

**GECE GÖRÜŞ ÖZELLİKLİ İHA KULLANILARAK
TARIM ALANLARININ YABANI HAYVAN
ZARARLARINA KARŞI KORUNMASI**

**2019
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

Murat GÜNEŞ

**GECE GÖRÜŞ ÖZELLİKLİ İHA KULLANILARAK TARIM
ALANLARININ YABANİ HAYVAN ZARARLARINA KARŞI KORUNMASI**

Murat GÜNEŞ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

KARABÜK

Temmuz 2019

Murat GÜNEŞ tarafından hazırlanan “GECE GÖRÜŞ ÖZELLİKLİ İHA KULLANILARAK TARIM ALANLARININ YABANI HAYVAN ZARARLARINA KARŞI KORUNMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Refik POLAT

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 01/07/2019

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Fuat KARTAL (KÜ)

Üye : Prof. Dr. Refik POLAT (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Emrah ERDOĞDU (KBÜ)

...../...../2019

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Murat GÜNEŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GECE GÖRÜŞ ÖZELLİKLİ İHA KULLANILARAK TARIM ALANLARININ YABANI HAYVAN ZARARLARINA KARŞI KORUNMASI

Murat GÜNEŞ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Refik POLAT

Temmuz 2019, 104 sayfa

Gelişen teknolojik imkânlar insanoğlunun hayatını her aşamada kolaylaştırmaktadır. Özellikle arama-kurtarma, keşif gibi birçok alanda kullanılan İnsansız hava araçları gün geçtikçe hayatımıza biraz daha girmektedir. Bu araçların üzerine ilave edilen ekipmanlar sayesinde, istenilen işlemler hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleştirilmektedir. İHA'ların ilk çıkış noktası askeri kayıpların en aza indirilmesi ve düşman hatlarının gözetlenmesi olsa da zamanla bu teknoloji insanlığın diğer ihtiyaçlarına da hitap etmeye başlamıştır. Artık, arazilerde topografik ölçümler, koordinatlı ortofotolar, sel ve taşkın zararları ile tarım alanlarında verim ölçümü gibi birçok işlem bu araçlar ve onların üzerine yerleştirilen ileri teknolojiye sahip ekipmanlar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bu noktada, yoğun uğraşlarla ekim, dikim, gübreleme ve sulama yapılan arazilerin yabancı hayvan ya da art niyetli kişilerin saldırılarından korunması dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli konudur.

Bu tip olumsuzluklara çözüm bulmak adına bu çalışmada tarım arazilerini yabani hayvanlar ve zarar verebilecek kişilerden korumak için gece görüş sistemiyle donatılmış bir İHA tasarımı amaçlanmıştır. Bu çalışmada bir eylem kamerası özel işlemlere tabi tutulmuş ve multispektral dalga boylarındaki ışınları algılayabilecek hale getirilmiştir. Dönüştürülen kamera IR (Infra-red) aydınlatma devreleriyle desteklendikten sonra elde edilen gecegörüş sistemi ile 90x120cm ölçülerinde üzerinde “H” harfi olan bir hedefin hem karadan hemde bir İHA üzerine yerleştirilerek havadan 4’er metre mesafelerde görüntüleri alınmıştır. Alınan görüntüler özel yazılımlar aracılığıyla histogram analizlerine tabi tutulmuş ve elde edilen veriler ışığında ilk 4 metreden alınan görüntü %100 netlik olarak referanslanmış olup sonraki görüntü verileri orantılanmak suretiyle kameranın görüntüleme menzilinin 24 metre olduğu saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler : İnsansız hava aracı, gece görüş, tarım, güvenlik, çoklutaıf.

Bilim Kodu : 914.5.034

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

PROTECTION AGAINST WILDLIFE ANIMAL DAMAGES OF AGRICULTURAL FIELDS BY USING NIGHT VISIBLE FEATURES

Murat GÜNEŞ

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Refik POLAT

June 2019, 104 pages

Advancing technological opportunities has made the life of human being easier at each phase. Unmanned aerial vehicles (UAV) used in several areas such as search-rescue and exploration are taking part more in our lives day by day. Required operations are carried out fast and efficiently through the equipment added on these vehicles. While the purpose of commencement of UAV's usage is in order to minimize military loses and spy enemy borders, this technology has begun to meet the further needs of humanity. Now, various field activities like topographic measurements, orto-photos with spatial geo-referenced, flood and overflow damages measurements and yield measurement in agricultural fields are conducting through these vehicles and high-tech items attached on them. In this regard, against damages of wild animals or people with bad intention, being aware of the protection of the land where is sowed, planted, fertilized and irrigated with intensive endeavour is another crucial issue.

In addition to activity fields listed above, it is crucial to be aware of the protection of the land against animal damage at agricultural sectors that UAVs are being used widely. To find solution to these types of negativities, this study aims to design an UAV equipped with night vision system to protect agricultural lands against wild animals and people to be able to damage. In this study, an action camera has been subjected to special processes and is able to detect the multi-spectral wavelengths rays. Following the conversion of camera supported by the IR (Infra-Red) lighting circuits, images of a target written "H" in dimension of 90x120cm have been taken from ground using the night vision system. Also, aerial photos of the target have been taken in distance of 4 meters above the ground using a UAV with this night system attached. The photos taken had been subjected to histogram analysis through particular software. In the light of the data obtained, the photos taken from 4 meters above the ground had 100% image definition as reference. Then, the display range of camera has been defined as 24 meters by proportional to the next image data.

Key Word : Unmanned aerial vehicle, night-vision, agriculture, security, multispectral.

Science Code : 914.5.034

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlama, araştırma, ilerletilme ve tamamlanmasında ilgisini ve desteğini asla esirgemeyen, geniş vizyonu ve tecrübelerinden yararlandığım, kendisinin yönlendirmeleri ışığında çalışmamın bilimsel temellere oturtulmasını sağlayan sayın hocam Prof. Dr. Refik POLAT'a sonsuz teşekkürlerimi ve minnettarlığımı sunarım.

Gece görüş sisteminin konumlandırılacağı İHA'nın tasarlanması ve arge çalışmalarım için her türlü teknik imkanı sağlayan Prof. Dr. Raif BAYIR'a teşekkür ederim.

Ar-Ge ve görüntüleme test aşamalarında benimle birlikte emek veren Mekatronik Mühendisliği Bölümü öğrencileri Ertuğrul KAVAKLI ve Furkan YALÇINKAYA kardeşlerime teşekkür ederim.

Araştırmalarım sırasında yardım ve destekleri için Emekli Hava Astsubay Mehmet PEKEL'e, Çevre Yüksek Mühendisi Emre ÖZLER'e ve Esra TANRIVERDİ'ye teşekkür ederim.

Yaşamımın her aşamasında olduğu gibi akademik çalışmalarım da yanımda olan ve desteklerini asla esirgemeyen sevgili aileme tüm kalbimle teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	2
İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI	2
2.1. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ	3
2.1.1. Bréguet -Richet Gyroplane No.1, (1907)	4
2.1.2. Étienne Edmond Oehmichen No.2 (1920)	5
2.1.3. Bothezat Helicopter (1922)	5
2.1.4. Convertawings Model A Quadrotor (1956)	6
2.1.5. Curtiss-Wright VZ-7 (1958)	7
2.1.6. Günümüz İnsansız Hava Araçları	7
BÖLÜM 3	12
MULTİKOPTERLERİN UNSURLARI	12
3.1. TEMEL UNSURLAR	12
3.1.1. Gövde	12
3.1.2. Uçuş Kontrolcüsü	12
3.1.3. Motor ve Pervaneler	13

Sayfa

3.1.4 Elektronik Hız Kontrol Sistemi (ESC)	15
3.1.5. Pil ve Pil Şarj Cihazı.....	16
3.1.6. Radyo Kontrol Kumanda ve Kumanda Alıcısı.....	18
3.2. YARDIMCI UNSURLAR	19
3.2.1. Telemetri Sistemi.....	19
3.2.2. OSD (On-Screen Display)	20
3.2.3. FPV (First Person View)	20
3.2.4. Gimbal	21
BÖLÜM 4	22
MULTİKOPTER'İN DİNAMİĞİ.....	22
4.1. MULTİKOPTERİN UÇUŞ PRENSİPLERİ	22
4.2. MULTİKOPTER KUVVET DENKLEMLERİ	24
4.2.1. Quadcopter'in Ağırlığı	24
4.2.2. İtme Kuvvetleri.....	24
4.2.3. Direnç Kuvveti	25
4.3. QUADCOPTER'İN KALKIŞ ANINDAKİ KUVVET ANALİZİ	25
4.4. QUADCOPTER'İN SEYİR HALİNDEKİ KUVVET ANALİZİ	27
BÖLÜM 5	30
OPTİK SPEKTRUM.....	30
5.1. ELEKTROMANYETİK ENERJİ	31
5.2. TERMAL, KIZILÖTESİ VE YAKIN KIZILÖTESİ GÖRÜNTÜLEME SİSTEMLERİ.....	34
5.3. HİSTOGRAM	36
BÖLÜM 6	38
İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI VE OPTİK SİSTEMLERİN TARIMDA KULLANIMI	38
6.1. TARIM ALANLARINDA İLAÇLAMA FAALİYETLERİ	39
6.2. TARIM ALANLARINDA ÜRÜN YÖNETİMİ	41
6.3. YABANİ HAYVANLARA KARŞI TARIM ALANLARININ VE KÜMES HAYVANLARININ KORUNMASI.....	46

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 7	50
MATERYAL ve YÖNTEM.....	50
7.1. MATERYAL.....	51
7.1.1. Kamera.....	51
7.1.2. Kızılötesi (IR) Işık Kaynağı	52
7.1.3. İnsansız Hava Aracı.....	53
7.1.4. Yazılımlar	54
7.1.4.1. Hawkeye Firefly.....	54
7.1.4.2. GPS Map Camera	54
7.1.4.3. Ardupilot Mission Planner.....	56
7.1.4.4. ImajeJ Görüntü Analiz Yazılımı.....	58
7.2. YÖNTEM.....	59
7.2.1. CMOS Kameraya Çoklutyf Özelliğinin Kazandırılması	59
7.2.2. Kızılötesi (IR) Devrenin ve Güç Kaynağının Tasarımı.....	61
7.2.3. Taşıyıcı İnsansız Hava Aracının Tasarımı.....	62
BÖLÜM 8	65
UYGULAMA	65
8.1. KARASAL HEDEF GÖRÜNTÜLEME DENEYLERİ	66
8.1.1. Birinci Karasal Görüntüleme Deneyi (4 metre)	67
8.1.2. İkinci Karasal Görüntüleme İşlemi (8 metre).....	69
8.1.3. Üçüncü Karasal Görüntüleme Deneyi (12 metre)	70
8.1.4. Dördüncü Karasal Görüntüleme Deneyi (16 metre).....	71
8.1.5. Beşinci Karasal Görüntüleme Deneyi (20 metre).....	73
8.1.6. Altıncı Karasal Görüntüleme Deneyi (24 metre).....	74
8.2. HAVADAN GÖRÜNTÜLEME DENEYLERİ.....	75
8.2.1. Birinci Havadan Görüntüleme Deneyi (4 metre)	76
8.2.2. Havadan Görüntüleme Deneyi (8 metre).....	77
8.2.3. Üçüncü Havadan Görüntüleme Deneyi (12 metre)	79
8.2.4. Dördüncü Havadan Görüntüleme Deneyi (16 metre).....	80
8.2.5. Beşinci Havadan Görüntüleme Deneyi (20 metre).....	81
8.2.6. Altıncı Havadan Görüntüleme Deneyi (24 metre)	83

