmesi hem güvenlik, hem de uçuş kararlılığı açısından önem arz etmektedir. Bu tezde, testlerin başarı ile gerçekleşmesini ve uçuş dengesini sağlamak amacıyla açık kaynak kodlu yazılıma sahip donanım olarak güvenilirliği kanıtlanmış denetleyicilerden birisi olan PixHawk uçuş denetleyicisi tercih edilmiştir. Uçuş denetleyicisi 4 çekirdekli Cortex M4 işlemciye ve 256KB belleğe sahiptir [38]. Çizelge 2.2.'de belirtildiği gibi uçuş denetleyicisine programlanan uçuş modları görülmektedir.

Çizelge 2.2. Uçuş denetleyicisine programlanan uçuş modları

Mod Adı	GPS	Kumanda	Açıklama
STABILIZE		x	Kontrollerin tamamen pilota bırakıldığı uçuş modudur. Yüksekliğin ve dron konumunun pilot tarafından ayarlanması gerekmektedir.
ALT HOLD		x	Bu mod cihazın yüksekliğini pilotun throttle kanalını tamamen ortaya getirmesi ile sabitlenir. Böylelikle pilot yüksekliği ayarlamak için uğraşmaz.

Çizelge 2.2.(devam) Uçuş denetleyicisine programlanan uçuş modları

LAND	x		Cihazın havada bulunduğu konumdan iniş yaparak alçalıp, iniş yapmasını sağlayan moddur.
GUIDED	x		Dron için yazılan algoritmaların ve yazılımın çalıştırılabildiği moddur. Kumanda'ya ihtiyaç yoktur.
RTL	x		GPS önemli şarttır. Dron ilk kalkış yaptığı konuma gidebilmek için belirli bir irtifaya yükselir ve vardığı anda konuma iniş yapar.
LOITR	x	x	Pozisyonun ve yüksekliğin sabit olduğu programlı moddur. Dron yeterli sayıda GPS uydusundan konumunu belirleyerek havada sabit kalmaktadır.

Çizelge 2.2’de belirtildiği gibi uçuşun programlanmış bir şekilde gerçekleşebilmesi için GUIDED modunun aktif hale getirilmesi gerekmektedir. Böylelikle uçuş denetleyicisi mikrodenetleyiciden gelecek olan komutları alabilecektir. Uçuş denetleyicisinin gelen komutları alıp, anlık durum bilgisini paylaşabilmesi için telemetri portu üzerinden MAVLink mesajları ile iletişim kurmaktadır. Seçilen uçuş denetleyicisinin en büyük avantajlarından birisi iki adet telemetri modülüne sahip olmasıdır. Böylelikle aynı anda birden fazla denetleyici ortak çalışabilip, uçuş denetleyicisine komut gönderebilecektir.

Çalışmadaki önemli ölçütlerden birisi uçuş hassasiyeti ve kararlılık olduğu için algılayıcılardan gelecek olan verinin, mikrodenetleyici ve uçuş denetleyicisi tarafından doğru ve kısa sürede işlenmesi ve gerekli eyleme yeterince sürede dönüştürülmesi gerekmektedir. Tepki süresinin yeterince hızlı olmaması, uçuş kararlılığını ve hassaslığını önemli ölçüde etkileyecektir. Dronun uçuş denetleyicisinde uçuşu gerçekleştirebilmek için hazır olarak sunulan algılayıcılar mevcuttur. Geliştirilecek olan uygulamada dronun mevcut irtifasını değiştirmek veya kontrol etmek gerekmektedir. Bunun için barometre veya ultrasonik algılayıcı kullanılabilir. Ultrasonik algılayıcı sadece belirli bir yüksekliğe kadar ölçüm yapabildiği için barometrenin kullanımı uygun görülmektedir. Ayrıca uçuş denetleyicisinin dronun dengesini sağlayabilmesi için ivmeölçer’e ihtiyaç duyulmaktadır. Görevde verilecek olan bir koordinata doğru ilerleyebilmek için pusulaya ihtiyaç duyulmaktadır. Uçuş denetleyicisi ile sunulan donanımdaki algılayıcılar ivmeölçer, barometre ve pusuladır (bazı uçuş denetleyicileri hariç). Bu nedenle eklenebilecek olan her

algılayıcı uçuşun hassasiyeti ve güvenliğinin ve otonomi düzeyinin arttırılmasına katkı sağlayacaktır.

Dronun tezdeki gereksinimleri karşılayabilmesi için temel bileşenlere ek olarak:

- Wi-Fi Telemetry modülü
- Mikrodenetleyici (Raspberry Pi 3 Model B+)
- HC-SR04 Ultrasonik Algılayıcı
- HC-SR04 – Mikrodenetleyici Uyumluluğu için tasarlanan Kontrol Devresi sisteme eklenmiştir.

Dronun anlık bilgilerini yer istasyonuna iletebilmek, yer istasyonundan gelecek olan komutları alabilmek amacıyla iki adet telemetry modülü kullanılmıştır. Drona gerçek zamanlı görev tanımlaması yapılması anında, koordinatlar dronun kalkış noktasına uzak olabilir. Bu nedenle dron ve yer istasyonu arasında iletişimi uzak mesafelerde destekleyen ve aynı zamanda dış ortamdaki sinyaller ile telemetry sinyallerinin karışmayacağı bir frekans bandının seçilmesi gerekmektedir. Piyasada uzak mesafelere iletişimi destekleyen 433 ve 900 MHz bandında çalışan iki adet telemetry modülü bulunmaktadır [39]. 900 MHz frekans bandı Türkiye’de GSM operatörleri tarafından sıklıkla kullanıldığı için herhangi bir sinyal parazitliğinin yaşanmaması için 433 MHz’lik frekans bandı seçilmiştir. Seçim sonucunda telemetry modülü yer istasyonu ile uyumlu çalışacak şekilde kurulum, bağlantılar gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen kurulumların sonucunda yer istasyonu ile bağlantının sorunsuz bir şekilde gerçekleştiği gözlemlenmiş ve mesafenin sinyal karışıklığının fazla olmadığı (şehir dışı) alanlarda 1 kilometre olduğu ölçülmüştür. Ancak boyutları nedeniyle 1km mesafeden bir dronu gözle takip etmek mümkün değildir. Dronun başlangıç noktası (yer istasyonuna) olan uzaklığının 1km aşması durumunda dronun gözle görülmediği çevrelerde, acil durum ve denetleme işlemleri yer istasyonu üzerinden yapılabilecektir.

Drona mikrodenetleyici ile uçuş denetleyicisinin haberleşmesini sağlayacak ikinci bir aracı birime ihtiyaç vardır. Uçuş denetleyicisi ve mikrodenetleyici dronun gövdesine bağlı olduğu için uzak mesafeleri destekleyen bir telemetry modülüne ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu nedenle telemetrik komutların Wi-Fi sinyali üzerinden iletilmesi yeterli olacaktır. Dron için denetleyiciye iletilecek her komut güvenlik unsuru için büyük önem taşıdığından TCP tercih edilmiştir. 100 metre menzilli Wi-Fi telemetry modülünün kullanımı gereksinimleri

karşılacaktır. Böylelikle mikrodenetleyici ile uçuş denetleyicisi haberleşmeyi her ortamda sorunsuz olarak gerçekleştirebilecektir. Gerek görüldüğü takdirde iki modül arasında gerçekleşen haberleşmenin sonradan değerlendirilmesi için loglama tekniği kullanılabilir.

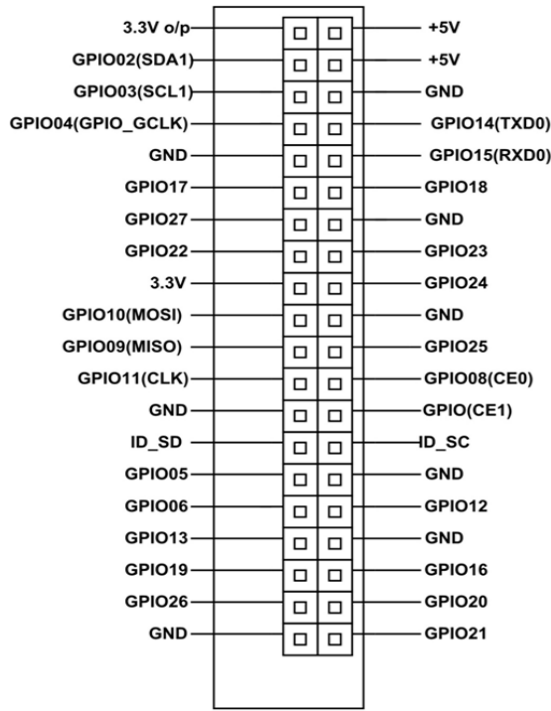
Uçuş denetleyicisinin görevi uçuş ile ilgili temel parametreleri yönetmek olduğu için geliştirilecek olan yazılımın ayrı bir işlem ünitesine sahip bir denetleyici tarafından çalıştırılması gerekmektedir. Uygulamanın çalıştırılması sonucu alınacak olan çıktılar ve girdilerin MAVLink protokolü ile uçuş denetleyicisi ve denetleyici arasında senkronize edilmesi gerekmektedir. Bu yüzden seçilmiş olan telemetrliler bölümünde belirtildiği gibi kablosuz haberleşme protokolü olan Wi-Fi'ı desteklemelidir. Bu nedenle dronun ihtiyaç duyduğu mikrodenetleyici gereksinimini karşılamak için sisteme bir adet Raspberry Pi 3 Model B+ eklenmiştir. Raspberry Pi 3 Model B+, 4 çekirdekli 1.2 GHz'de çalışan ARM Cortex işlemciye, 1 GB RAM, 40 PIN GPIO giriş çıkışlarına, 4 adet USB Portuna, dahili bir Wi-Fi modülüne ve HDMI çıkışına sahip bir mikrodenetleyici olup özellikleri detaylı olarak EK-4'te verilmiştir. Şekil 2.3.'te görüldüğü gibi mikrodenetleyicinin dron ile bağlantı şeması kablosuz olarak ileriye dönük daha fazla mikrodenetleyici eklemek için tasarlanmıştır.



Şekil 2.3. Mikrodenetleyici bağlantı şeması

Mikrodenetleyici 5 Volt gerilim 3A akım değerlerine sahiptir. Daha düşük gerilim veya akım kararlılık sorunlarına yol açabilir. Bu sebeple LiPo bataryadan gelecek olan gerilimin doğru bir şekilde regüle edilmesi gerekmektedir. Doğru regüle için UBEC (Ultimate Battery Eliminator) devresine ihtiyaç duyulmuştur. UBEC devresi ile LiPo bataryadan gelen yüksek gerilimi sabit olarak mikrodenetleyicinin ihtiyaç duyduğu 5 Volt 3 Amper'e dönüştürülmek suretiyle gerekli enerji ihtiyacı sağlanmaktadır. Şekil 2.4.'te kullanılan mikrodenetleyicinin GPIO girişlerinin detaylı şeması verilmiştir.