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 9	85
BULGULAR VE TARTIŞMA	85
9.1 GÖRÜNTÜ ANALİZ VERİLERİNİN YORUMLANMASI	85
9.1.1. Karasal Görüntü Analiz Sonuçlarının Yorumlanması	85
9.1.2. Havadan Çekilen Görüntülerin Analiz Sonuçlarının Yorumlanması	88
 BÖLÜM 10	 93
SONUÇ	93
 BÖLÜM 11	 96
ÖNERİ	96
 KAYNAKLAR	 99
 ÖZGEÇMİŞ	 104

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Hawk F700 Multikopter.....	3
Şekil 2.2. Breguet-Richet Gyroplane No.1, 1907.	4
Şekil 2.3. Oehmichen No.2.	5
Şekil 2.4. Bothezat Helicopter.....	6
Şekil 2.5. Convertawings Model A Quadrotor.....	7
Şekil 2.6. Curtiss-Wright VZ-7	7
Şekil 2.7. Firebee 1241.....	8
Şekil 2.8. ANKA Taktik İHA (Türkiye Cumhuriyeti)	10
Şekil 2.9. Bayraktar Taktik İHA (Türkiye Cumhuriyeti).....	10
Şekil 2.10. Vestel Karayel Taktik İHA(Türkiye Cumhuriyeti).....	10
Şekil 2.11. TUSAŞ Şimşek Eğitim İHA(Türkiye Cumhuriyeti).....	11
Şekil 2.12. Togan,Alpagu ve Kargu Kamikaze İHA'lar (Türkiye Cumhuriyeti).	11
Şekil 3.1. Multikopter gövde örneği (S500).....	12
Şekil 3.2. Arduino Uçuş Kontrolcüsü.	13
Şekil 3.3. Fırçasız DC Motor ve Karbonfiber Pervane	14
Şekil 3.4. Pervane çeşitleri.	14
Şekil 3.5. ESC örneği.	15
Şekil 3.6. Li-Po pil.	17
Şekil 3.7. Li-Po pil şarj sistemi.	17
Şekil 3.8. Kumanda, alıcı ve uçuş kontrolcü ilişkisi.	18
Şekil 3.9. Radyo kontrollü kumanda ve alıcısı.....	19
Şekil 3.10. Telemetri ve çalışma sistemi.....	19
Şekil 3.11. Bindirmeli telemetri verisi.	20
Şekil 3.12. Mini OSD devresi.	20
Şekil 3.13. FPV sistemi.	21
Şekil 3.14. Gimbal sistemi ve kamera.....	21
Şekil 4.1. Quadcopter hareket yönleri.	23
Şekil 4.2. Detaylı quadcopter hareket yönleri.	23

Sayfa

Şekil 4.3.	Kalkış sırasında quadcopter'in serbest cisim diyagramı	25
Şekil 4.4.	Sabit α açısıyla seyir sırasındaki quadcopterin serbest cisim diyagramı	27
Şekil 5.1.	Isaac Newton ve spektrum prizması.	30
Şekil 5.2.	William Herschel'in kızılötesi enerji çalışması.	31
Şekil 5.3.	Elektromanyetik spekturum.	32
Şekil 5.4.	Optik Spektrum ve Genel Spektrum İlişkisi.	32
Şekil 5.5.	İnsan gözü, CCD ve CMOS sensörlerin spektral alandaki verimlilik grafiği	33
Şekil 5.6.	İnsan gözünün farklı ışık ortamlarına verdiği tepkiler.	33
Şekil 5.7.	Termal kamera ile görüntülenen kurt.....	35
Şekil 5.8.	Yakın Kızılötesi görüntü (Sol) - Gerçek RGB görüntü (Sağ).....	35
Şekil 5.9.	Orta Kızılötesi (Sol) - Uzak Kızılötesi (Sağ)	35
Şekil 5.10.	IR Işık kaynaklı görüntülemenin temel çalışma prensibi.....	36
Şekil 5.11.	Görüntü ve görüntüye ait gri histogram grafiği.	37
Şekil 6.1.	Hassas tarım uygulamaları.	38
Şekil 6.2.	Uçakla ilaçlama.	39
Şekil 6.3.	Karadan pülverizatör ile ilaçlama.	39
Şekil 6.4.	AGRAS MG-1 ilaçlama işlemi	41
Şekil 6.5.	Drone ilaçlama hareket rotası.	41
Şekil 6.6.	RedEdge-M RGB Kamera	42
Şekil 6.7.	Parrot sequoia NDVI kamera.	42
Şekil 6.8.	Multikopter İHA.	42
Şekil 6.9.	Sabitkanat İHA.....	43
Şekil 6.10.	Gerçek görüntü (RGB).....	44
Şekil 6.11.	Kızılötesi bant görüntü.....	44
Şekil 6.12.	Klorofil haritası.	45
Şekil 6.13.	NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) görüntü	46
Şekil 6.14.	Mısır tarlasındaki yaban domuzu hasarı.	47
Şekil 6.15.	Gece görüntülenen yaban domuzları.....	48
Şekil 6.16.	Arazide gece görüş kamerasına yakalanan sansar.	48
Şekil 6.17.	Sansar saldırısına uğramış bir kümes hayvanı.	49
Şekil 6.18.	Saldırı anında gece görüş kamerasına yakalanan tilki.	49
Şekil 7.1.	CMOS dijital kamera.	51
Şekil 7.2.	Kızılötesi LED aydınlatma devresi.	52

Sayfa

Şekil 7.3. Gecegörüş Sistemini Taşıyan Quadkopter.....	53
Şekil 7.4. Hawkeye FireFly kamera wifi kontrol uygulaması.....	54
Şekil 7.5. GPS Map Camera Android uygulaması.....	54
Şekil 7.6. Saha uydu konumu (Googlemaps).....	55
Şekil 7.7. Saha meteoroloji bilgileri.....	55
Şekil 7.8. Saha koordinatları ve görüntü öznelikleri.....	56
Şekil 7.9. Ardupilot Mission Planner (İlk deneme anlık cihaz konumu).....	56
Şekil 7.10. Ardupilot Mission Planner (Örnek görev konum tanımlama).	57
Şekil 7.11. Ardupilot Mission Planner (Örnek anlık cihaz yükseklik göstergeleri)..	57
Şekil 7.12. Ardupilot Mission Planner (Uçuş Kontrolcüsü kurulum paneli).....	58
Şekil 7.13. ImageJ Görüntü Histogram Analizi.....	58
Şekil 7.14. Dijital Kameraların içyapısı.....	60
Şekil 7.15. Kamera dönüşüm işlemi.....	60
Şekil 7.16. IR Led ve Güç Besleme Ünitesi.....	62
Şekil 7.17. Gecegörüş özellikli Multispektral Kamera Prototipi.....	62
Şekil 7.18. Gecegörüş sistemli İHA.....	63
Şekil 7.19. Gecegörüş sistemli İHA (Alt).....	64
Şekil 8.1. Deney sahası koordinat ve meteoroloji bilgileri.....	65
Şekil 8.2. Deney sahası uydu görüntüsü.....	66
Şekil 8.3. Açık alanda karasal çekim metodu.....	67
Şekil 8.4. Dört metreden alınan görüntü.....	67
Şekil 8.5. Hedef görüntü.....	67
Şekil 8.6. Dört metre mesafedeki hedef görüntüye ait histogram grafiği.....	68
Şekil 8.7. Sekiz metreden alınan görüntü.....	69
Şekil 8.8. Hedef görüntü.....	69
Şekil 8.9. Sekiz metre mesafedeki hedef görüntüye ait histogram grafiği.....	69
Şekil 8.10. On iki metreden alınan görüntü.....	70
Şekil 8.11. Hedef görüntü.....	70
Şekil 8.12. On iki metre mesafedeki hedef görüntüye ait histogram grafiği.....	71
Şekil 8.13. On altı metreden alınan görüntü.....	71
Şekil 8.14. Hedef görüntü.....	72
Şekil 8.15. On altı metre mesafedeki hedef görüntüye ait histogram grafiği.....	72
Şekil 8.16. Yirmi metreden alınan görüntü.....	73

Sayfa

Şekil 8.17. Hedef görüntü	73
Şekil 8.18. Yirmi metre mesafedeki hedef görüntüye ait histogram grafiği.	73
Şekil 8.19. Yirmi dört metreden alınan görüntü.....	74
Şekil 8.20. Hedef görüntü.	74
Şekil 8.21. Yirmi dört metre mesafedeki hedef görüntüye ait histogram grafiği.....	75
Şekil 8.22. Açık alanda havadan çekim metodu.	76
Şekil 8.23. Dört metre irtifadan alınan görüntü.	76
Şekil 8.24. Hedef görüntü.	76
Şekil 8.25. Dört metre irtifadaki hedef görüntüye ait histogram grafiği.	77
Şekil 8.26. Sekiz metre irtifadan alınan görüntü.	77
Şekil 8.27. Hedef görüntü	78
Şekil 8.28. Sekiz metre irtifadaki hedef görüntüye ait histogram grafiği.	78
Şekil 8.29. On iki metre irtifadan alınan görüntü.....	79
Şekil 8.30. Hedef görüntü.	79
Şekil 8.31. On iki metre irtifadaki hedef görüntüye ait histogram grafiği	79
Şekil 8.32. On altı metre irtifadan alınan görüntü.	80
Şekil 8.33. Hedef görüntü.	80
Şekil 8.34. On altı metre irtifadaki hedef görüntüye ait histogram grafiği.	81
Şekil 8.35. Yirmi metre irtifadan alınan görüntü.	81
Şekil 8.36. Hedef görüntü.	82
Şekil 8.37. Yirmi metre irtifadaki hedef görüntüye ait histogram grafiği.....	82
Şekil 8.38. Yirmi dört metre irtifadan alınan görüntü.	83
Şekil 8.39. Hedef görüntü.	83
Şekil 8.40. Yirmi dört metre irtifadaki hedef görüntüye ait histogram grafiği.	83
Şekil 9.1. Hedefin mesafeye göre görüntülenebilme durumu.	85
Şekil 9.2. Görüş Netliği ve Standart Sapma İlişkisi.	86
Şekil 9.3. HistogramGri max.'in Görüş Netliğine Etkisi	88
Şekil 9.4. Standart Sapma ve Işık Düzeyinin Görüş Netliğine Etkisi.	88
Şekil 9.5. Hedefin irtifaya göre görüntülenebilme durumu.	89
Şekil 9.6. Görüş Netliği ve Standart Sapma İlişkisi.	90
Şekil 9.7. HistogramGri max.'in Görüş netliğine Etkisi.	91
Şekil 9.8. Standart Sapma ve Işık Düzeyinin Görüş Netliğine Etkisi.	92

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 7.1.	Kamera teknik özellikleri	51
Çizelge 7.2.	IR Devre Teknik özellikleri.....	52
Çizelge 7.3.	Taşıyıcı Quadkopterin teknik özellikleri.....	53
Çizelge 8.1.	Dört metre menzildeki hedefin görüntü analiz tablosu.	68
Çizelge 8.2.	Sekiz metre menzildeki hedefin görüntü analiz tablosu.....	70
Çizelge 8.3.	On iki metre menzildeki hedefin görüntü analiz tablosu.	71
Çizelge 8.4.	On altı metre menzildeki hedefin görüntü analiz tablosu.	72
Çizelge 8.5.	Yirmi metre menzildeki hedefin görüntü analiz tablosu.....	74
Çizelge 8.6.	Yirmi iki metre menzildeki hedefin görüntü analiz tablosu.....	75
Çizelge 8.7.	Dört metre irtifadaki hedefin görüntü analiz tablosu.	77
Çizelge 8.8.	Sekiz metre irtifadaki hedefin görüntü analiz tablosu.....	78
Çizelge 8.9.	On iki metre irtifadaki hedefin görüntü analiz tablosu	80
Çizelge 8.10.	16 metre irtifadaki hedefin görüntü analiz tablosu.....	81
Çizelge 8.11.	Yirmi metre irtifadaki hedefin görüntü analiz tablosu.	82
Çizelge 8.12.	Yirmi dört metre irtifadaki hedefin görüntü analiz tablosu.....	84
Çizelge 9.1.	Karasal çekimlere ait piksel bazlı toplu histogram sonuçları.....	86
Çizelge 9.2.	Standart sapmaya dayalı Menzil-Görüş Netliği ilişkisi.....	86
Çizelge 9.3.	Karasal çekimlere ait ışık düzeyi bazlı toplu histogram sonuçları....	87
Çizelge 9.4.	Işık düzeyine göre Gri max.-Görüş netliği ilişkisi.	87
Çizelge 9.5.	Havadan çekimlere ait piksel bazlı toplu histogram sonuçları.....	89
Çizelge 9.6.	Standart sapmaya dayalı İrtifa-Görüş Netliği ilişkisi.	89
Çizelge 9.7.	Hava çekimlerine ait ışık düzeyi bazlı toplu histogram sonuçları.	90
Çizelge 9.8.	Işık düzeyine göre Gri max.-Görüş netliği ilişkisi.	91

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

x, y, z	: koordinat eksenleri
F	: kuvvet
$F_{M.}$	: n'inci motorun itme kuvveti
F_{itme}	: toplam itme kuvveti
$F_{itme,\delta}$	: kalkış esnasındaki itme kuvveti
g	: yer çekimi ivmesi
F_g	: yer çekimi kuvveti
X'	: quadcopter'in +x yönündeki ivmesi
Y'	: quadcopter'in +y yönündeki ivmesi
Z'	: quadcopter'in +z yönündeki ivmesi
C	: sabit
F_d	: direnç kuvveti
P	: havanın yoğunluğu
V	: quadcopter'in hızı
C_D	: hava direnç katsayısı
S_w	: quadcopter'in seyir yönüne dik alanı
α	: quadcopter'in yerle yaptığı açı
Li-on	: lityum iyon
Li-po	: lityum polimer
V	: volt
mAh	: miliampersaat
°C	: santigrat derece
°K	: kelvin derece
μm	: mikrometre
nm	: nanometre
KV	: kilovolt

KISALTMALAR

UAV	: Unmanned Air Vehicle (İnsansız Hava Aracı)
İHA	: İnsansız Hava Aracı
IR	: Infra-red (Kızılötesi)
FAI	: International Aviation Federation (Uluslararası Havacılık Federasyonu)
GPS	: Geographic Position System (Coğrafi Konum Sistemi)
GNSS	: Global Navigation Satellite System (Küresel Seyrüsefer Uydu Sistemi)
ESC	: Electronic Speed Control (Elektronik Hız Kontrolü)
OSD	: On-Screen Display (Ekran Üstü Görüntüleme)
FPV	: First Person View (Birinci Kişinin Görüşünden)
CMOS	: Complementary Metal Oxide Semiconductor (Tamamlayıcı Metal-Oksit Yarı İletkeni)
CCD	: Charge Coupled Device (Yük Bağlımlı Devre)
RGB	: Red-Green-Blue (Kırmızı-Yeşil-Mavi)
LED	: Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
2D	: İki Boyut
3D	: Üç Boyut
COUNT	: Toplam Piksel Sayısı
MEAN	: Ortalama Piksel Sayısı
STD DEV	: Standart Sapma
GRI MIN.	: Histogramdaki En Karanlık Değer
GRI MAX.	: Histogramdaki En Aydınlık Değer
MODE	: Histogramdaki En Aydınlık Değerin Piksel Sayısı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Tarım alanlarında çiftçilerin yıl içerisinde yaşamış oldukları ürün zararları sadece don, sel yada kuraklık gibi meteorolojik etmenler ya da salgın hastalık kaynaklı olmamaktadır. Mısır, kavun, karpuz, domates, üzüm ve benzeri bitkisel üretim yapılan işletmelerde tarlalara ve bağlara saldıran yabandomuzları sebebiyle de ekim alanlarının büyüklüklerine göre yüksek maliyetli hasar meydana gelmektedir. Hayvansal üretim yapan işletmelere baktığımızda bu işletmelerde de zaman zaman kurt, çakal, sansar ve tilki gibi yabani hayvanların saldırıları sebebiyle canlı kayıpları yaşanmaktadır. Bitkisel ve/veya Hayvansal üretim yapan tarım işletmelerinde hasat sonrasında ve kurban bayramı dönemlerinde yaşanan hırsızlık ve kundaklama olayları sebebiyle de çiftçiler zarara uğramaktadır.

Gerek yabani hayvanların gerekse art niyetli kişilerin tarım işletmelerinde meydana getirdiği hasarlar incelendiğinde bu tip hasarların gece geç saatlerde meydana geldiği ortaya çıkmaktadır. Söz konusu tarım işletmelerinin bu tip zararlardan korunabilmesi için koruma görevlilerine ve/veya güvenlik kameralarına ihtiyaç vardır. Ancak söz konusu tarım işletmelerinin büyüklüğü yerleşim alanlarına olan uzaklığı ve hava koşullarında meydana olumsuzluklar göz önünde bulundurulduğunda istihdam edilmesi gereken personel ve kurulması gereken kamera sistemlerinin görüntüleme hassasiyeti ile kamera sayısının artırılmasının işletmelere getireceği yük kaçınılmaz olacaktır. Bu sebeple işletme maliyetlerinde meydana gelecek olan artışın önüne geçmek adına ileri teknolojik sistemlerden yararlanmak akıllıca bir çözüm olacaktır.

Bu çalışmada her ne kadar ilk çıkış noktaları askeri güvenlik ve istihbarat faaliyetleri olsalar da karanlık alanları görüntülemeye imkan tanıyan gece görüş sistemleri ve havada otonom yada pilot destekli uçuş yapabilme kabiliyetine sahip İnsansız Hava Araçları teknolojilerinden yararlanarak tarım alanlarında meydana gelen hasarların

önüne geçmeyi amaçlayan Gece görüş özellikli bir İnsansız Hava Aracı Tasarımının yapılması amaçlanmıştır.

Hazırlanan bu çalışma, genel itibariyle literatür taraması, sistem tasarımı ve deneysel çalışmalar olmak üzere 3 ana kısımdan oluşmaktadır. Literatür kısmı altı, sistem tasarımı iki ve deneysel çalışmalar bir konu başlığı altında oluşturulmaya çalışılmıştır. Bunlardan birinci bölüm “Giriş” olup burada çalışmanın kısa özeti verilmiştir. İkinci bölümde, İnsansız Hava Araçları ve İHA’ların Tarihsel Gelişimine yönelik literatürden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde İnsansız Hava Araçları kapsamına giren multikopterlerin temel ve yan unsurlarından bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde, multikopterlerin dinamiği ve quadkopterlerin kuvvet analizlerinden bahsedilmiştir. Beşinci bölümde, Optik Spektrum kapsamında elektromanyetik enerji ve görüntüleme sistemlerinden bahsedilmiştir. Literatür taramasının yapıldığı son bölüm olan altıncı bölümde İnsansız Hava Araçları ile Optik Görüntüleme Sistemlerinin tarımda kullanımından bahsedilmiştir.

Yedinci bölümde çalışmanın konusu olan sistemin tasarımında kullanılan materyallerden ve sistemin tasarım yönteminden bahsedilmiştir. Sekizinci bölümde tasarımın saha uygulamalarından ve elde edilen görüntülerin analizinden detaylı olarak bahsedilmiştir. Dokuzuncu bölümde Bulgular ve tartışma başlığı altında görüntü analizlerinin yorumlanmasından bahsedilmiştir.

Deneysel çalışmaların nihai sonuçları ve önerilerin anlatıldığı onuncu ve son bölümde, deneysel çalışmalar sonucu elde edilen bulgular, deneysel çalışmanın amacına uygun bir biçimde yorumlanmış ve tasarımı yapılan gece görüş sisteminin geliştirilmesine yönelik önerilerden bahsedilerek sonuçlandırılmıştır.

BÖLÜM 2

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI

Genel çatısı İHA olan drone, multikopter ve multirotor kavramları üzerinde yapılan türkçe karşılık çalışmaları devam etmektedir. Literatürde yer alan bazı İHA tanımlarına bakıldığında; İHA'lar en temel şekilde tanımlanacak olursa içinde insanın bulunmadığı, uzaktan kumanda sistemiyle yönlendirilebilen ya da otonom olarak kendi kendini yönlendirebilen veya her ikisini de bir arada yapabilen, faydalı yükleri ana gövdesine takılıp sökülebilen ve verilen görev sonunda geri dönüp iniş yapabilen araçlardır [1].

İHA, yerine getireceği göreve bağlı olarak otonom, yarı otonom ve bu ikisinin birleşimiyle uzaktan kontrolü sağlanan çeşitli ekipmanlar yüklenmek suretiyle atmosferde veya dışında belirli bir süre aralığında özel görevleri yerine getiren, insansız, tekrar kullanılabilir motorize hava aracı olarak tanımlanmıştır [2]. İHA, üzerinde insan bulunmadan uçabilen, sabit veya döner kanatlı hava aracıdır [3].

Döner kanatlı grubunda yer alan helikopterin kelime kökenine baktığımızda Fransızcada “Hélicoptère” Latince “Helicopterus/Helicopterum” olarak geçen ve dik iniş ve çıkış yapabildiği için dar yerlerde de kullanılabilen, tepeden pervaneli, uçan taşıt manasına gelmektedir [4].

Tüm tanımları ortak alanda buluşturan içinde bir insan olmayışı ve uzaktan ya da önceden tanımlanmış bir uçuş planı dahilinde (otonom) olarak kontrol edilebilen ihtiyaç halinde kullanım amacı doğrultusunda çeşitli techizatların üzerine eklenip çıkarılabildiği hava araçları olduğu sonucuna varılmaktadır.



Şekil 2.1. Hawk F700 multikopter.

Şekil 2.1 de İnsansız hava Araçları grubuna giren 4 motorlu bir multikopter örneği yer almaktadır.

2.1. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ

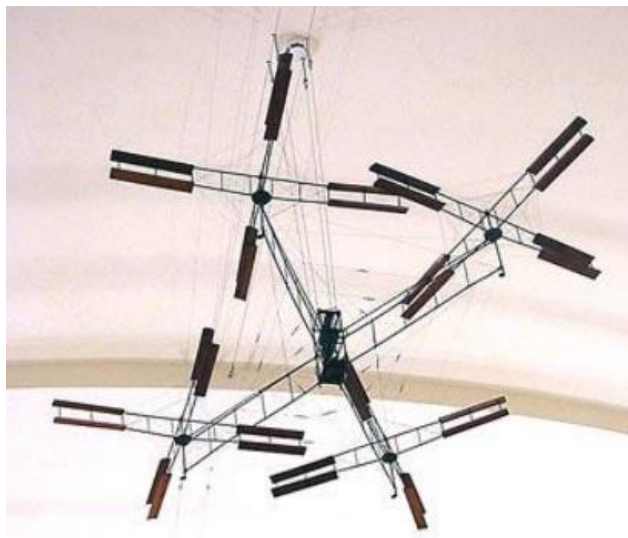
İHA'ların ve onun kapsamına giren multikopterlerin literatürdeki tanımlarını açıkladıktan sonra yüzyıllar öncesinde basit hava araçlarıyla başlayan ve gelişmiş insansız hava araçları halini alan bu araçların yakın tarihteki hikayesine göz atmak gerekir.