Mikrodenetleyicilerde sinyalin alınıp verilebildiği GPIO bağlantı noktaları bulunmaktadır. Bu bağlantı noktaları sayesinde eklenecek olan ek algılayıcı ve diğer modüller ile iletişim sağlanabilmektedir. Mikrodenetleyici ile algılayıcı verilerini alıp doğru bir şekilde işleyebilmek için bağlantı noktalarının her algılayıcıya özgü bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. 40 adet bağlantı noktasının içerisinde VCC (5V) VCC (3.3V), Ground ve GPIO noktaları bulunmaktadır.



Şekil 2.4. Raspberry Pi 3 Model B+ giriş bağlantıları[40]

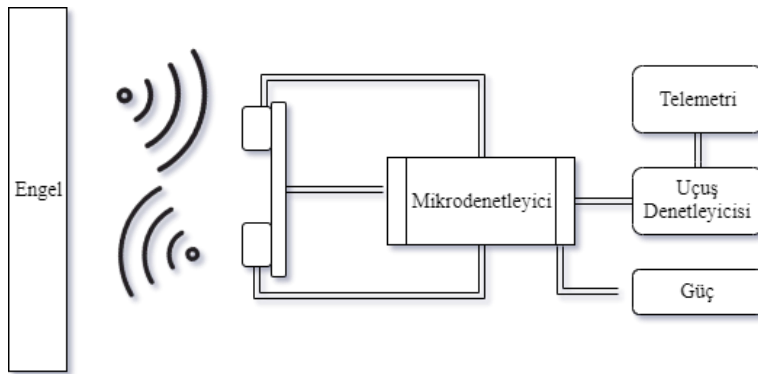
Mikrodenetleyiciye algılayıcıları bağlayabilmek için GPIO girişleri kullanılmıştır. İstendiği takdirde dronun diğer kısımlarına da algılayıcılar bağlanarak farklı girişlere tahsis edilebilir. Böylelikle dronun gövdesinde sağa, sola, arkaya veya aşağıya yeni algılayıcıların bağlanılmasının önü açılabilir. Ultrasonik algılayıcılar, sinyal dalgalarını cisimlere göndererek aradaki mesafeyi ölçmeye yarayan devreler olarak bilinmektedirler. Bu nedenle ultrasonik algılayıcı dronun engellere olan mesafesini ölçmek ve güvenliği sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Ultrasonik algılayıcının sisteme olan bağlantısı mikrodenetleyici ile sağlanacaktır. Tezde geliştirilen prototipte, algılayıcı olarak ultrasonik HC-SR04, optik akış ve M8N GPS modülü yer verilmiştir. Çizelge 2.3.'te belirtildiği gibi ultrasonik algılayıcının GPIO bağlantıları yapılmıştır

Çizelge 2.3. HC-SR04 ve denetleyici bağlantı yöntemi

HC-SR04	PIN NO
VCC	5V (PIN2)
GND	GND (PIN6)
Trigger	GPIO (PIN 7)
Echo*	GPIO (PIN 11)

\*: Ultrasonic sensör çıkışı 5V olduğu için Gerilim seviyesi 3.3V altına düşürülerek kullanılmıştır

HC-SR04, 4 cm ile 4 metre ölçüm aralığına sahiptir. HC-SR04 ultrasonik algılayıcı giriş için 5V gerilime ihtiyaç duymaktadır ve echo bağlantısından 5V çıkış sağlanmaktadır. Kullanılan mikrodnetleyici GPIO pinleri için 3.3V kabul edebildiğinden yüksek gerilim cihaza zarar verebilir. Bu nedenle 1kOhm ve 2kOhm'luk dirençler voltajı düşürmek için kullanılmaktadır ve 3.3V altında alınabilecek bir gerilim değeri ölçüm için yeterlidir. Devrenin oluşturulabilmesi için EK-5'teki bilgilerden yararlanılabilir. Şekil 2.5.'te belirtildiği gibi temel bir ultrasonik algılayıcı dalgaları karşıdaki olası cisimlere yayarak olası mesafeyi ölçmek için algılayıcı verilerini denetleyicinin veya harici bir mikroişlemcinin yorumuna sunmaktadır. Şekil 2.5'te kullanılan ultrasonik algılayıcının sistemle bütünleşik blok diagramı görülmektedir.



Şekil 2.5. Ultrasonik algılayıcıların temel blok diagramı

Şekil 2.5.'te belirtildiği gibi ultrasonik algılayıcılardan ses dalgasını yayan kısım mikrodnetleyiciden komut verildiğinde ses dalgası yaymaya başlar ve diğer kısım sesin engele çarparak geri gelmesini bekler. Engele çarpan ses dalgası (Echo) mikrodnetleyiciye gerilim sinyali olarak gönderilmektedir. Sinyal engel var olarak yorumlanmaktadır.



Dron için geliştirilen yazılımın uygulanmasında, anlık durumunu gözlemek amacıyla bir yer istasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla drona telemetri modülü kullanarak bağlanılıp, dronun ve uçuşun anlık bilgileri gözlenecektir. Böylelikle hem güvenlik hem de uçuş stabilitesi göz önünde bulundurulabilecektir. Bu nedenle Mission Planner yer istasyonu yazılımı olarak seçilmiştir. Mission Planner, kablosuz bağlantının yanı sıra prototip drona ait gerekli konfigürasyonların gerçekleştirilmesi amacıyla uçuş denetleyicisine kablolu bağlantı da sağlamaktadır. Ayrıca uçuş öncesi gerekli tüm planlamalar bu uygulama üzerinden de yapılabilmektedir.

Uygulama geliştirmede kullanılacak yazılım geliştirme dili seçiminde seçilen dilin donanım ile uyumu, mevcut kütüphane desteği ve eklenebilecek yeni açık kaynak koduna ve kütüphanelere uyumluluğu, geliştirilebilirliği, çoklu görev desteği veya izni ve platform bağımsız olması gibi özellikler ön plana çıkmıştır. Bu nedenle programlama dili olarak Python seçilmiştir. Python yazılım dili halen OpenCV ve DroneKit gibi birçok açık kaynaklı kütüphanelere destek vermektedir. Ayrıca benzetimin dışında çoklu göreve izin vermekte ve mikrodenetleyicinin GPIO girişlerinin yönetiminde de kolaylık sağlamaktadır. Python yazılım diliyle gerçekleştirilen uygulamada

- DroneKit
- Math
- Pymavlink
- Rpi
- Future

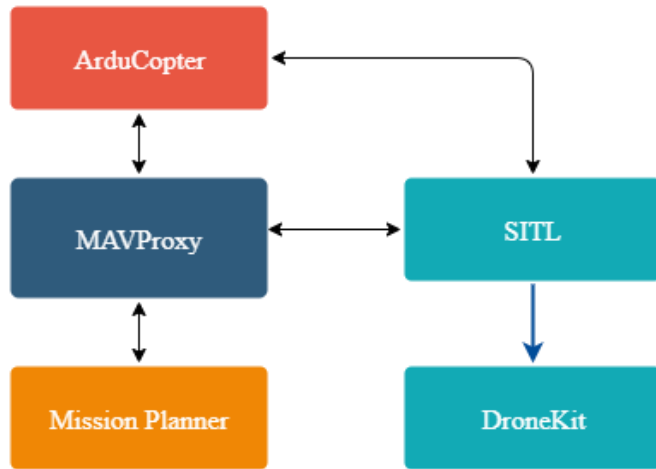
kütüphaneleri kullanılmıştır. Tezin Yöntem kısmında bu kütüphanelerin kullanım yöntem ve şekilleri detaylı olarak verilmiştir.

Yer istasyonu ve dron MAVLink (Micro Air Vehicle Link) protokolü üzerinden haberleşmektedir. MAVLink mesajları; yazılım ve yer istasyonu gibi haberleşmenin sağlanabileceği alanlarda veri alışverişinin sağlanması için oluşturulan hazır mesajlardır. MAVLink mesajları alt düzey kodlama yapısına sahip olup bu durum yazılımın evrimselleştirilmesi safhasında zorluklar yaşanmasına sebep olabilir. Bu zorluğu gidermek amacıyla yazılım ile MAVLink protokolü arasında kullanılmak üzere kütüphanesi gönüllü geliştiriciler tarafından açık kaynak kodlu olarak DroneKit kütüphanesi geliştirilmiştir.

Tezde yer istasyonu ve dron arasındaki bağlantının sağlanması için gerekli tüm yazımlar DroneKit kütüphanesi üzerinden geliştirilmiştir. Böylece dronun yönetilmesinde zorunlu olan MAVLink mesajları, MAVLink ile düşük düzeyde kodlama yerine yüksek düzeyde bir kodlama ile geliştirilmiştir.

Geliştirilen yazılımın öncelikle sanal ortamda benzetimin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Böylece ilgili birim ve protokollerin uyum içerisinde çalışıp çalışmadığı test edilebilir. Bu amaçla kullanılan PixHawk uçuş denetleyicisi ile uyumlu olarak geliştirilmiş açık kaynak kodlu ArduCopter sanal dronu kullanılmıştır. Benzetim Windows işletim sistemi altında çalışan bir cihaza kurularak MAVLink altyapısında MAVProxy aracılığıyla ArduCopter derlenerek sanal benzetim dronu oluşturulmuştur. Oluşturulan sanal benzetim dronu Mission Planner üzerinden izlenmektedir.

Şekil 2.6.'da benzetim ortamının temel bileşenleri görülmektedir. Benzetim ortamında çok sayıda bileşenin bir arada uyum içerisinde çalışması gerekmektedir.



Şekil 2.6. Benzetim ortamı temel bileşenleri

Dronun çalışma testlerinin öncelikle güvenli bir bölgede gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla Gazi Üniversitesi kampüsünde yer alan futbol sahası seçilmiş ve insansız bir ortamda test işlemlerinin gerçekleştirilmesi planlanmıştır. Bu şekilde verilen koordinatların harita görüntüsü yer istasyonu aracılığıyla benzetim ekranına yansıtılmaktadır.

İkinci test fiziki bir sistem üzerinde test edilmektedir. Her ne kadar dron verilecek görevleri bir bilgisayara ihtiyaç duymadan yapabilecek olsa da araştırmada dronun uçuş sırasındaki çıktılarının anlık olarak gözlenmesi ve takibi büyük önem teşkil etmektedir. Çalışma henüz

araştırma düzeyinde olduğu için herhangi bir hatalı durumda anlık müdahale güvenliği sağlamak için çok önemlidir.