Uzaktan kumanda ile kontrol edilen hava araçlarının tarihsel geçmişi oldukça eskiye dayanmaktadır. 22 Ağustos 1849'da Avusturya Venedik Savaşı esnasında Avusturyalıların içinde zaman ayarlı fitilli bombalar bulunan 200 adet pilotsuz balonu Venedik (İtalya) şehrine göndermeleri, tarihteki ilk askeri hava saldırısı ve ilk İHA kullanımı olarak kabul görmektedir. Bu bomba yüklü balonların bir kısmı hedefler üzerinde patlarken, bir kısmının da rüzgâr etkisiyle geldikleri yöne dönüp Avusturya sathlarında patladığı da ifade edilmektedir. Diğer yandan, insansız balon teknolojisinin askeri maksatlı kullanımı Amerika'da 1793 yılına dayanmakta olup, bu balonlar Amerikadaki iç savaşta sadece keşif amaçlı olarak kullanılmışlardır [5].

1908 yılının Nisan ve Kasım ayları arasında içindeki askerlerin en az yarısı Alman olan 25'ten fazla havacı askeri taşıyan yaklaşık 10 Alman balonunun Fransa sınırını geçtiği ve Bu askeri sevkiyat niteliğindeki balonların Fransa'ya iniş yaptığı kayıtlara girmiştir. Yaşanılan bu olaylar neticesinde 1910 yılında Paris Konferansı gerçekleşmiş ve söz konusu konferans ile hava hukukunun uluslararası platforma taşınmasına dair ilk diplomatik çaba olarak tarihe geçmiştir [6].

2.1.1. Bréguet -Richet Gyroplane No.1, (1907)

20. yüzyılın başında Fransız bilim adamı ve akademisyen Charles Richet tarafından küçük ve pilotsuz bir helikopter icat edildi. İcadın başarısız olmasına rağmen, Charles Richet'in daha sonra havacılık sektörünün öncüsü olacak öğrencisi, Louis Br'eguet ve kardeşi Jacques Bréguet Profesör Richet'in önderliğinde helikopter deneylerine başladı. 1907 yılında, Bréguet Kardeşler ilk dört rotorlu insanlı helikopteri yaptılar ve buna Bréguet-Richet Gyroplane No. 1 adını verdiler. Bréguet kardeşler tarafından icad edilen ve bir ilk niteliği taşıyan quadrotor 300 kilogram yük kapasitesini geçmekle birlikte 4,5 metre kadar yükselerek 20-22 metre kadar uçmayı başarmıştır. Fakat havada stabil kalmayı başaramadığı için birçok insan tarafından yerden halatlar ile tutulması gerekmiştir [7]. Şekil 2.2'de Breguet-Richet Gyroplane no.1'in havadayken çekilmiş bir görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2. 2. Breguet-Richet Gyroplane no.1, 1907.

2.1.2. Étienne Edmond Oehmichen No.2 (1920)

1920’lerde Etienne Oehmichen rotorcraft olarak tabir edilen motorlu hava taşıtlarıyla denemeler yapmıştır. Deneme yaptığı altı araçtan bir tanesi dört motorlu sekiz pervaneli No.2’dir. Oehmichen No.2 dört kol ucundaki iki pervaneli motorla birlikte çelik şase kullanmıştır. Beş pervane araca dikey olarak stabilize edilmiş olup, burun kısmında bir diğer pervane yönlendirme görevini yaparken, son iki pervane ise yatay olarak bağlanıp, ileri yönde itme kuvveti sağlamak için kullanılmıştı. Zamanına göre büyük oranda stabilize sunan bu araç, 1920lerin ortalarında binden fazla test uçuşu yapmıştır. 1923 yılında havada birkaç dakika kalabilmiş, 14 Nisan 1924’te ise 360 metre giderek Uluslararası Havacılık Federasyonu (FAI) helikopterler için mesafe rekorunu kırmıştır. Dairesel bir rotayı tamamlayıp daha sonra ilk 1 kilometrelik kapalı devre uçuşu bir rotorcraftla tamamlamıştır [8]. Şekil 2.3’te Oehmichen no.2.’nin uçuş öncesinde yapılan hazırlılar sırasında çekilmiş bir görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2.3. Oehmichen no.2.

2.1.3. Bothezat Helicopter (1922)

Dr. George de Bothezat ve Ivan Jerome’nin geliştirdiği bu araç, X şeklinde bir şaseye sabitlenmiş olan 4 adet pervaneden oluşmaktadır. Yükseklikleri değişebilen iki küçük pervane itme ve sapmayı kontrol etmek için kullanılmıştır. Amerikan ordusu tarafından yapılan bu araç ilk uçuşunu Ekim 1922’de yapmış ve 1923 yılının sonuna kadar 100 uçuşu tamamlamıştır. Ulaşabildiği maksimum irtifa 5 metredir. Bu

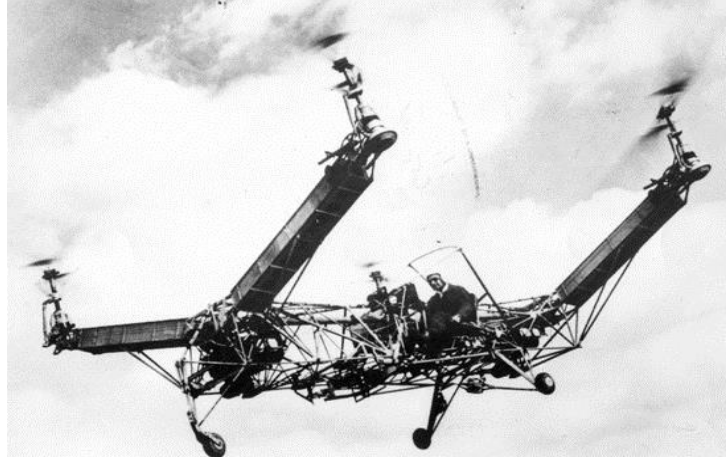
multikopter gösteri imkânına sahipolmasına rağmen, yeterince güçlü olmayan, tepkisiz, mekanik olarak karmaşık ve hassas bir araçtı. Ayrıca havada sabit dururken yana hareket etmek için pilota çok yük düşüyordu [9].Şekil 2.4’te Dr. George de Bothezat ve Ivan Jerome tarafından tasarlanan helikopterin görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2.4. Bothezat Helicopter.

2.1.4 Convertawings Model A Quadrotor (1956)

Diğer multikopterlere göre bu helikopterin çok daha büyük bir sivil ve askeri quadrotor’a prototip olması planlanmıştı. İki adet motorun v kayışıyla dört rotoru döndürmesi tasarlanmıştır. Aracın kontrolü ise kuyruk motoruna ihtiyaç duyulmaksızın, motorların itme gücünü değiştirerek sağlanmıştır. 1950’lerin ortasında birçok kez başarılı uçuşlar yapmıştır. Ayrıca ileri uçuş yapabilen ilk dört rotorlu hava taşıtı olma özelliğine sahiptir. Talebin az olması nedeniyle proje iptal edilmiştir. Convertawings ayrıca 19 ton maksimum kapasiteli, 4,9 ton taşıyıp 278 km/s hızıyla 300 mil menzile gidebilen bir Model E de tasarlamıştır [10]. Şekil 2.5.’te Convertawings Model A’nın havadaki görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2.6. Convertawings Model A Quadrotor.

2.1.5. Curtiss-Wright VZ-7 (1958)

Curtiss-Wright firması tarafından 1958 yılında Amerikan Ordusu için tasarlanan, dikeyiniş ve kalkış (VTOL) özelliğine sahip bir quadrotor dur. Kontrol dört adet değişken itme gücüne sahip motor aracılığıyla sağlanmıştır [11]. Şekil 2.7.'de Curtiss-Wright'ın tasarladığı VZ-7'ye ait bir görüntü yer almaktadır.



Şekil 2.8. Curtiss-Wright VZ-7.

2.1.6. Günümüz İnsansız Hava Araçları

Yüksek teknoloji ile üretilen ilk İHA'lar İsrail tarafından ilk olarak 1970'li yıllarda kullanılmıştır. O yıllarda İsrail ve Arap dünyası arasında yaşanan hem sıcak hemde soğuk savaş şartlarında İsrail keşif ve gözetleme ihtiyaçlarını karşılamak için gerçek

zamanlı (real time) gözetleme yapan ve yaptığı bu gözetlemenin sonucunda elde ettiği istihbari bilgileri yerde bir istasyona aktaran ve yer istasyonundan aldığı talimatlar doğrultusunda vazifesine devam eden ilk İnsansız Hava Aracı olan Firebee 1241 tasarlanmıştır [12]. Şekil 2.7.'de Amerika Birleşik Devletleri yapımı Firebee 1241'nin operasyon sırasında çekilmiş bir görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2.9. Firebee 1241

Son on yıl içerisinde uçuş kontrol sistemlerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi nedeniyle İHA kullanımı artmıştır. Söz konusu artışın sebebi bu hava taşıtlarının çok karmaşık bir yapıda olmayışının aksine çok yönlü kullanılabilir olmalarıdır [13].

İHA'lar gerek yüksek manevra kabiliyeti ve stabilitesi gerekse büyük araçlara nazaran daha az maliyetli oluşları nedeniyle üzerlerine yerleştirilen yüksek çözünürlüklü kamera ve çeşitli ekipmanlar aracılığıyla pek çok alanda kullanıcılara kolaylık sağlamaktadır.

Bu araçların kullanımı ile hava ve yersel fotogrametrinin sağladığı avantajlar bir araya toplanmıştır. İnsansız Hava Araçları askeri amaçlardan 3 Boyutlu yüzey modelleme, haritalama, gözetleme ve takip gibi birçok amaç için kullanılmaktadır [14].

İHA'lar yardımı ile istenilen zamanda görüntü elde edilebilir ve bu durum uydu görüntülerinde pek mümkün olamamaktadır. İHA'lar sayesinde zamansal çözünürlükleri yüksek görüntüler elde edilebilmekte ve uydu görüntülerine göre daha

ucuz maliyet ile görüntü elde edilebilmektedir [15]. Bu araçlara yüklenen kameralar ile görüntüyü hızlı bir şekilde almak ve işlemek suretiyle istenilen bilgilere kısa sürede ulaşmak mümkün olmaktadır.

İHA'lar boyutlarına, menziline, misyonuna vs. gibi kriterlere göre sınıflandırıldığı gibi yapısal olarak sabit kanatlı ve dönerkanatlı olmak üzere iki farklı sınıfa da ayrılmaktadır. Dönerkanatlı İnsansız Hava Araçları, dikey kalkış ve iniş (VTOL) yapabilme, havada askıda kalabilme ve sabit kanatlılara kıyasla düşük menzil ve irtifada uçuş yapabilme yetilerine sahip sistemlerdir. Döner kanatlılar sahip oldukları rotor sayısına göre de adlandırılırlar [16].

İHA'ların bir türü olan multikopterlerin her ne kadar 3-4-6-8-10 motorlu tasarımları olsa da güç tüketimi, güvenilirlik, manevra ve maliyetler göz önünde bulundurulduğunda akademik ve şahsi kullanımlarda yaygın olarak Dört motorlu (quadrotor) multikopterler tercih edilmektedir.

Son dönemlerde bilişimde devrim niteliği taşıyan yapay zeka teknolojilerinin geliştirilmesi ve bu teknolojilerin İHA'larda kullanımının artması durumunda bu cihazların hayatımızda çok daha büyük kolaylıklar sağlayacağı aşikardır.

Yakın bir gelecekte yapay zekâ sayesinde İHA'ların karar mekanizmasına sahip olması da mümkün olacaktır [17].