Resim 2.1. Fiziksel olarak oluşturulan araştırma dronunun görüntüsü

## 2.2. Yöntem

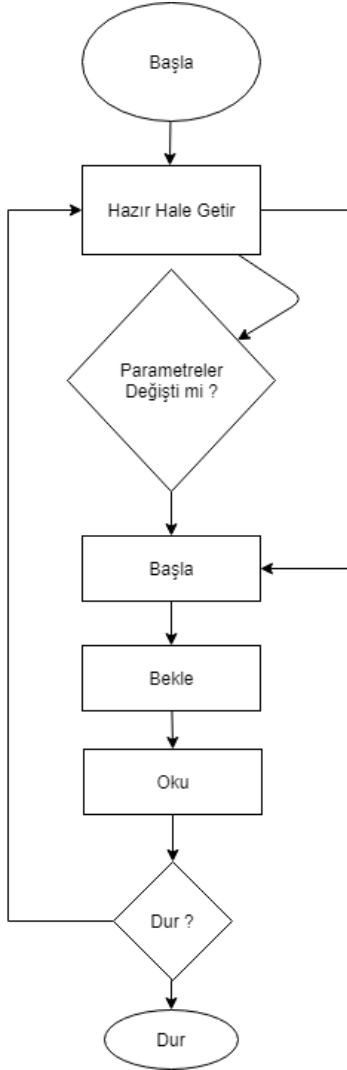
Literatürde daha öncesinde yapılan çalışmalar genellikle lojistik ve kargolama amaçlı, akıllı bir şekilde engellerden kaçamayan ve belirli irtifanın gözetildiği araştırmalar olarak görülebilmektedir. Bu tezde, önceki çalışmalardan farklı olarak otomatik olarak belirlenen rotayı planlayan, rota boyunca engellerden doğru bir şekilde kaçabilen, böylelikle maliyet ve masrafları daha da azaltan bir sistem üzerinde durulmuştur.

Çalışma iki ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar:

- Benzetim ortamı
- Gerçek ortam olarak sıralanmaktadır.

Benzetim ortamındaki testlerin gerçek ortama yakın düzeyde gerçekleşebilmesi için mikrodenetleyici ve HC-SR04 ultrasonik denetleyici kullanılmıştır. Böylelikle gerçek algılayıcı ve mikrodenetleyiciden oluşan yarı sanal ve yarı gerçek bir ortam oluşturulmaya

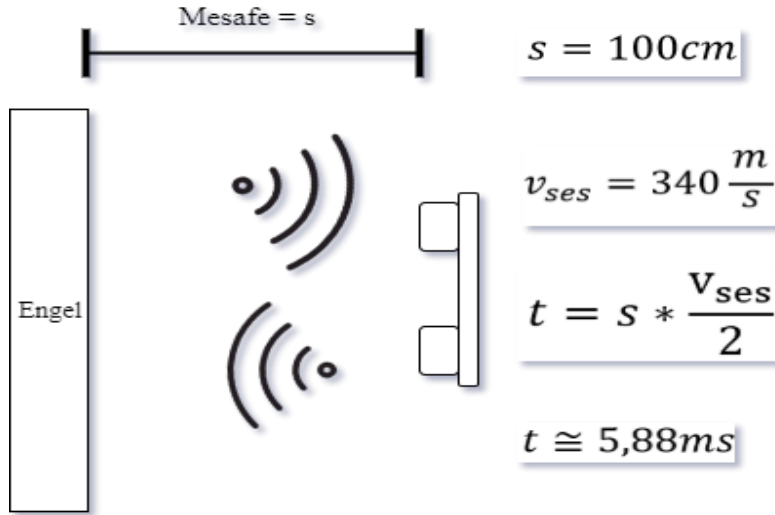
çalışılmıştır. Yazılım ortamında ultrasonik algılayıcılar için tasarlanan akış şeması Şekil 2.7'deki gibi kullanılmaktadır.



Şekil 2.7. Ultrasonik algılayıcı için kullanılacak temel akış diyagramı [41]

Yazılım tarafında algılayıcıya ses dalgasını yayması için ilk parametre gönderildikten itibaren sesin eko dalgasının parametresi beklenmektedir. Parametrelerde değişiklik gözlemlendiği anda hesaplamalar yapılmıştır. Drone hareketli bir araç olduğu için koşullu stop komutunun ardından döngü halinde devam etmesi sağlanacaktır. Tezde kullanılan ultrasonik algılayıcı 40Hz'lik ses dalgası yaymaktadır [35]. Ultrasonik algılayıcı ses dalgasını trigger işleminden sonra 10µs boyunca yayacaktır. Bunu HC-SR04 için özelleştirmek gerekirse, algılayıcının verici kısmından ses dalgaları yayılmaya başlayacaktır ve cisimlere çarpan ses dalgası geri dönene kadar devam edecektir. Algılayıcının alıcı kısmına dönen ses dalgasının ne kadar sürede döndüğünün hesaplanması ile cismin uzaklığı hesaplanabilecektir.

Güvenli uçuş için engelin önceden algılanması gerekmektedir. Bu nedenle engelin algılanması gereken gerekli mesafe uçuş hızına göre değişkenlik göstermektedir. Uçuş için asgari güvenli mesafe (s), Şekil 2.8.'deki gibi tespit edilmiştir.



Şekil 2.8. Ultrasonik algılayıcı için uygulama katmanında yapılacak hesaplama [35]

Şekil 2.8.'e göre sesin saniyedeki hızı 340 m/sn olarak alınmıştır. Dolayısıyla 100cm uzaklıktaki bir engeli algılayabilmek için gerekli süre yaklaşık olarak 5,88ms olarak hesaplanmıştır. Burada dron ile engel arasındaki mesafe zaman kullanılarak hesaplanmaktadır.

Python 2.7 yazılım dilinde kullanılan kütüphanelerin isimleri önceki bölümlerdeki materyal kısmında belirtilmiştir. Çalışma içerisinde neden ve nasıl kullanıldıkları konusunda bilgiler verilecektir.

Çizelge 2.4. Python kütüphanelerinin açıklama ve kullanımları

Kütüphane Adı	Amacı	Kullanımı
Future (0.17.0)	Python gelecek versiyonlarına destek vermek	Import işlemi yapılarak gerekli metodların içerisinde kullanıldı.
DroneKit (2.9.2)	MAVLink mesajlarını ezberlemekten ve hatalardan kaçınabilmek. Uygulama geliştirmeyi hızlandırmak	Import işleminin ardından komut satırından gelecek olan –connect argümanını gözetleyerek, uçuş denetleyicisine bağlanmak, argüman yok ise simülatöre bağlanıp MAVLink mesajlarını yönlendirmek için kullanıldı. Mikrodenetleyicinin uçuş denetleyicisi yönetimini kolaylaştırmak.

Çizelge 2.4.(devam) Python kütüphanelerinin açıklama ve kullanımları

Rpi.GPIO (0.7.0)	Mikrodenetleyicinin GPIO girişlerini yönetmek için kullanılır.	Projede GPIO pinlerinin Input, output yönleri ayarlanıp, uygulama bitiminde yapılan ayarlamalar resetlenmiştir.
Math (2.7)	Matematiksel hesaplamaları kolaylaştırmak	Matematiksel hesaplamalar, örneğin kare, vb gibi işlemler yapılmıştır.
time (2.7)	Zamansal hesaplamaları kolaylaştırmak.	Proje içerisinde zaman hesaplamaları yapılmıştır. Örneğin ultrasonik algılayıcı ölçümlerini yapabilmek için timer kullanılmıştır.

Çizelge 2.4'te belirtildiği gibi DroneKit ile Pixhawk uçuş denetleyicisi MAVLink protokolünü kullanarak yer istasyonları üzerinden haberleşmektedir. Dronun yönetimi ve veri alışverişi MAVLink protokol mesajlaşması üzerinden gerçekleşmektedir. Yönlendirilecek mesajların kontrolü ve yapısı ara katman olan DroneKit kullanılmadan geliştirilebilecek bir düzeyde olmasına karşın, karmaşılaşan algoritmalar göz önünde bulundurulduğunda yönetimi zorlaşabilir. Bu nedenle DroneKit açık kaynak kodlu kütüphanesi ara katman olarak geliştirilmiştir.

DroneKit genelde yüksek işlemci gücüne sahip denetleyiciler ile kullanılır. Uçuşun kararlı ve emniyetli olarak gerçekleşebilmesi için temel fonksiyonlar sadece uçuş denetleyicisine yaptırılmalı; görüntü işleme, uçuş mesafeleri, engelden kaçınma gibi işlemler DroneKit ile mikrodenetleyicilere yaptırılmalıdır. Böylelikle daha kararlı ve hatasız uçuşlar gözlenilebilir.

Oluşturulan benzetim yazılımının temeli DroneKit Framework üzerine kurulduğundan kütüphanenin sunduğu çok sayıda temel komut kullanılabilir. Bu temel komutların çalıştırılabileceği araç kütüphane üzerinden Araç(Vehicle) adıyla yazılım geliştiricilere sunulmaktadır. Böylelikle geliştirilen araç nesnesi sayesinde anlık bilgiler yazılım çalışma zamanında kullanıcıya iletilebilmektedir. Araç nesnesi tarafından kullanıcıya aktarılan anlık bilgiler doğrultusunda otomatik olarak verilecek komutların tayini sağlanabilmektedir. Örneğin batarya düzeyinin belirlenen düzeyden düşük olması durumunda sistemin nasıl hareket edeceği veya anlık GPS koordinatlarının belirlenememesi sonucu uçuşun başlayıp başlayamayacağı gibi görev tayinleri bu nesne aracılığı ile programlayıcı tarafından gerçekleştirilmektedir. Görev mekanizmaları benzetim yazılım katmanında belirlendiği gibi fiziksel denetleyici katmanında da tanımlanmaktadır.

Dronun ilk görev olarak havada belirli bir irtifaya yükselmesi büyük önem arz etmektedir. Eğer dronda yüksekliği ölçmek için fiziki bir mesafe algılayıcısına yer verilmiyorsa ve sadece barometre kullanılıyorsa, yaşanabilecek kazaları önlemek amacıyla insanlardan ve etraftaki engellerden yüksek bir irtifanın seçilmesi önemlidir. Dronun belirli bir irtifaya ulaşması belirli aralıklarla uygulama tarafında gözetlendiği için, belirlenecek olan ilk koordinata gitmesi beklenmektedir. Dron belirlenen irtifaya ulaşır ulaşmaz birinci görev başlayacaktır.

Kütüphanenin yazılımcıya sunduğu diğer bir komut ise LocationGlobalRelative olarak adlandırılmaktadır. Temel altyapıda LocationGlobalRelative komutu oluşturularak drona istenilen sayıda görev koordinatları tayini ataması gerçekleştirilebilmektedir. Sistem bir döngü altyapısında çalıştığı için anlık olarak her komut sonrası araç nesnesinin durumu sorgulanması gerekmektedir. Bu nedenle belirli zaman aralıkları gözetlenerek, dronun planlanan hedefe olan uzaklığı kontrol edilip, hedefe ulaşıldığında sonraki koordinatlara yönlendirilmesi sağlanacaktır.

Sistemin çalışmasında Simple\_goto komutu önemli bir yere sahiptir. Simple\_goto komutu temelde bir LocationGlobalRelative olarak gerçek veya benzetimde tanımlanmış dronu koordinatlara ulaştırmayı hedef alır. Python dilinin sıralı olarak çalışma özelliğinden dolayı belirlenen komutların birer birer gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğinin gözlenmesi önemli bir işlemdir. Örnek vermek gerekirse Simple\_goto komutu sonrası ikinci Simple\_goto komutunun verilmeden önce drone'un gerçekten o koordinatlara ulaşmış ulaşmadığı bir yazılım döngüsü içerisinde test edilmektedir. Dron planlanan koordinata ulaştığı takdirde ikinci simple\_goto komutu kullanılmaktadır. Bu nedenle yazılan Python uygulamasının uçuşun sonuna kadar gözleyici ve denetleyici olup bilgileri kullanıcıya anlık olarak sunması çok önemlidir. İstenildiği takdirde uygulamanın anlık olarak gösterdiği bilgilerin loglama için bir veri tabanına veya dosyaya yazılması sağlanabilir. Bunun için logging gibi bilinen Python kütüphaneleri kullanılabilir.