Özellikle son dönemlerde ülkemizde kamu-özel sektör ortaklığıyla gerçekleştirilen Milli İHA projelerimiz dışa bağımlılığımızı ortadan kaldırma ve bağımsız hareket edebilme açısından büyük önem arz etmektedir. Şuanda belirli bir oranda yerli üretim özelliğine sahip olsalar da ilerleyen dönemlerde yazılım ve donanım dahil tüm aksamaları Türk Mühendislerine ait özgün projelerin gerçekleşeceğine inanmak gerekir. Mevcut durumda savunma alanında tasarlanan Milli İHA sistemlerinin dünyanın pek çok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de harita, mühendislik ve tarım gibi farklı alanlarda da yaygınlaşacağı kesindir.

Çalışma konumuz İHA çatısı altında değerlendirildiği için aşağıda bazı Milli İnsansız Hava Araçlarımıza dair örnekler verilmiştir. Şekil 2.8’de üzerine mühimmat yerleştirilmiş ANKA Taktik İHA’nın görüntüsü yer almaktadır. Şekil 2.9’da Bayraktar İHA’nın kalkış sırasında çekilmiş görüntüsü yer almaktadır. Şekil 2.10.’de Vestel Savunma Sanayi tarafından tasarlanan Vestel Karayel Taktik İHA’nın görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2.11. ANKA Taktik İHA (Türkiye Cumhuriyeti).



Şekil 2.12. Bayraktar Taktik İHA (Türkiye Cumhuriyeti)



Şekil 2.13. Vestel Karayel Taktik İHA(Türkiye Cumhuriyeti).

Şekil 2.14.'de TUSAŞ tarafından tasarlanan Şimşek'in görüntüsü yer almaktadır. Şekil 2.15.'de STM Savunma Sanayi tarafından tasarlanan Togan, Alpugu ve Kargu Kamikaze İHA'lara ait görüntüler yer almaktadır.



Şekil 2.16. TUSAŞ Şimşek Eğitim İHA(Türkiye Cumhuriyeti).



Şekil 2.17. Togan,Alpugu ve Kargu Kamikaze İHA'lar (Türkiye Cumhuriyeti).

BÖLÜM 3

MULTİKOPTERLERİN UNSURLARI

3.1. TEMEL UNSURLAR

3.1.1. Gövde

Gövde bir multikopterin bütün unsurlarının bağlı olduğu tıpkı biz insanların omurgası gibi olmazsa olmaz bir unsurdur. Yapımında yaygın olarak Karbon-fiber alaşım ve Alüminyum malzemeler kullanılır. Gövde tasarımı yapılırken elektronik aksam koruması, ana gövdenin bağlı olduğu iniş-kalkış takımının yerle olan mesafesi, motorların kollarda ve gövdede yaratacağı titreşim etkisi, batarya ile ek ekipmanların sabitleneceği alanlar dikkate alınmalıdır. Aksi halde gövde tasarım hatası nedeniyle kırımların yaşanması mümkündür. Şekil 3.1’de DJI S500 quadkopter gövdesine ait bir görüntü yer almaktadır.



Şekil 3.2. Multikopter gövde örneği (S500).

3.1.2. Uçuş Kontrolcüsü

Uçuş kontrolcüsü veya uçuş avioniği olarak adlandırılan aksam insansız hava araçları sistemlerinin motorların kontrolü, aracın dahili ve harici sensörler aracılığıyla yer istasyonu ile senkronize olabilme gibi pek çok fonksiyonunun işletilmesini sağlayan bir anakart donanımdır [18].

Bu temel unsur olmadan cihaz dengede kalabilme, sağlıklı iniş-kalkış yapabilme, veri okuma-aktarma, pil kontrolü, beklenmedik durumlarda doğru tepki gösterme gibi birçok fonksiyonu yerine getiremez. Dolayısıyla bu tip araçlar için hayati bir parçadır.

Kendi sektöründe çeşitli fiyat-performans aralıklarında uçuş kontrolcüsü bulabilmek mümkündür. Gerek maliyet gerekse kolay bulunulabilirlik açısından birçok alanda geliştirilebilir özelliği nedeniyle Arduino Uçuş kontrolcüleri kullanılmaktadır. Ardupilot ailesine benzer en pahalı ticari maksatlı olanlardan nispeten ucuz ve açık kaynak seçeneklerine kadar farklı otopilotlar da mevcuttur [19]. Şekil 3.3'te İnsansız Hava Araçlarının kontrolünde yaygın olarak kullanılan Ardupilot Uçuş Kontrolcüsü yer almaktadır.



Şekil 3.4. Arduino uçuş kontrolcüsü.

3.1.3. Motor ve Pervaneler

Motor- Pervane ikilisi multikopterlerde elektriksel gücü harekete dönüştüren yarattığı itki kuvvetiyle cihazı havalandıran, manevra yaptıran ve indiren aksamlardır. İHA'lar üzerlerinde bulunan motor sayısına göre adlandırılmaktadır. Altı motorlular “hexakopter”, sekiz motorlular “oktokopter” örnek olarak verilebilir [20]. Şekil 3.3.'te T-Motor marka bir fırçasız motor ve karbonfiber malzemeden imal edilmiş bir pervane yer almaktadır.



Şekil 3.5. Fırçasız DC motor ve karbonfiber pervane.

Günümüz sanayi alanında ve ağırlıklı olarak otomotiv sektöründe bir yandan hassas hız değişkenlerine gereksinim duyulurken bir yandan kullanılan parçaların ucuz, güvenilir ve az bakım maliyeti gerektirmesi istenilmektedir. Bu açıdan istenilen özellikler için seçilecek olan motorun çeşidi büyük önem kazanmaktadır. Klasik tip Fırçalı DC motorlar, yüksek kalkış momenti, yüksek verim ve lineer hız-momenti karakteristiklerine sahip motorlardır. Bu karakteristik özellikler, servo sistemlerde aranan özelliklerdir. Fakat, bu motorlarda fırça ve onun temas ettiği kollektörler nedeniyle ortaya çıkan sürtünme ve ark oluşumu motorun verimi olumsuz yönde etkilenmektedir. Buna ek olarak fırçalı tip motorlarda zamanla aşınma ve ısınma sonucu sık sık arızalar meydana gelmektedir. Fırçalı tip motorlarda yaşanan bu olumsuzluklardan arılan Fırçasız tip DC motorlar, daha az bakım gerektirmesi ve yüksek verimlilikleriyle ideal sayılabilecek yapıya erişmişlerdir [21].

İçten yanmalı motor sistemlerinin aksine elektrikli tahrik sistemlere sahip motorlar sıfır gaz emisyonu meydana getirmektedirler. Sahip oldukları düşük ısıdan dolayı içten yanmalı sistemlerden daha az gürültü üretirler [22].



Şekil 3.4. Pervane çeşitleri.

Performans açısından Motor-Pervane ikilisinin seçiminde multikopterin türü ve toplam ağırlığı dikkate alınmalıdır. Şekil 3.4'te görüldüğü üzere plastik, ahşap, karbon-fiber ve fiber glass olmak üzere dört tür pervane vardır.

3.1.4 Elektronik Hız Kontrol Sistemi (ESC)

ESC (Electronic Speed Control)'lerin görevleri kontrol kartından gelen anlık tork arttırım ve azaltım emirlerini motorlara iletmek suretiyle cihazın istenilen şekilde eyleme geçmesini sağlamaktır. Multikopterler açısından bakacak olursak ESC'ler aracılığıyla iniş, kalkış ve havada manevra işlemleri gerçekleştirebilmektedir.

Elektronik hız Kontrolcülerini Darbe Genişliği Modülasyonu(PWM) sürücülerini olarak ta adlandırılmaktadır. ESC kumandadan gelen gaz sinyalini alır ve DC motorun hızını ile torkunu ayarlamak için 3 fazlı voltaj dalga biçimi görev döngüsünü ve frekansını değiştirir. Farklı maksimum amper değerlerine sahip ESC'ler bulunmaktadır [23].

Diğer kritik parçalarda olduğu gibi ESC seçiminde de dikkatli olmak gerekir. Aksi halde kalitesiz bir ESC seçiminden dolayı kırım, yaralanma, patlama veya yangın vakalarının yaşanması kaçınılmazdır. Şekil 3.5'te 35A-OPTO model bir Elektronik Hız Kontrolcüsü yer almaktadır.



Şekil 3.5. ESC örneği.

3.1.5. Pil ve Pil Şarj Cihazı

Günümüzde sürekli artan ve insan hayal gücünün sınırlarını zorlayan talepler nedeniyle ulaşım, iletişim, medikal ve savunma sektörleri gibi pekçok alanda hızlı bir teknolojik tüketim söz konusudur. Günümüzde hemen herkesin çabuk, verimli ve kolay iletişim sağlayabilmek için taşınabilir elektronik cihazlardan (bilgisayar, kamera, cep telefonu, MP3 çalar, CD çalar, DVD oynatıcısı, radyo, televizyon vs.) en az birisine sahip olduğu aşikardır.

İnsansız Hava Araçları yüksek enerji yoğunluğuna sahip pillere ihtiyaç duymaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak için Nikel-Kadmiyum pillerden çok fazla sayıda kullanılması artırılmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle günümüzde Nikel-Kadmiyum piller yerine daha hafif olan Lityum-Polimer (li-po) piller tercih edilmektedir. Lityum polimer piller ticari maksatlı satılan en yüksek yoğunlukta enerjiye sahip pillerdendir [24].

2017'de tüm dünya çapında en fazla lityum üreten sekiz ülkeye baktığımızda;

1. Avustralya (18.700 megaton)
2. Şili (14.100 megaton)
3. Arjantin (5.500 megaton)
4. Çin Halk Cumhuriyeti (3.000 megaton)
5. Zimbabve (1.000 megaton)
6. Portekiz (400 megaton)
7. Brezilya (200 megaton)
8. Amerika Birleşik Devletleri (3.1 megaton) [25].

Lityum iyon (Li-on) pillerin bir sonraki aşaması olan Lityum polimer (Li-Po) piller gerek hafiflikleri gerekse sağladıkları yüksek güç kapasitesi ile Li-on pillerin yerini almaya başlamıştır.

Lityum – iyon pillerde bulunan sıvı elektrolitlerin yaşattığı en büyük problem belli bir zamandan sonra sızıntı yaratmalarıdır. Bilim insanları yaşanan bu problemi bertaraf etmek için uzun yıllar çalışmalar yürütmüş ve sonunda da lityum – iyon polimer

(Li-Po) pilleri geliştirmişlerdir. Lityum – iyon polimer pillerin Lityum-iyon pillerden en büyük farkı yapısında kullanılan elektrolit maddesidir. Bu polimer elektrolit sayesinde pil akmaya karşı oldukça dayanıklı ve istenilen şekli alabilecek kadar elastik bir yapıya sahiptir [26].

Pil teknolojilerinde yaşanan bu gelişmeler pekçok elektronik cihazda kullanılmakta olup İnsansız Hava Araçlarının da yaygınlaşmasına ve gelişmesine katkı sunmuştur. Lityum polimer pillerin İnsansız Hava Araçlarında yaygın olarak kullanılmasının en temel nedeni düşük ağırlıklarına karşın yüksek güç kapasitesine sahip olmalarıdır [27].

Li-Po pillerin kullanılmadıkları dönemlerde deşarj olma süreçleri daha yavaş gerçekleşir.



Şekil 3.6. Li-Po pil.



Şekil 3.7. Li-Po pil şarj sistemi.

Şekil 3.6’da Gens marka 10.000 mah kapasiteli Li-Po pil ve Şekil 3.7’de Li-Po pillerin şarj edilmesinde kullanılan IMAX marka bir şarj cihazı yer almaktadır.