### **2.2.1. Benzetim ortamı**

Benzetim ortamını oluşturabilmek için gerekli koşulların sırası ile ele alınması gerekmektedir.



Benzetim yazılımının eksiksiz olarak çalıştırılıp test edilebilmesi için içerisinde uzaktan kontrol edilebilir olarak tanımlanan bir çok aracın bulunduğu ArduPilot projesi GitHub açık kaynak kod paylaşım platformundan indirilip test sistemine yüklenmiştir. Proje sisteme derlenmemiş açık kaynak kodlu olarak yüklendiği için derlenmesi gerekmektedir. ArduPilot içerisindeki hava aracı olarak ArduCopter seçilerek amaca uygun bir testin gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Simülatör uygulamasının başlangıç koordinatları ArduCopter klasörünün içerisinde belirlenmiş olan locations.txt dosyası içerisinde Gazi Üniversitesi merkez kampüsü futbol sahasının kale önü olarak belirlenmiştir. Ayrıca yeni tanıtılan benzetim versiyonu ile –home konsol komutu verilerek benzetimin başlangıç noktası belirlenebilmektedir. Şekil 2.9’da seçilen ortamın kuş bakışı görünümü verilmiştir.



Şekil 2.9. Gazi Üniversitesi Merkez Kampüsü futbol sahası kuş bakışı görünümü

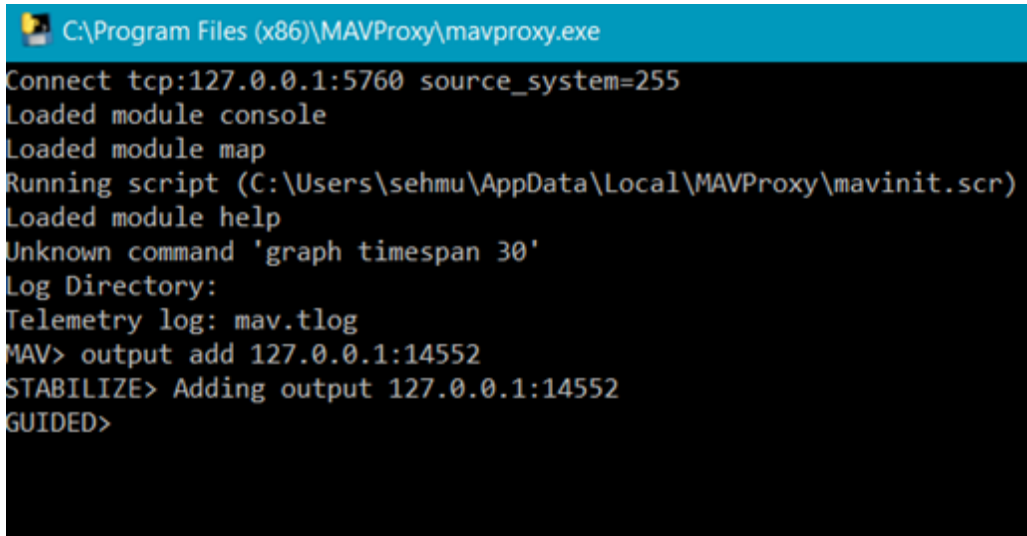
Hazırlanmış olan yazılımın dron üzerinde çalıştırılması için Linux komutlarını Windows 10 test sistemi üzerinde çalıştırmak için kullanılan Cygwin girdi olarak `$sim_vehicle.py -map -console` komutunu almaktadır.

Cygwin tarafından `sim_vehicle.py` dosyası çalıştırıldıktan sonra `map` ve `console` adlı iki adet parametre benzetim sistemine gönderilmektedir. Konsol ve harita uygulamalarını anlık



olarak izlemeyi kolaylaştıran komut uygulamaları kullanıcıya sunmak için oluşturulmuşlardır. Test sisteminde Mission Planner gözlem uygulaması kullanıldığından bu parametrelerin kullanımı önem teşkil etmemektedir.

Şekil 2.10.'da görüldüğü gibi Yer istasyonu uygulaması ve geliştirilen uygulamanın birbiriyle bağlanması için iki adet çıkış portu, 14550 standart numaralı port ve uygun olan diğer bir port, MAVProxy komut satırı üzerinden kullanıma tahsis edilmiştir.



```

C:\Program Files (x86)\MAVProxy\mavproxy.exe
Connect tcp:127.0.0.1:5760 source_system=255
Loaded module console
Loaded module map
Running script (C:\Users\sehmu\AppData\Local\MAVProxy\mavinit.scr)
Loaded module help
Unknown command 'graph timespan 30'
Log Directory:
Telemetry log: mav.tlog
MAV> output add 127.0.0.1:14552
STABILIZE> Adding output 127.0.0.1:14552
GUIDED>

```

Şekil 2.10. MAVProxy üzerinden bir çıkış portunun açılması.

Çıkış portunun açılması sonucu Mission Planner üzerinden UDP 14552 bağlantısı yapılarak (Şekil 2.10) çalıştırılması sağlanmıştır. Tanımlanan ortamlarda data rate altyapısının tasarımı açısından farklılık göstermektedir. Benzetim ortamı için 115200 olarak tanımlanmıştır. Gerçek ortamda ise telemetry modülü farklı bir data rate kullandığından 57600 olarak seçilmiştir. Şekil 11'de başarılı telemetry bağlantısı sonucu sistem arayüzü görülmektedir.



Şekil 2.11. Telemetri bağlantısı sonucu yer istasyonu arayüzü

Harita konumu üzerinde dron benzetim veya gerçek ortamda emniyet (disarmed) konumunda hazır olarak beklemektedir. Emniyet modunda iken dron hiçbir şekilde kumanda veya bilgisayar komutlarını almamaktadır. Bu durum araştırmacının ve çevredekilerin güvenliğini sağlamak için projenin başında belirlenmiş olan güvenlik ve emniyet ölçütünü tamamen desteklemektedir.

Hazırlanan uygulamanın çalıştırılması sonucu Resim 2.12.'de belirtilen sahanın 7 noktasının görev olarak tanımlanarak kalkış yapılan konuma güvenli olarak iniş yapması sağlanmaktadır.



Şekil 2.12. Uygulamanın çalıştırılması sonucu çizilen rota.

### 2.2.2. Gerçek ortam

Yapılacak testlerin öncelikle benzetim ortamından başarılı bir şekilde geçtikten sonra gerçek ortama aktarılması gerekmektedir. Üzerinde çalışılan benzetim ortamı gerçek ortamdaki bir dronun hareketlerini birebir yansıtmayabilir. Çünkü gerçek ortamdaki algılayıcılar ve çevre koşulları her zaman farklı sonuçlar üretebilir. Örneğin barometre algılayıcısı çok fazla rüzgardan etkilendiği için farklı yükseklik sonuçları doğurabilir ve dron gerçek yüksekliğinde uçamayabilir ve bunun sonucu kaza ve kırımlar meydana gelebilir. Ayrıca bağlı olunan GPS uydularının sayısı değişebildiği için belirli bir sınırın altına düştüğü zaman istenen koordinatlara gidilemeyebilir, hatta dron havada sabit durmakta zorlanabilir. Bu nedenle gerçek ortam koşulları iyi irdelenerek gerekli önlemlerin alınması büyük önem arz etmektedir.

Gerçek test ortamı denetleyicinin ve mikrodenetleyicinin birbiriyle kablosuz olarak bağlanmasına dayanan bir yapıya sahiptir. Şekil 2.13'te görüldüğü gibi istenildiği takdirde daha fazla algılayıcının mikrodenetleyiciye bağlanması kablosuz ağ sayesinde gerçekleştirilebilmektedir. Böylelikle yer istasyonu olan asıl bilgisayar Wi-Fi ile mikrodenetleyiciye, mikrodenetleyici ise telemetri modülü ile uçuş denetleyicisine kolaylıkla bağlanabilecektir.



Şekil 2.13. Gerçek ortamdaki yer istasyonu ve mikrodenetleyicinin bağlantı yapısı.

Benzetim ortamında yapılan her test başarılı bir şekilde gerçekleştikten sonra mikrodenetleyicinin uçuş denetleyicisine TCP üzerinden 14550 portu ile bağlanarak

yazılımı başlatması yeterli olacaktır. Örnek olarak komut satırında “python goto\_obstacle\_avoidance –connect 0.0.0.0:14550” komutu ile gerçek ortamın hazır hale getirilip uçuşun gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Resim 2.14’te başlama komutunun sonucundaki veriler görünmektedir.

```
Basic pre-arm checks
Arming motors
  Waiting for arming...
Taking off!
  Altitude: 0.007
  Altitude: 0.007
  Altitude: 0.024
  Altitude: 0.654
  Altitude: 0.915
  Altitude: 0.963
Reached target altitude
Going towards first point for 30 seconds ...
Vehicle will go to point: %f , %f (39.9409297, 32.8203303)
remaining distance 19.481535879020463
remaining distance 19.41425484224868
remaining distance 18.814964895248227
remaining distance 17.60467827916302
```

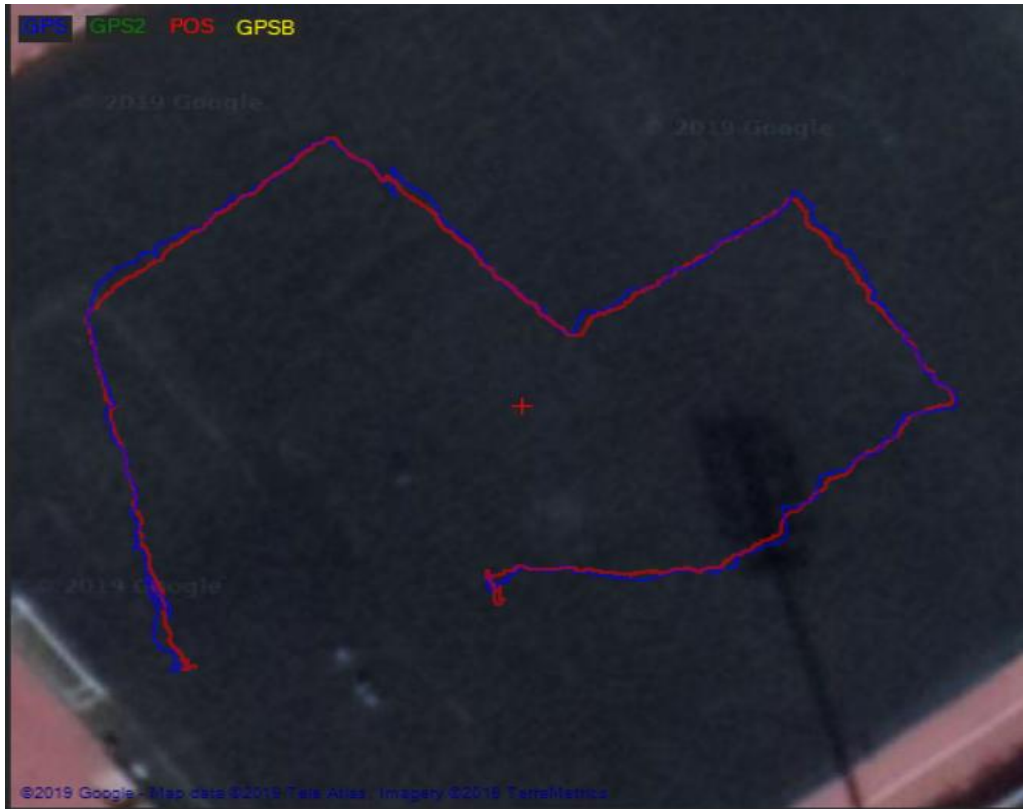
Şekil 2.14. Bağlantı sonrası alınan kontrol çıktıları

Şekil 2.14.’te görüldüğü üzere drona emniyet kapalı (disarm) komutu verilmekte ve motorlar çalıştırıldıktan sonra belirli bir yüksekliğe kadar dronun uçuşu sağlanmaktadır. Belirlenen irtifaya ulaşılmasının ardından belirlenen koordinata doğru dronun hareket etmesi sağlanmakta ve kalan mesafe belirli süre ile denetlenmektedir.