Li-Po piller hücrelerden oluşurlar. Normalde bir hücrenin voltaj değeri 3,7 V'tur. Pil tam şarj olduğunda bu değer 4,2 V olur. Dikkat edilmesi gereken çok önemli bir husus vardır. Bir Li-Po pilin hücresi deşarj edildiği zaman kesinlikle 3 V değerinin altına düşmemelidir aksi takdirde hücreler zarar görür ve pilden aldığınız performans düşebilir yada piliniz kullanılmaz hale gelebilir. Aslında en sağlıklı pil değeri 3,7 V altına düşmemektir. Şarj için kullandığınız cihazpilin tüm hücrelerini şarj edebilecek kabiliyette olmalıdır. Örnek vermek gerekirse 3 hücreli bir pili şarj edebilmeniz için şarj aletinizin 3 hücre şarj edebilme özelliğine sahip olmalıdır.

3.1.6. Radyo Kontrol Kumanda ve Kumanda Alıcısı

İnsansız Hava Araçları başta olmak üzere hobi oyuncaklar da dahil bütün radio kontrolüyle çalışan cihazların komuta edilmesini sağlayan aygıtlardır.

Bu aygıtlar 1970'lerden günümüze kadar operatörün güvenliğini sağlamak ve sistem verimliliğini arttırmak amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. İlk radyo sistemleri, bir taşıyıcı sinyale modüle edilmiş, kodlanmış mesajları kullanmaktaydı. Radyo sistemi verici ve alıcı olmak üzere iki bölümden oluşur; Verici ünite operatörün uzaktaki bir cihazı kontrol edebilmesi için kullanılır. Alıcı ünite ise operator tarafından verilen komutların cihazın ilgili bileşenlerine aktarılması için kullanılır. Güvenli iletişim ve bunun sonucundaki stabil bir işlem sağlamak için verici ve alıcı ünitelerinin benzersiz bir şekilde eşleştirilmelidir [28]. Şekil 3.8'de Kumanda, alıcı ve uçuş kontrolcüsü ile İHA'nın diğer bileşenleri arasındaki ilişki şekille anlatılmıştır.



Şekil 3.8. Kumanda, alıcı ve uçuş kontrolcüsü ilişkisi.

Şekil 3.9’da başta İHA’lar olmak üzere tüm radyo kontrollü cihazlarda kullanılan kumanda ve alıcısı yer almaktadır.

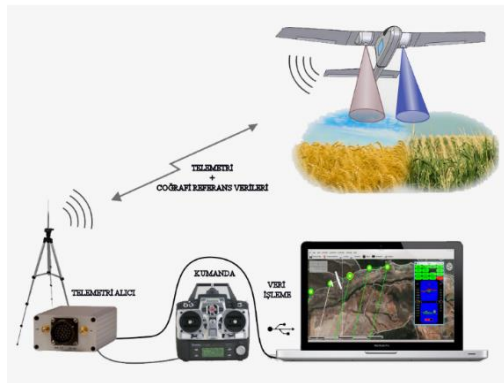


Şekil 3.9. Radyo kontrollü kumanda ve alıcısı.

3.2. YARDIMCI UNSURLAR

3.2.1. Telemetri Sistemi

Uçuş sırasında multikopterin pil durumunu, yüksekliğini, hızını ve anlık koordinat bilgilerini anlık görebilmek oldukça önemlidir. Telemetri cihaza ait enlem, boylam, irtifa vs. pekçok bilgiyi yer istasyonuna aktaran sistemdir. Telemetrinin ilk tatbik çalışmaları yaklaşık 150 yıl kadar öncesine dayananmakta olup, askeri ve sivil pekçok alanda oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır [29]. Şekil 3.10’da Telemetri, yer istasyonu ve İHA arasındaki ilişki anlatılmaktadır.



Şekil 3.10. Telemetri ve çalışma sistemi.

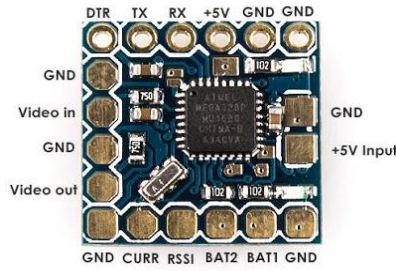
3.2.2. OSD (On-Screen Display)

Türkçe karşılığı “Ekran Üzerinde Gösterim” olup OSD, telemetri verilerini anlık kamera görüntüsünün üstüne işler. Böylelikle telemetriden alınan irtifa, koordinat, cihaz şarj durumu vs. pekçok bilgiyi cihaza bağlı olan kameradan gelen anlık görüntünün üzerinde görebilmeyi sağlar. Şekil 3.11’de OSD ile İHA’nın koordinat, irtifa vs. bilgileri ekranda görüntü ile birlikte verilmektedir.



Şekil 3.11. Bindirmeli telemetri verisi.

Şekil 3.12’de cihaza ait anlık verilerin görüntü üzerine bindirilmesini sağlayan örnek bir mini OSD devresi yer almaktadır.

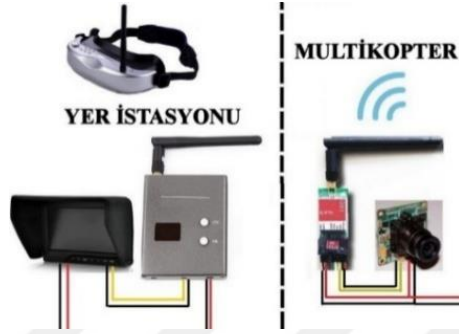


Şekil 3.12. Mini OSD devresi.

3.2.3. FPV (First Person View)

FPV (First Person View)’ türkçe olarak “Birinci Kişinin Görüşünden” anlamına gelmektedir. FPV sistem operatörün gözlük veya ekran aracılığıyla görsel bilgi alarak İHA’yı kontrol etmesini sağlar.

Son zamanlarda, İnsansız Hava Araçlarında pilot gereksinimlerini ve iş yükünü azaltmak için teknolojik gelişmelere odaklanılmıştır. FPV İnsansız Hava Araçlarının görüş hattının ötesinde görev yapabilme açısından kilit bir konumdadır [30]. Şekil 3.13'te bir multikopterin havada iken yüksek irtifalarda ve uzak mesafelerde kontrol edilebilmesini sağlayan FPV (First Person View) sistem örneği yer almaktadır.



Şekil 3. 13. FPV sistemi.

3.2.4. Gimbal

Görüntü tespiti ve izleme algoritmaları İHA'ların motor itki sistemlerinin neden olduğu vibrasyona ve atmosferdeki rüzgar etkisine karşı oldukça hassastırlar. Uçan cisimlerin itme sisteminin neden olduğu titreşimlerin yanı sıra, örneğin çevrenin etkisine duyarlıdır. Bu titreşimler sebebiyle İHA'nın nesne izleme ve uzaktan algılama kabiliyetleri olumsuz etkilenmektedir [31]. Multikopter üzerine yerleştirilen kamera sistemi her zaman sabit olmaz. Özel görevler için fırçasız motorlu 2 ve 3 eksenli gimbal olarak tabir edilen düzenekler kullanılır. Şekil 3.14'te gimbal sistemi ve üzerine yerleştirilmiş bir kamera yer almaktadır.



Şekil 3.14. Gimbal sistemi ve kamera.

BÖLÜM 4

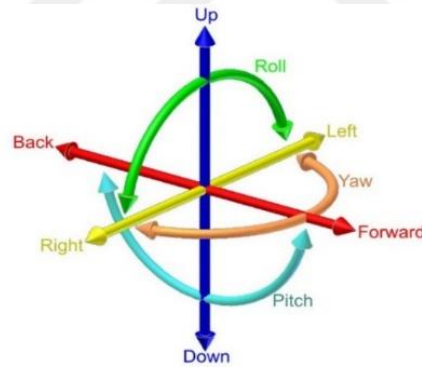
MULTİKOPTER'İN DİNAMİĞİ

4.1. MULTİKOPTERİN UÇUŞ PRENSİPLERİ

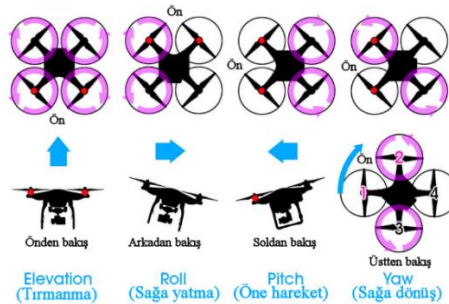
Trikopter, quadrokopter, hexakopter, octokopter gibi isimlerle anılan birden fazla motora sahip multikopter sistemlerin uçuş prensibini 4 rotorlu quadkopter üzerinden açıklayacak olursak; motorlardan ikisinin aynı yönde, diğer ikisinin aksi yönde dönmesi multikopterin kendi eksenini etrafında kontrolsüz dönmesini engellemektedir. Nasıl helikopterlerde ana rotorun gövdeden destek almasıyla ürettiği döndürme etkisini engelleyen kuyruk rotoru varsa, multikopterlerde de birbirinden farklı yönlere dönen motorlar sayesinde İHA havada kalmaktadır. İHA havada “V” hızıyla yer değiştirirken yukarıya yönelmiş FN olarak tabir edilen “aerodinamik kuvvet” meydana gelmektedir. FN kuvveti havanın özkütlesinden daha ağır cisimlerin havada tutunmasına imkan tanır. Hız gövde üzerinde aerodinamik kuvvet oluşumuna etki eden esas faktördür ve bu aerodinamik kuvvet rotorun belli bir hıza ulaşmasıyla meydana gelmektedir. Yani multikopterlerde havada kalmayı sağlayan, taşıyıcı kuvveti üreten pervaneler iken pervanelere dönme hareketini sağlayan ve hızı oluşturan pervanelerin takılı olduğu motorlardır [32].

Her bir motorun merkezinden pervanelere doğru yönelen bir itme gücü ve tork meydana gelir. Ayrıca cihazın uçuş hareket yönünün ters istikametinde bir sürüklenme kuvveti oluşur. Bir quadkopterde bütün motorlar eşit açısal hızda dönüyorsa, birinci ve üçüncü motorla ikinci ve dördüncü motor ters yönlere dönüyorsa, toplam aerodinamik tork ve bundan dolayı yalpa eksenine etkiyen açısal hızlanma sıfır olur. Dolayısıyla konvansiyonel helikopterlerde kullanılan sapmayı stabilize eden motora ihtiyaç bulunmamaktadır. Söz konusu sapmaya aerodinamik torkların arasındaki uyumsuzluk sebep olmaktadır.

Pitch ve roll eksenlerine etki eden açısal hızlanma yalpa eksenine etki etmeden uygulanabilir. Aynı yöne dönen her pervane pitch veya roll ekseninden birini kontrol eder ve bir motorun itme kuvvetini artırırken diğerini azaltmak yalpa stabilitesi için gerekli olan tork dengesini koruyarak roll veya pitch eksenine tork uygulanmasını sağlar. Böylelikle, sabit pervaneler quadrotorların her eksene manevrasını sağlar. Öteleme ivmesi ise sıfır olmayan bir pitch veya roll açısıyla sağlanır. Trikopter, hegzakopter veya daha başka sayıda motor kullanmak yerine dört motor kullanılmasının sebebi quadkopterlerin sahip olduğu dört motorun iki uygun dönel simetriye sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bir quadkopterde itmeyi yanlara verip roll hareketi gerçekleştirmek kolaydır. İki aynı yöne dönen motorun birinin hızının artıp diğerinin azalmasıyla toplam tork ve yalpaya uygulanan güç sıfır olur. Günümüzde kaliteli quadcopter'ler kendinden gyroscope'lu olup yalpa etkisine karşı daha stabilize'dir [33]. Şekil 4.1'de bir quadcopter'in temel 9 hareket yönü Şekil 4.2'de ise bir quadcopter'in pervane dönüş yönleri ile bu yönlerle cihazın manevraları detaylı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Quadcopter hareket yönleri.



Şekil 4.2. Detaylı quadcopter hareket yönleri.