### 3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Yapılan uçuş testlerindeki anlık veriler log olarak kaydedilmiş olup, bu loglar uçuş sonrasında daha kararlı ve güvenli uçuşlar için analiz edilmektedir. Uçuşun kararlılığını ve güvenliğini ilgilendiren her parametre zamana ve duruma göre gözden geçirilmektedir. Bu nedenle uçuş sırasındaki her parametrenin doğru bir şekilde kaydedilip, sonradan anlamlı bir şekilde okunabiliyor olması gerekmektedir. Bu tezde, loglama için parametre verileri anlık olarak kaydedilmiştir. Bu nedenle her hareketin analizi kolaylıkla ve sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Örnek olarak, dronda ivmeölçer aracılığıyla x,y,z eksenlerindeki anlık hareketler kaydedilmiş ve titreşim oranları incelenmiştir.

Dronda bir adet GPS modülü kullanılmıştır. Bunun sonucu sistemde yaşanabilecek herhangi bir GPS modülü arızasında, dron dünya üzerindeki konumunu belirlemede problem yaşayabilecektir. Birden fazla GPS modülünün sistemde olması daha fazla GPS uydusunun bulunmasını sağlayabilecektir. Böylelikle dron havadaki konumunda daha sarsıntısız ve hareketsiz durabilecektir. Dronun konum hassasiyeti Şekil 3.1.'de görülebilmektedir.



Şekil 3.1. Dronun uçuş sırasındaki pozisyonları ve GPS'te okunan koordinatlar

Şekil 3.1.'de görülebileceği üzere drone atan rota üzerinde görevini devam ettirirken, GPS modülünden aldığı anlık koordinatları konumuna uygun yakınsamada gerçekleştirmekte böylelikle daha doğrusal hareketler yapmaktadır. Birden fazla GPS modülü, daha fazla uydunun anlık olarak yakalamasına büyük oranda yardımcı olabilmekte droneun daha doğrusal ve keskin hareketler yapabilmesini sağlayabilmektedir. Ancak ikinci bir modül sistem maliyetini arttıracaktır. Tezde maliyet göz önüne alınarak ikinci bir GPS modülü kullanılmamıştır. Ancak, ilerleyen çalışmalarda sisteme ikinci bir GPS modülü eklenerek bu modülün sistemin maliyet/performans çözümlemesi gerçekleştirilebilir. Şekil 3.2.'de uçuş sırasındaki droneun GPS hassasiyetleri gözden geçirilmektedir.



Şekil 3.2. GPS uydularının uçuş sırasındaki değişimi ve uçuş hassasiyeti

Şekil 3.2.'de görüldüğü gibi GPS uydularının sayısının değişimi uçuş sırasındaki performansı etkilemektedir. Çizelge 3.1.'de Şekil 3.2'de kullanılan parametrelerin anlamları belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. GPS parametreleri ve ne anlama geldikleri.

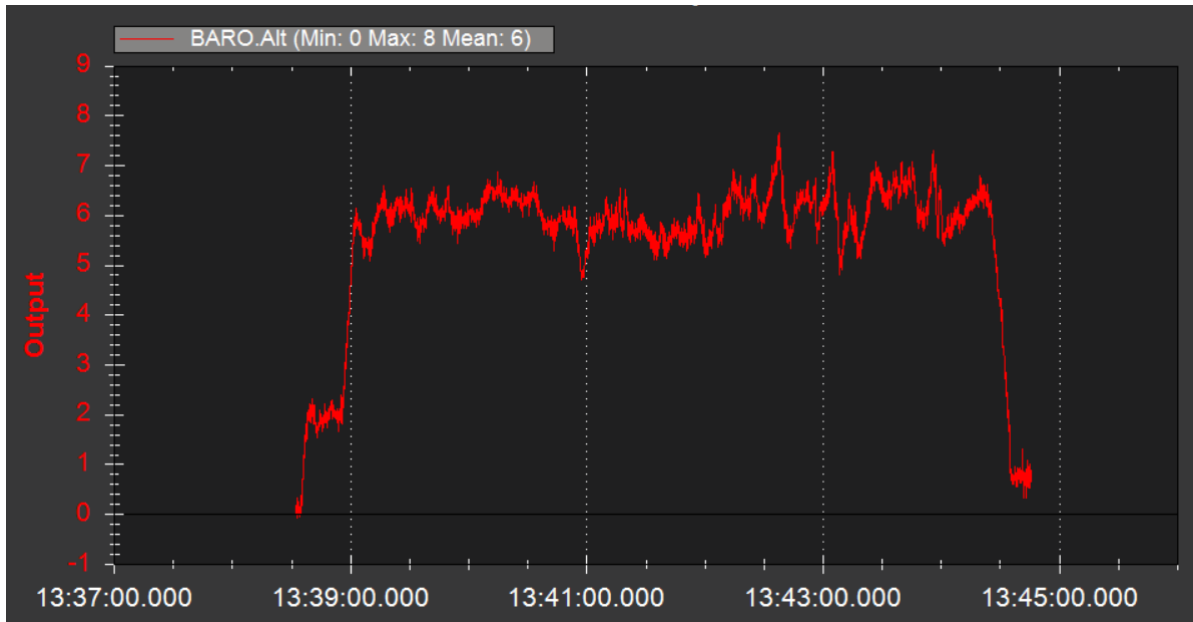
Değişken Adı	Anlamı
GPS.NStats	Anlık olarak yakalanan uydu sayısı
GPA.SAcc	Hız doğruluğu (m/sn)
GPA.VAcc	Dikey pozisyon doğruluğu (m)
GPA.HAcc	Yatay pozisyon doğruluğu (m)

Çizelge 3.1. ve Şekil 3.2.'ye göre uçuş yaklaşık olarak 13.38 saatinde başlamıştır. GPS



uydularının sayısı en fazla 15, en az 11’de düşmüştür. Bu durum GPS uçuşu yapılabilmesi için yeterlidir. Dronun GPS Fix (GPS ile uçulabilir ) durumuna geçebilmesi için en az 6 uydu gerekmektedir. Ayrıca algılanan az sayıda uydu ile uçuş yapılması doğruluğu büyük oranda etkileyecek, kaza ve maliyet riskini büyük ölçüde arttıracaktır. GPS uydularının sayısı azaldıkça mavi, yeşil ve sarı olan doğruluk oranları artmaya başlamıştır.

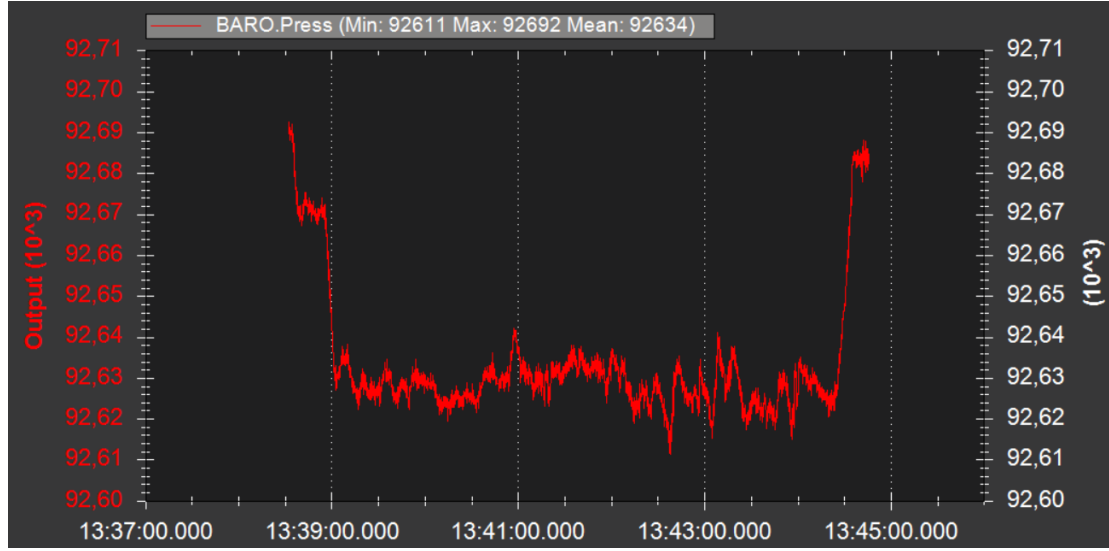
Uçuş sırasında yüksekliği belirlemek için üç adet yol bulunmaktadır. Bunlardan ilki barometre ile yüksekliği belirlemek, aşağıya bakan bir ultrasonik algılayıcı ile yüksekliği belirlemek ve ikisinin kullanılmasıyla yüksekliği belirlemek olarak sıralanmaktadır. Ultrasonik algılayıcıların özelliklerine göre belirli aralıkların yüksekliğini okuyabilmektedirler. Bu yüzden belirli bir yüksekliğe ulaşıldığında sadece barometre ile irtifa güncellemesi yapılabilmektedir. Projede kullanılan irtifa belirlemede kullanılan ultrasonik algılayıcı arızalandığı için irtifa güncellemesi sadece barometre ile belirlendi. Bu nedenle irtifa doğruluk payı iyi derecede gerçekleştirilememiştir. Şekil 3.3.’te görülebileceği üzere yükseklik dış ortam koşullarına göre farklı düzeylerde okunmuştur. Tepe noktalarının değişkenlik göstermesinin nedeni barometre algılayıcısının anlık olarak ölçtüğü hava basıncının farklılaşması olarak gösterilebilir. Örneğin rüzgâr hızının artıp azalması barometrenin ölçtüğü hava basıncını etkilemektedir.



Şekil 3.3. Barometre ile ölçülen irtifa seviyesi ve doğruluğu

Şekil 3.4.’te barometrenin ölçtüğü basınç gösterilmiştir. Dron yükseldikçe barometrede

okunan hava basıncının da düştüğü gözlemlenmektedir.