4.2. MULTİKOPTER KUVVET DENKLEMLERİ

Newton'un birinci ve ikinci yasaları gereği:

$$\Sigma F_{net} = m_{toplam} \cdot \begin{bmatrix} \ddot{X} \\ \ddot{Y} \\ \ddot{Z} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

4.2.1. Quadcopter'in Ağırlığı

Dünyadaki bir cisme g kadar ivme uygulandığını biliyoruz ve yine Newton'un yasaları gereği:

$$F_g = m_{toplam} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ g \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

4.2.2. İtme Kuvvetleri

Motorların uyguladığı itme kuvvetini ise:

$$F_{itme} = \begin{bmatrix} \sin \alpha \cdot F_{M1} + \sin \alpha \cdot F_{M2} + \sin \alpha \cdot F_{M3} + \sin \alpha \cdot F_{M4} \\ \cos \alpha \cdot F_{M1} + \cos \alpha \cdot F_{M2} + \cos \alpha \cdot F_{M3} + \cos \alpha \cdot F_{M4} \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

şeklinde ifade edebiliriz.

Kalkış sırasında $\alpha = 0$ olacağı için bu denklemi kalkış için:

$$F_{itme, kalkış} = \begin{bmatrix} 0 \\ F_{M1} + F_{M2} + F_{M3} + F_{M4} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

şeklinde yazabiliriz.

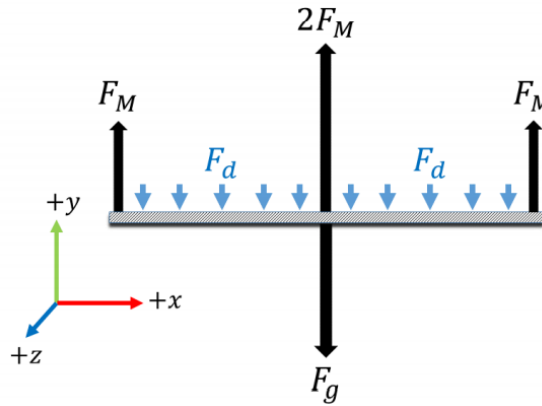
4.2.3. Direnç Kuvveti

Havada seyir esnasında bir direnç (ya da sürtünme) kuvveti oluşacağını biliyoruz. Bu kuvvet:

$$F_{direnç} = m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_w \cdot C_D \quad (4.5)$$

4.3. QUADCOPTER'İN KALKIŞ ANINDAKİ KUVVET ANALİZİ

Bir quadkoptere kalkış esnasında çeşitli kuvvetler etki etmektedir. Şekil 4.3'te bir quadkopter'e ait serbest cisim diyagramı kuvvet yönleriyle birlikte detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 4.3. Kalkış sırasında quadcopter'in serbest cisim diyagramı.

$$\sum F_{net} = F_{itme, kalkış} - F_{direnç} - F_g \quad (4.6)$$

$$\sum F_{net} = \begin{bmatrix} F_{M1} + F_{M2} + F_{M3} + F_{M4} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot 0^2 \cdot S_{wx} \cdot C_D \\ m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{wy} \cdot C_D \\ m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot 0^2 \cdot S_{wz} \cdot C_D \end{bmatrix}$$

$$-m_{toplamlam} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ g \\ 0 \end{bmatrix} = m_{toplamlam} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \ddot{Y} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

$$\sum F_{net.x} = 0 \quad (4.8)$$

$$\sum F_{net.z} = 0 \quad (4.9)$$

Kalkış esnasında $F_{M1} = F_{M2} = F_{M3} = F_{M4}$ olduğu için bu denklemi:

$$F_{net,y} = (4F_M) - (m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_w \cdot C_D) - (m_{toplamlam} \cdot g) = m_{toplamlam} \cdot \ddot{Y} \quad (4.10)$$

şeklinde yazabiliriz. Bu denklemden:

$$F_M = \frac{m}{4} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_w \cdot C_D + g + \ddot{Y} \right) \quad (4.11)$$

elde ederiz.

Ayrıca quadcopter havada asılı halde (hover mode) durduğu andaki denklemi yazdığımızda:

$$F_{Direnc} = 0 \quad (4.12)$$

$$\sum F_{net,z} = (4F_M) - \left(m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot 0^2 \cdot S_{wz} \cdot C_D \right) - (m_{toplamlam} \cdot g) = m_{toplamlam} \cdot \ddot{C} \quad (4.13)$$

$$\sum F_{net,z} = (4F_M) - (m_{toplamlam} \cdot g) = 0 \quad (4.14)$$

Buradan quadcopter'in havada asılı kalabilmesi için gereken asgari toplam motor kuvvetini:

$$\sum F_M = m_{toplamlam} \cdot g \quad (4.14)$$

ve $F_{M1} = F_{M2} = F_{M3} = F_{M4}$ olduğu için quadcopter'in havada asılı kalabilmesi için tek bir motorun üretmesi gereken minimum itme kuvvetini bulabiliriz:

$$\sum F_{M,min} = \frac{m_{toplam} \cdot g}{4} \quad (4.15)$$

Bu durumda:

$$F_M > \frac{m_{toplam} \cdot g}{4} \text{ ise quadcopter'in ivmesi } +y \text{ yönünde}$$

$$F_M < \frac{m_{toplam} \cdot g}{4} \text{ ise quadcopter'in ivmesi } -y \text{ yönünde gerçekleşir.}$$

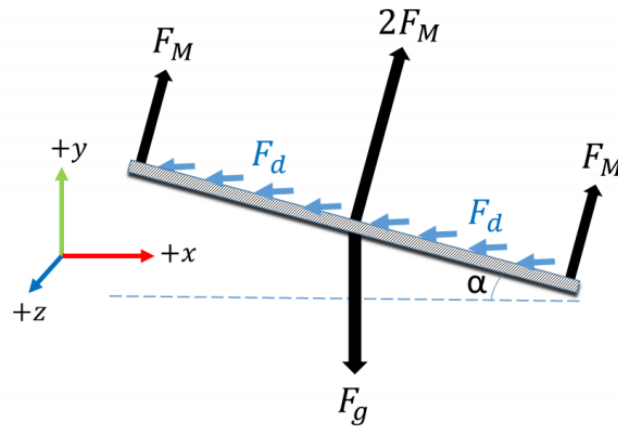
Sonuç olarak:

$$\sum F_M = \frac{m_{toplam} \cdot g}{4} \quad (4.16)$$

Denklemden bulduğumuz F_M değerinin üzerindeki herhangi bir değeri seçtiğimizde quadcopter'in kalkış durumu için analiz yapmamız mümkündür.

4.4. QUADCOPTER'İN SEYİR HALİNDEKİ KUVVET ANALİZİ

Quadcopter'e sadece kalkış esnasında değil akabinde seyir halindeyken de etkiyen kuvvetler mevcuttur. Şekil 4.4'te görüldüğü üzere bir quadcopter havada iken itme, direnç ve yer çekimi gibi kuvvetlere maruz kalmaktadır.



Şekil 4.4. Sabit α açısıyla seyir sırasındaki quadcopter'in serbest cisim diyagramı.

$$\sum F_{net} = F_{itme} - F_{direnç,z} - F_g \quad (4.17)$$

$$\sum F_{net} = \begin{bmatrix} \sin\alpha \cdot F_{M1} + \sin\alpha \cdot F_{M2} + \sin\alpha \cdot F_{M3} + \sin\alpha \cdot F_{M4} \\ \cos\alpha \cdot F_{M1} + \cos\alpha \cdot F_{M2} + \cos\alpha \cdot F_{M3} + \cos\alpha \cdot F_{M4} \end{bmatrix}$$

$$- \begin{bmatrix} m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 S_{wy} \cdot C_D \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = m_{toplamlam} \cdot \begin{bmatrix} \ddot{X} \\ \ddot{Y} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.18)$$

$$\sum F_{net,x} = [\sin \alpha (F_{M1} + F_{M2} + F_{M3} + F_{M4})] - \left(m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{wx} \cdot C_D \right)$$

$$= m_{toplamlam} \cdot \ddot{X} \quad (4.19)$$

olacaktır.

$F_{M1} = F_{M2} = F_{M3} = F_{M4}$ olduğu için

$$\sum F_{net,x} = \sin \alpha \cdot \sum F_M - \left(m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{wx} \cdot C_D \right) = m_{toplamlam} \cdot \ddot{X} \quad (4.20)$$

$$\sum F_{net,y} = [\cos \alpha (F_{M1} + F_{M2} + F_{M3} + F_{M4})] - \left(m \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot 0^2 \cdot S_{wy} \cdot C_D \right) - m_{toplamlam} \cdot g$$

$$= m_{toplamlam} \cdot \ddot{C} \quad (4.21)$$

y ekseninde $V=0$ olduğu için S_{wy} 'nin de bir önemi kalmamaktadır.

$$F_{direnç,y} = 0 \quad (4.22)$$

$$\cos \alpha \cdot \sum F_M - m_{toplamlam} \cdot g = 0 \quad (4.23)$$

ve

$$\cos \alpha \cdot \sum F_M = m_{toplamlam} \cdot g \quad (4.24)$$

olur. $F_{M1} = F_{M2} = F_{M3} = F_{M4}$ olduğu için de tek bir motorun uygulaması gereken kuvvet

$$F_M = \frac{m_{toplamlam} \cdot g}{4 \cdot \cos \alpha} \quad (4.25)$$

olmalıdır.

$$F_M < \frac{m_{toplam} \cdot g}{4 \cdot \cos \alpha} \quad (4.26)$$

olduğunda quadcopter'in ivmesi $-y$ yönünde

$$F_M > \frac{m_{toplam} \cdot g}{4 \cdot \cos \alpha} \quad (4.27)$$

olduğunda quadcopter'in ivmesi $+y$ yönünde olacaktır.

Dolayısıyla quadcopter'in sadece $\pm x$ yönünde hareket etmesini istiyorsak:

$$F_M = \frac{m_{toplam} \cdot g}{4 \cdot \cos \alpha} \quad (4.25)$$

olmak zorundadır.

F_M değerini bulmak için belirlenmesi gereken tek bilinmeyen α açısıdır. Quadcopterler dahil tüm multikopterler elektronik hız kontrolcülerinden aldıkları hız verilerine göre çeşitli α açılarında hareket edebilmektedirler. Genellikle 35° üzerindeki açılarda quadcopter üzerinde aşırı gerilme oluşacağından hareket anında bu değer üzerine çıkılmamaktadır [34].

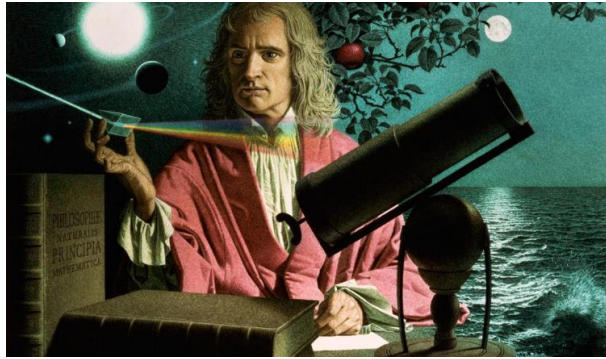
BÖLÜM 5

OPTİK SPEKTRUM

İnsansız hava araçlarında görüntüleme denildiğinde akla ilk gelen, askeri hedeflerin tespiti ve takibi işlemleridir. Ancak bunlara ek olarak tarım alanları hakkında bilgi toplama maksatlı görüntüleme sistemleri de tasarlanmaktadır. Bu çalışma her ne kadar karanlık arazi koşullarında görüntü saptamayı ana amaç edinmiş olsa da tarım alanlarında alınacak görüntüler aracılığıyla toplanan verilerin değerlendirilebilmesine imkanı sunmaktadır.