Şekil 3.4. Barometre algılayıcısı tarafından ölçülen hava basıncı

Şekil 3.3. ve Şekil 3.4. karşılaştırıldığında birbiriyle simetrik oldukları görülmektedir. Dron yukarı doğru hareket ettikçe basınç düşmektedir. Bu basınca göre yüksekliğin ölçüldüğü anlamına gelmektedir. Dronun deniz seviyesine olan yüksekliği de GPS yardımıyla ölçülebilir olabilmektedir.

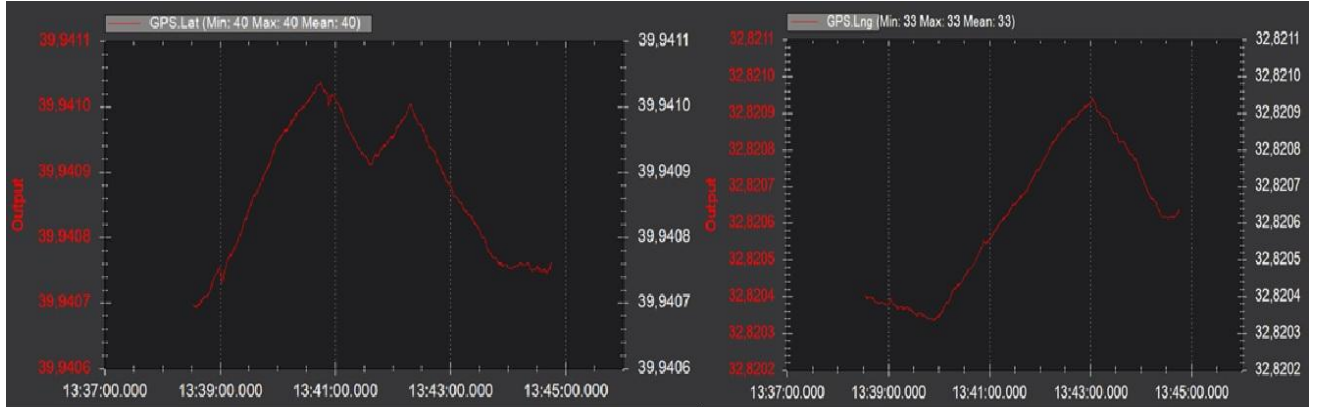


Şekil 3.5. Barometre yüksekliğinin, GPS yüksekliği ile olan ilişkisi

Şekil 3.5.'e göre dronun uçurulduğu lokasyonun deniz seviyesine olan yüksekliği + barometre değerinin yüksekliği dronun gerçek yüksekliğini temsil etmektedir. Böylelikle ileriye dönük çalışmalarda dronun herhangi bir dağa veya tepeye çarpmaması için algılayıcısız çalışmalar gerçekleştirilebilir. Şekil 3.6'da okunan enlem ve boylam

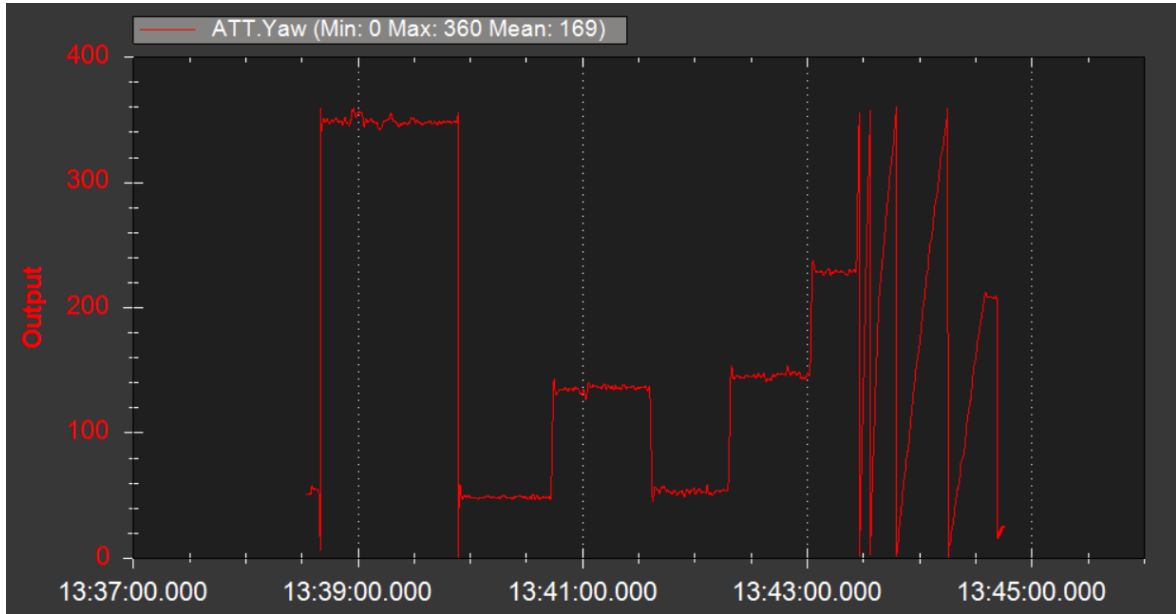


değerlerinin değişimi eklenmiştir.



Şekil 3.6. Enlem ve boylam değerinin değişimi

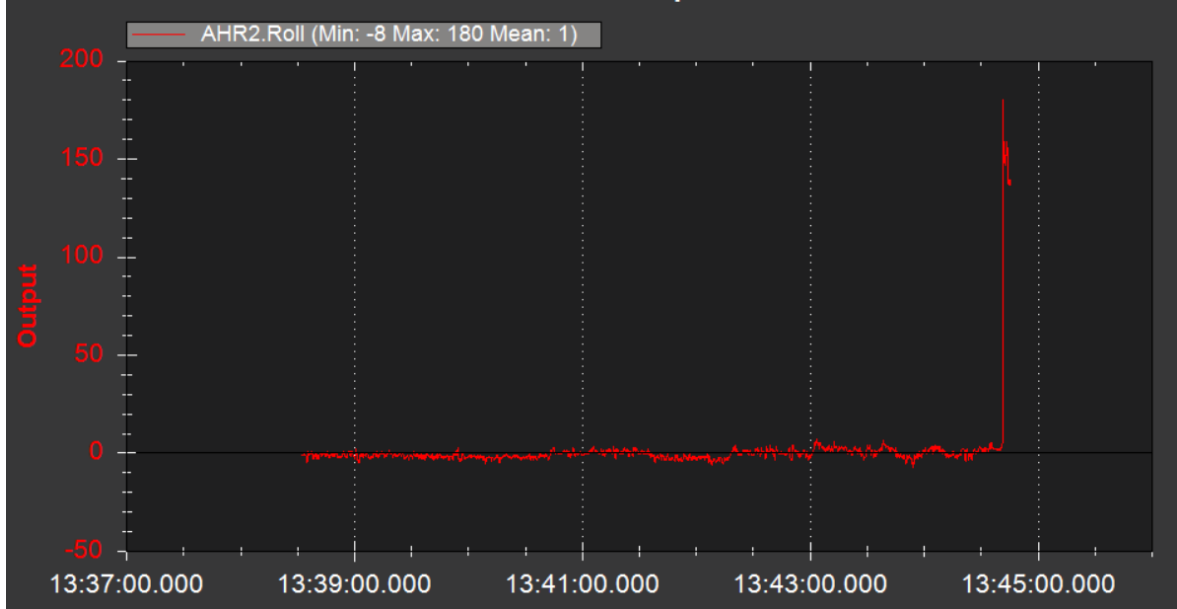
Şekil 3.6.'da gözlenen enlem ve boylam değişimleri kaydedilmiştir. Dron göreve başlamadan önceki ve sonraki koordinatlar ve aradaki değerler açıkça izlenebilmektedir. Ayrıca dronun baktığı yönün açı değişimleri de derece cinsinden loglanmıştır. Minimum 0, maksimum 360 olacak şekilde dronun yönünün gideceği koordinatlara göre değişimi gözlenmiştir. Dron gideceği koordinatlara göre ön tarafını konumlandırır ve o yöne doğru gitmeye başlar.



Şekil 3.7. Dronun görev sırasındaki ön açı değişimleri

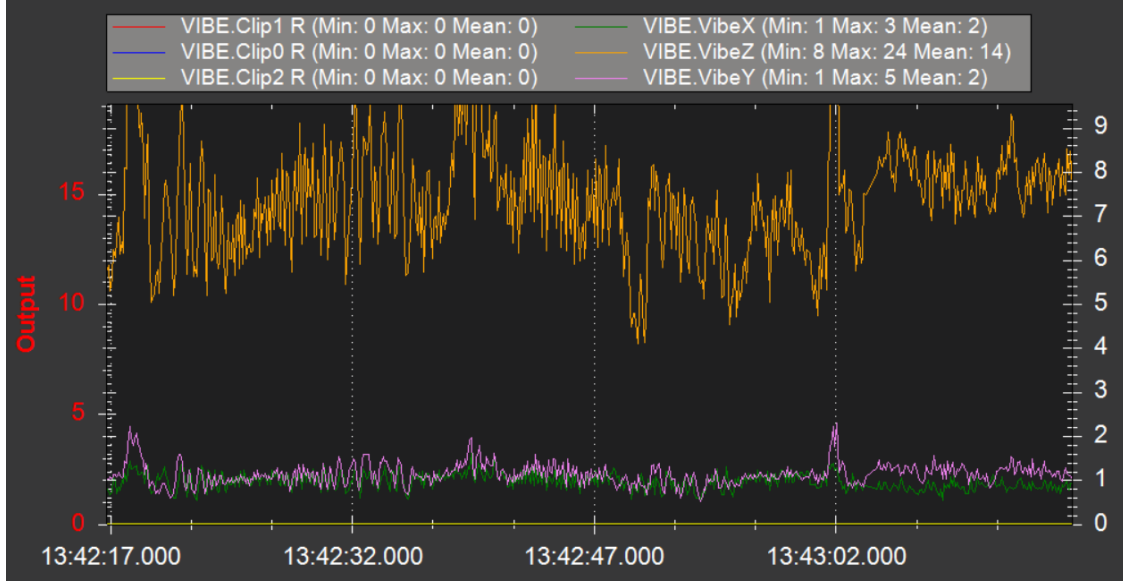
Şekil 3.7'de 7 adet koordinat olduğu için saat 13.39'da yönünü değiştirerek ilk koordinata doğru gitmeye başlamıştır ve 13.40 gibi diğer koordinata gitmek için ön açısını 50 derece

yönüne çevirmiştir ve diğer koordinatlar için de döngü devam etmiştir. Fakat saat 13.44'te dronun ön açısı hep değiştiği, fakat yönünün değişmediği gözlenmiştir. Bunun nedenini bulabilmek için, güvenlik amaçlı kumandanın da açık bulundurulması dolayısıyla roll ekseninin takılı olarak kaldığı ve yönün bu nedenle sürekli değiştiği anlaşılmıştır.



Şekil 3.8. Dronun roll eksenini komutu alması sonucu oluşan kayıt.

Dronun havada sarsıntısız ve doğru olarak uçabilmesi ağırlık dengesine, motorların doğru dönmesine ve pervanelerin balanslı olmasına bağlıdır. Araştırmadaki belirlenen ilk önemli husus güvenlik olduğu için uçuş sırasında yaşanabilecek hasarların önüne geçilmelidir. Dronun x,y,z koordinatlarında yapmış olduğu titreşimler göz önüne alınmıştır. Şekil 3.9'da x,y,z koordinatlarındaki titreşimler görülmektedir.



Şekil 3.9. X,Y,Z eksenlerindeki titreşimler

Şekil 3.9'a göre X ve Y eksenlerindeki titreşimler az, fakat Z eksenindeki titreşimler yüksektir. Dronun yukarı aşağı titremesi, dron üzerindeki bağlantıların gevşemesine neden olabilmektedir. Bu nedenle sonraki uçuşlarda bu problemin giderilmesi gerekmektedir. Havada iken bağlantıların yerinden çıkması dronun düşmesine sebep olabilir.



## 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tezde, rota planlama ve engelden kaçınma senaryolarını yerine getiren belirli bir otonom düzeyine sahip bir hava aracı, dron, geliştirilmiş ve test edilmiştir. Geliştirilen dronun otonomi düzeyi Sheridan'a otonomi düzey tanımlamasına göre 7, ABD Deniz Kuvvetleri Araştırma Ofisi otonomi düzey tanımlamasına göre ise otonomi düzeyi 4 olarak tanımlanmıştır. Bu otonomi seviyesine uygun olarak geliştirilen dron kendisine atanan görevleri emniyetli ve güvenli bir şekilde gerçekleştirmektedir. Ayrıca drona eklenen mikrodenetleyici ve algılayıcılar sayesinde, donanımla uyumlu yazılımın geliştirilmesi sonucu engellerden otomatik olarak uzaklaşılması sağlanmıştır. Uçuşun başarılı ve güvenli bir şekilde gerçekleştirildiğinden emin olabilmek için bilgisayar, telefon gibi yer istasyonları üzerinden anlık olarak dronun durumunun ve verilerin takibi gerçekleştirilmiştir.

Güvenlik öncelikli ölçütler arasında olduğu için, gerçekleşmesi gereken her görev, benzetim ortamında test edilmiştir. Benzetim için özel olarak mikrodenetleyici ve algılayıcılar ortama eklenmiştir. Böylelikle gerçeğe daha yakın sonuçlar alınabilmektedir. Benzetim ortamının fiziksel ortama daha yakın olabilmesi için rüzgar, dron gövdesi, uçuş alanı gibi parametreler gözden geçirilmiştir. Gerçek ortamı taklit eden benzetim ortamının oluşturulmasının ardından testler, bütün durumlar göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Herhangi bir problemin yaşanmaması neticesinde yazılım fiziksel drona yüklenip, güvenliği ölçütlerine uygun bölgede test edilmiştir.

Prototip olarak geliştirilen dronun uçuş emniyeti ve güvenliği için gerekli bileşenlerin entegrasyonu sağlanmış, güvenlik nedeniyle gerçek ortam testleri insansız ve geniş ortamlarda yapılmıştır. Uçuş hassasiyeti için bileşenler test edilmiş ve ileriye dönük çalışmalarda algılayıcıların sayısı artırılarak daha üst düzey hassasiyetin düzeyi test edilebileceği gözlemlenmiştir.

Dron için geliştirilen yazılımın karmaşıklığını karşılayabilecek bir mikrodenetleyiciye ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle sisteme bir mikrodenetleyici eklenerek algoritmik karmaşıklık uçuş denetleyicisinin işlem gücünden izole edilmiştir. Böylelikle uçuş denetleyicisinin sadece uçuşun temel komutlarını yönetmesine olanak sağlanmıştır.

Tezde maliyet kısıtı nedeniyle engel algılama için dronun ön tarafına ultrasonik algılayıcılar konmuş olup maliyet kısıtının genişletilmesi ile sağ, sol, arka kısımlara da mesafe algılayıcılarının eklenmesi dronun daha güvenli hareket kapasitesini arttırabilecektir. Bu şekilde bir yapıya gidilmesi arka planda çalışacak olan algoritmaların daha karmaşık bir yapıya sahip olmasını gerektirecektir. İleriye dönük olarak yapılacak çalışmalarda engellerden kaçınabilmek için dronun önüne koyulacak iki adet kamera ile görüntü işleme sayesinde derinlik algılama algoritmaları uygulanabilir. Böylelikle daha akıllı ve öğrenmeye dayalı engelden kaçınabilme özellikleri drona eklenebilir. Ancak bu durum hesaplama maliyetini artmasına neden olabilir.

Dron atanan rotayı GPS uydularının anlık değişiminde 4-5m hata payı ile izleyebilmiştir. Dronun atanan görevleri daha hassas bir şekilde yerine getirip, daha durağan bir şekilde uçabilmesini sağlamak için optik akış algılayıcısına veya daha fazla GPS modülüne yer verilebilir. GPS modüllerinin artması daha fazla uydu doğruluğu ile uçabilmeyi mümkün kıldığı için daha az hatalı uçuşu sağlayabilecektir. Optik akış modülünün eklenmesi ise yerin her an görüntüsünün alınıp, yeterli GPS uydusuna sahip olmayan alanlarda havada belirli bir noktada sabit kalma yetisini sisteme kazandırabilecektir. Optik akış algılayıcılarının en büyük problemi yeterli ışık olmadığında çalışamamalarıdır. Akşam saatlerinde gerçekleştirilecek olan görevler esnasında kesilecek olan GPS sinyali dronun havada sabit kalmasını büyük ölçüde etkileyecektir.

## KAYNAKLAR

1. İnternet: Bezos, J. Interview with charlie rose. Broadcasted on: 60 Minutes. *CBS*. URL: [https://www.cbsnews.com/news/amazons- jeff- bezos- looks- to- the- future](https://www.cbsnews.com/news/amazons-jeff-bezos-looks-to-the-future). Son Erişim Tarihi:10.02.2019.
2. İnternet:Aviation Data & Statistics. *FAA*. URL: [https://www.faa.gov/data\\_research/aviation\\_data\\_statistics/](https://www.faa.gov/data_research/aviation_data_statistics/), Son Erişim Tarihi: 12.02.2019
3. Graham-Rowe, D. (2010). Cheap drones could replace search-and-rescue helicopters. *New Scientist*, 207(2769), 20.
4. Clarke, R. (2014). Understanding the drone epidemic. *Computer Law & Security Review*, 30(3), 230–246.
5. Clarke, R. (2014). What drones inherit from their ancestors. *Computer Law & Security Review*, 30(3), 247–262.
6. Clarke, R. and Moses, L. B. (2014). The regulation of civilian drones impacts on public safety. *Computer Law & Security Review*, 30(3), 263–285.
7. Zorbas, D., Razafindralambo, T., Luigi, D. P. P., and Guerriero, F. (2013). Energy Efficient Mobile Target Tracking Using Flying Drones. *Procedia Computer Science*, 19, 80–87.
8. Rao, B., Gopi, A. G. and Maione, R. (2016). The societal impact of commercial drones. *Technology in Society*, 45, 83–90.
9. Hassija, V., Saxena, V. and Chamola, V. (2018). Scheduling drone charging for multi-drone network based on consensus time-stamp and game theory. *Computer Communications*, 149, 51–61.
10. Giones, F. and Brem, A. (2017). From toys to tools: The co-evolution of technological and entrepreneurial developments in the drone industry. *Business Horizons*, 60(6), 875–884.
11. Poikonen, S., Wang, X. and Golden, B. (2017). The vehicle routing problem with drones: Extended models and connections. *Networks*, 70(1), 34–43.
12. Wang, Z., S., Sheu, J., X. (2017). The vehicle routing problem with drones. *Transportation Research*, 122, 350–364.

13. Li, F., Zlatanova, S., Koopman, M., Bai, X. and Diakit , A. (2018). Universal path planning for an indoor drone. *Automation in Construction*, 95, 275–283.
14. Yanmaz, E., Yahyanejad, S., Rinner, B., Hellwagner, H. and Bettstetter, C. (2018). Drone networks: Communications, coordination, and sensing. *Ad Hoc Networks*, 68, 1–15.
15. Karak, A. and Abdelghany, K. (2019). The hybrid vehicle-drone routing problem for pick-up and delivery services. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 102, 427–449.
16. Tahir, A., Haghbayan, M., Toivonen, H. Y. and Plosila, J. (2018). Swarms of Unmanned Aerial Vehicles – A Survey, 94, 100–117.
17. Hayajneh, M., Melega, M. and Marconi, L. (2018). Design of autonomous smartphone based quadrotor and implementation of navigation and guidance systems. *Mechatronics*, 49, 119–133.
18. Fujimori, A., Ukigai, Y.-U., Santoki, S. and Oh-Hara, S. (2018). Autonomous flight control system of quadrotor and its application to formation control with mobile robot. *International Federation of Automatic Control-PapersOnLine*, 51(22), 343–347.
19. Jeong, H. Y., Song, B. D. and Lee, S. (2019). Truck-drone hybrid delivery routing: Payload-energy dependency and No-Fly zones. *International Journal of Production Economics*, 214, 220–233.
20. Yoo, W., Yu, E. and Jung, J. (2018). Drone delivery: Factors affecting the public’s attitude and intention to adopt. *Telematics and Informatics*, 35(6), 1687–1700.
21. Liu, Y. (2019). An optimization-driven dynamic vehicle routing algorithm for on-demand meal delivery using drones. *Computers & Operations Research*, 111, 1–20.
22. Lv, Z. (2019). The security of Internet of drones. *Computer Communications*, 148, 208–214.
23. Aydin, B. (2019). Public acceptance of drones: Knowledge, attitudes, and practice. *Technology in Society*, 59, 101180.
24. Ruiz-Jimenez, J., Zanca, N., Lan, H., Jussila, M., Hartonen, K. and Riekkola, M.-L. (2019). Aerial drone as a carrier for miniaturized air sampling systems. *Journal of Chromatography A*, 1597, 202–208.



25. Mairaj, A., Baba, A. I. and Javaid, A. Y. (2019). Application specific drone simulators: Recent advances and challenges. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 94, 100–117.
26. Watkins, S., Burry, J., Mohamed, A., Marino, M., Prudden, S., Fisher, A., ... Clothier, R. (2019). Ten questions concerning the use of drones in urban environments. *Building and Environment*, 167, 106458.
27. Koubâa, A., Qureshi, B., Sriti, M.-F., Allouch, A., Javed, Y., Alajlan, M., ... Tovar, E. (2019). Dronemap Planner: A service-oriented cloud-based management system for the Internet-of-Drones. *Ad Hoc Networks*, 86, 46–62.
28. İnternet: 2017 yılında SHGM tarafından uygulanacak İdari Para Cezaları. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü. URL:<http://web.shgm.gov.tr/tr/genel-duyurular/5064-2016-yilinda-shgm-tarafindan-uygulanacak-idari-para-cezalari>, Son Erişim Tarihi: 12.06.2019.
29. İnternet: No Flying Allowed: The 15 Countries Where Drones Are Banned.UAVCoach. URL: <https://uavcoach.com/drone-bans/>. Son Erişim Tarihi: 12.06.2019.
30. İnternet: Autonomous Systems. NATO.URL: [https://www.act.nato.int/images/stories/media/capdev/capdev\\_02.pdf](https://www.act.nato.int/images/stories/media/capdev/capdev_02.pdf), Son Erişim Tarihi: 10.07.2019
31. İnternet: What's a LiPo Battery? Meaning of LiPo Battery Discharge C Rating, Mah.Genstattu.URL:<https://www.genstattu.com/blog/the-basic-knowledge-of-lipo-battery/>, Son Erişim Tarihi: 11.08.2019.
32. Miller, R. and Miller, M. R. (2004). *Electric motors: all new 6th edition*. Indianapolis, IN: Wiley Publishing, 720
33. Aykanat H., Akgül A. and Bayram U.(2013). Dört Motorlu İnsansız Hava Aracı (Kuadrorotor) için Kontrol Yazılımı Geliştirme, *Otomatik Kontrol Ulusal Dergisi*,567-571
34. Zhang, G. and Hsu, L.-T. (2018). Intelligent GNSS/INS integrated navigation system for a commercial UAV flight control system. *Aerospace Science and Technology*, 80, 368–380.
35. Guerrero, J. S. G., González, A. F. C., Vega, J. I. H. and Tovar, L. A. N. (2015). Instrumentation of an Array of Ultrasonic Sensors and Data Processing for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Teaching the Application of the Kalman Filter. *Procedia Computer Science*, 75, 375–380.

36. Koval, L., Vanus, J. and Bilik, P. (2016). Distance Measuring by Ultrasonic Sensor. *International Federation of Automatic Control Papers Online*, 153-158.
37. İnternet: Reggie. and Reggie. All About a Multirotor FPV Drone Electronic Speed Controller. GetFPV. URL: <https://www.getfpv.com/learn/new-to-fpv/all-about-multirotor-fpv-drone-electronic-speed-controller/>, Son Erişim Tarihi: 11.10.2019
38. İnternet: Pixhawk Overview. ArduPilot. URL: <http://ardupilot.org/copter/docs/common-pixhawk-overview.html>, Son Erişim Tarihi: 12.10.2019
39. İnternet: 3DR Radio v1. ArduPilot. URL: <http://ardupilot.org/copter/docs/common-3dr-radio-v1.html>, Son Erişim Tarihi: 14.10.2019
40. İnternet: Raspberry Pi 3 Pinout, Features, Specifications & Datasheet. Components101. URL: <https://components101.com/microcontrollers/raspberry-pi-3-pinout-features-datasheet>, Son Erişim Tarihi: 15.10.2019
41. İnternet: Gbati, N. On Writing Drivers for the HC-SR04 Ultrasonic Sensor. Medium. URL: <https://medium.com/@Magna/on-writing-drivers-for-the-hc-sr04-ultrasonic-sensor-124596e63fd5>, Son Erişim Tarihi: 17.10.2019
42. İnternet: User Instruction for SimonK ESC Series. YinyanModel EMAX. URL: [http://yinyanmodel.com/EMAX User Instruction for Simonk Series ESC.pdf](http://yinyanmodel.com/EMAX%20User%20Instruction%20for%20Simonk%20Series%20ESC.pdf), Son Erişim Tarihi: 17.10.2019
43. İnternet: Ultrasonic Ranging Module HC-SR04. ElecFreaks. URL: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>, Son Erişim Tarihi: 18.10.2019
44. İnternet: Benchoff, B., Benchoff, B., AussieLauren, Weston, L., SavannahLion, D'Alia, M. and Hu C. Introducing The Raspberry Pi 3. URL: <https://hackaday.com/2016/02/28/introducing-the-raspberry-pi-3/>, Son Erişim Tarihi: 18.10.2019
45. İnternet: Interfacing an ultrasonic sensor with the RPZ. Packtpub. URL: [https://subscription.packtpub.com/book/hardware\\_and\\_creative/9781786463852/9/ch09lvl1sec100/interfacing-an-ultrasonic-sensor-with-the-rpz](https://subscription.packtpub.com/book/hardware_and_creative/9781786463852/9/ch09lvl1sec100/interfacing-an-ultrasonic-sensor-with-the-rpz), Son Erişim Tarihi: 20.10.2019

## **EKLER**

## EK-1. Simonk ESC teknik bilgileri.

Çizelge EK-1.1 SimonK ESC teknik veri tablosu [42]

Item	Continuous Current	Burst current	Li-xx Battery (cell)	Dimension L*W*H(mm)	Weight (g) wires Included	BEC Mode	BEC Output	Programmable
Simon-6A	6A	8A	2	22*17*7	5	Linear	0.8A/5V	YES
Simon-12A	12A	15A	2-3	25*20*7	9	Linear	1A/5V	YES
Simon-20A	20A	25A	2-3	52*26*7	28	Linear	2A/5V	YES
Simon-25A	25A	30A	2-3	52*26*7	28	Linear	2A/5V	YES
Simon-30A	30A	40A	2-3	52*26*7	28	Linear	2A/5V	YES
Simon-30A-OPTO	30A	35A	2-6	57*26*9	25	----	----	YES
Simon-40A-UBEC	40A	50A	2-6	73*28*12	41	Switch	3A/5V	YES
Simon-60A-UBEC	60A	80A	2-6	73*36 12	63	Switch	5A/5V	YES
Simon-80A-UBEC	80A	100A	2-6	86*38*12	81	Switch	5A/5V	YES



Resim EK-1.1. SimonK ESC görüntüsü

## EK-2. Pixhawk Uçuş Denetleyicisi teknik bilgileri.



Şekil EK-2.1 PixHawk uçuş denetleyicisi ve gerekli giriş portları [38]

Çizelge EK-2.1. PixHawk uçuş denetleyicisi port açıklamaları

1	Spektrum DSM Alıcısı
2	Telemetry 1
3	Telemetry 2
4	USB
5	Seri Çevre Arayüzü
6	Güç nodülü
7	Güvenlik butonu
8	Zil
9	Seri bağlantı
10	GPS modülü
11	Denetleyici alan bağlantısı
12	I2C veya harici pusula
13	Analog – Digital dönüştürücü 6.6V
14	Analog – Digital dönüştürücü 3.3V
15	LED gösterge

EK-2(devam). Pixhawk Uçuş Denetleyicisi teknik bilgileri.

Çizelge EK-2.2. Pixhawk Uçuş denetleyicisi özellikleri [38]

İşlemci	32-bit ARM Cortex M4 (FPU)
Ram	168 MHz / 256 KB
Tedbir İşlemcisi	Var / 32bit
Sensörler	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MPU6000 jiroskop</li> <li>- ST Micro 16-bit jiroskop</li> <li>- ST Micro 14 – bit pusula</li> <li>- MEAS barometre</li> </ul>
Ağırlık	38gr
Genişlik	50mm
Yükseklik	15.5mm
Uzunluk	81.5 mm

### EK-3. HC-SR04. teknik verileri



Resim EK-3.1. HC-SR04 ultrasonik algılayıcı

Çizelge EK-3.1. HC-SR04 teknik verileri [43]

Çalışma Voltajı	DA 5V
Çalışma Akımı	15mA
Çalışma Frekansı	40Hz
Maksimum Uzaklık	4 m
Minimum Uzaklık	4 cm
Okuma Açısı	15 derece
Ölçüler	40*20*15mm

## EK-4. Raspberry Pi teknik özellikleri



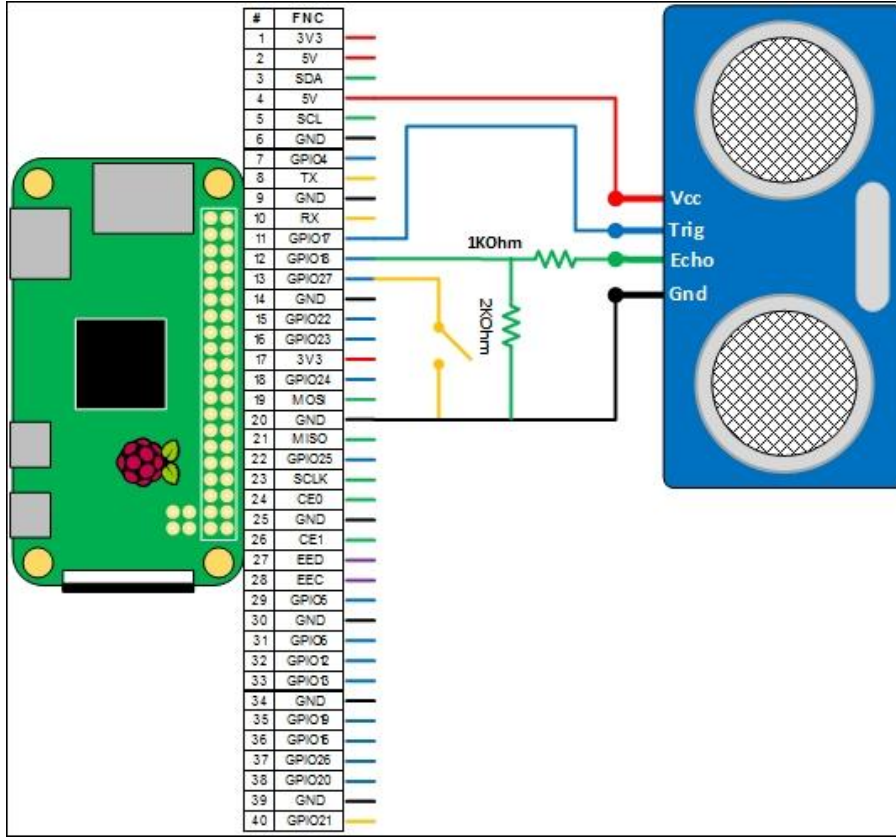
Resim EK-4.1. Raspberry Pi 3 Model B+ görüntüsü

Çizelge EK-4.1 Raspberry Pi 3 Mode B+ Teknik Özellikleri [44]

Üretim Tarihi	29/02/2016
Çipset	BCM2837
İşlemci	Quad Cortex A53 @ 1.2GHz
Komut Seti	ARMv8-A
Grafik Birimi	400MHz VideoCore IV
Ram	1GB SDRAM
Kablosuz	802.11n / Bluetooth 4.2
Video Çıkışı	HDMI / Kompozit
GPIO	40
Depolama	Micro-SD



EK-5. Mikrodenetleyici – HC-SR04 bağlantı şeması



Şekil EK-5.1 HC-SR04 ultrasonik algılayıcı Raspberry Pi bağlantı şeması [45]

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÖKÇE, Şehmus  
 Uyruğu : TC  
 Doğum tarihi ve yeri : 31.01.1991, Mardin  
 Medeni hali : Bekar  
 Telefon : 0 (546) 282 33 33  
 e-mail : sehmusgokce@gmail.com



### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Bilgisayar Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Çankaya Üniversitesi / Bilgisayar Mühendisliği	2014
Lise	Midyat Anadolu Lisesi	2009

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2014-Halen	İnnova Bilişim Çözümleri	Mühendis

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

Gökçe Ş, Çetin A.(2019). Dron’larda Otomatik Rota Tayini Ve Takibi. (2019). *International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies (Engineering and Natural Sciences)*, 4(1), 41–43

### Hobiler

Fitness, Arabalar, Drone, Programlama, Mobil Cihazlar

*GAZİ GELECEKTİR..*