Gecegörüş Sistemine sahip İnsansız Hava Aracına dair bilgileri vermeden önce söz konusu sistemlerin çalışma mekanizmasını anlamak için biraz tarihsel açıdan geriye giderek optik biliminin temellerine inmek gerekecektir. 1660 yılında Isaac Newton, beyaz ışığın farklı renkli ışık demetlerinin birleşmesiyle ortaya çıktığını keşfetti [35].

1800 yılında İngiliz gökbilimci William Herschel Newton'un yaptığı Spektrum Prizma deneyini kullanarak beyaz ışığı oluşturan renklerin sıcaklığının nasıl değiştiğini kontrol etmek istedi [36]. Şekil 5.1'de Isaac Newton tarafından yapılan bir spectrum prizmasından beyaz ışığın nasıl farklı renklere ayrıldığı görülmektedir.



Şekil 5.1. Isaac Newton ve spektrum prizması.

William Herschel renkleri elde etmek için Newton'un daha önce yaptığı gibi bir prizma ve beyaz ışık kaynağı olarak güneş ışığını kullandı. Prizmadan geçen güneş ışığı prizmanın diğer tarafında tayflarına ayrılmış olarak gökkuşağındaki renkleri oluşturdu. Renkleri elde ettikten sonra her bir rengin sıcaklığını termometre yardımıyla ölçtü. Kırmızı renge doğru gidildikçe termometrenin üzerindeki göstergenin yükseldiğini fark etti. Çıplak gözle gördüğü tüm renklerin sıcaklığını ölçtükten sonra renk olmayan bölgeye geldiğinde göstergenin hala değiştiğini fark etti. Bu yaptığı deney sayesinde 1800 yılında İngiliz gökbilimci William Herschel Kızılötesi Enerji'nin varlığını ilk olarak tespit eden kişi oldu [37]. Şekil 5.2'de William Herschel'in Morötesi, Görünür Bölge ve Kızılötesi alanların varlığına dair çalışması resmedilmiştir.

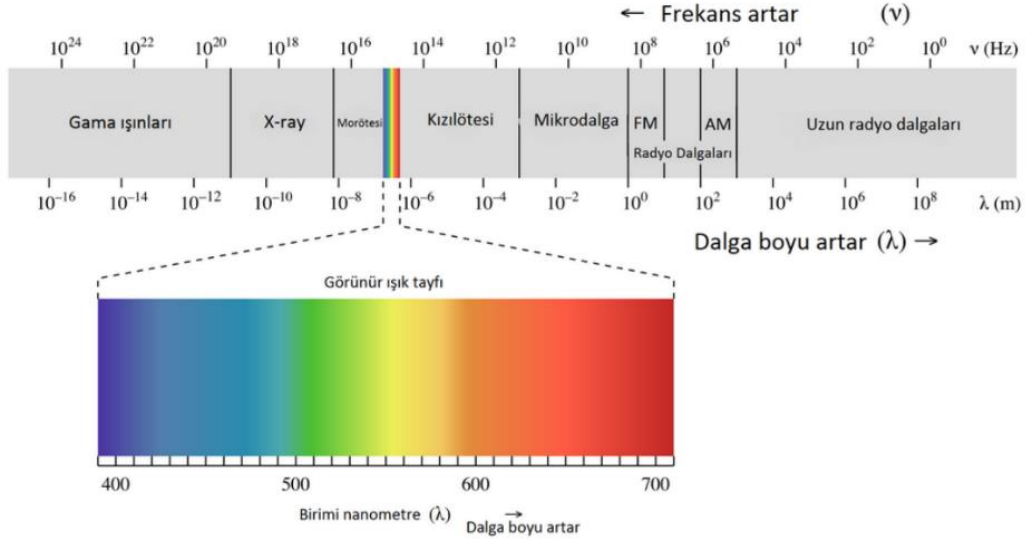


Şekil 5.2. William Herschel'in kızılötesi enerji çalışması.

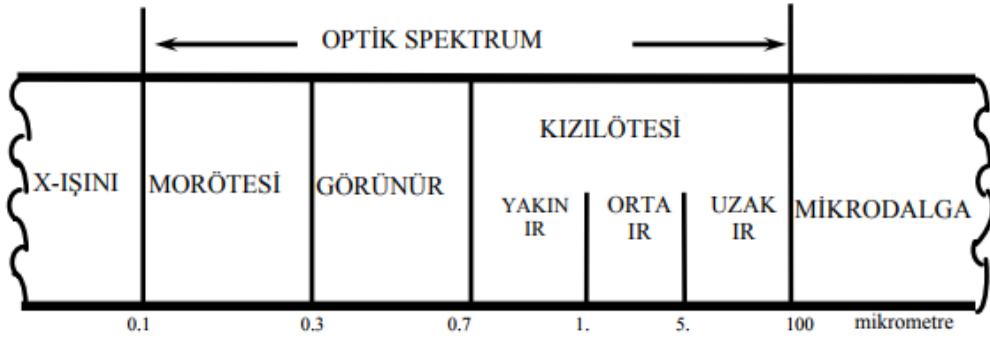
5.1. ELEKTROMANYETİK ENERJİ

Mutlak sıfır (0 K veya -273°C) noktasının üzerindeki sıcaklığa sahip tüm maddeler elektromanyetik enerji yaymaktadırlar. Bu enerji, elektromanyetik tayftaki mikrodalga, ışık ve X-ışınları enerjileri gibi madde içerisindeki molekül etkileşimleri sonucu ortaya çıkan doğal ışıma ile aynı niteliktedir. Işımanın miktarı, sıcaklık arttıkça artmakta ve frekansı yükselmektedir. Frekans yükseldiğinde dalgaboyu azalmaktadır [38]. Kızılötesi ışıma, elektromanyetik tayfin $0,72\text{-}1000\mu\text{m}$ arasındaki yakın, orta ve uzak kızılötesi olarak tanımlanan bölgesinde oluşmakta ve bazen ısı ışıması olarak da isimlendirilmektedir. Isı enerjisi denmesinin nedeni ise, bu ışımayı soğuran maddelerin ısınmaları gerçeğidir. Bu gerçeğe karşın kızılötesi enerjiyi, herhangi bir cismi yakabilen enerji ile karıştırmamak gereklidir. Çünkü kızılötesi enerji elektromanyetik ışımanın bir şeklidir.

Gece görüş cihazları; elektromanyetik spektrumun görünür bölge ve üzerindeki foton ve elektromanyetik enerjileri algılamak üzere tasarlanmış cihazlardır [39].

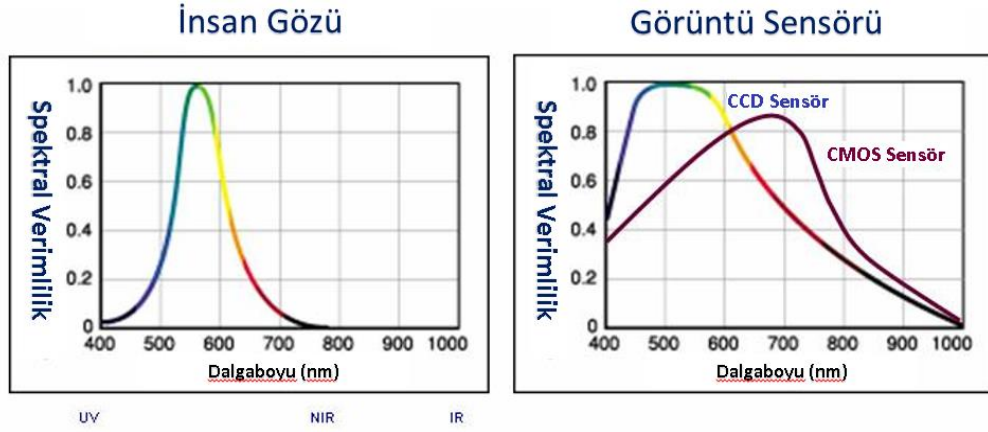


Şekil 5.3. Elektromanyetik spektrum.

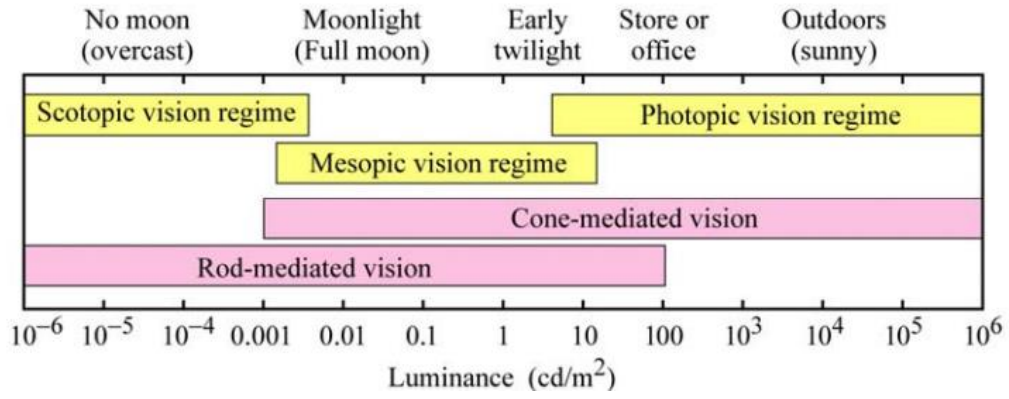


Şekil 5.4. Optik spektrum ve genel spektrum ilişkisi.

Şekil 5.3'te geniş bir kapsamda verilen elektromanyetik spektrum bilgilerine ek olarak Şekil 5.4'te kızılötesi alana ait yakın kızılötesi, orta kızılötesi ve uzak kızılötesi sınırları verilmektedir. Görünür bölge dışında kalan diğer alanlar insan gözünün algılayamayacağı dalga boylarında yer almaktadır.



Şekil 5.5. İnsan gözü, CCD ve CMOS sensörlerin spektral alandaki verimlilik grafiği.



Şekil 5.6. İnsan gözünün farklı ışık ortamlarına verdiği tepkiler.

Şekil 5.4'te yer alan görünür alanın dalga boyu aralığının Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'dan farklı olmasının nedeni insan gözünün gündüz verdiği tepkinin (Fotopik Görüş) gece verdiği tepkiden (Skotopik Görüş) farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Fotopik görüş (Photopic Vision), retina koni hücrelerinin parlak ışığa uyum göstermesi sonucu, gün ışığında gerçekleşen görme işlemidir [40].

Skotopik görüş (Scotopic Vision), retina çomak hücrelerinin az ışığa uyum göstermesi sonucu, gece gerçekleşen görme işlemidir [41].

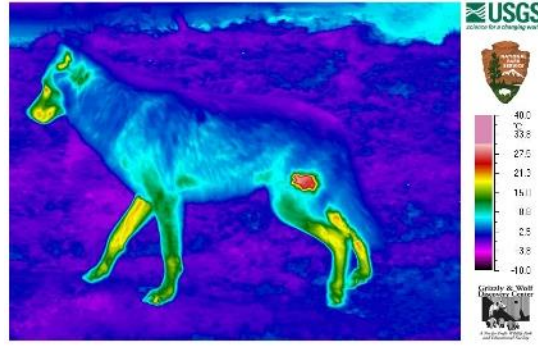
5.2. TERMAL, KIZILÖTESİ VE YAKIN KIZILÖTESİ GÖRÜNTÜLEME SİSTEMLERİ

“Termal Işınım Kuramına” göre, hedef nesne ile arka plan mutlak sıcaklık farkına göre ve ışıının kontrastına bağılı olarak bir ışıının yapmaktadır [42].

Termal kamera sistemleri 900-14000 nanometre spektral aralıktaki elektromanyetik kızılötesi ışıınımları özel sensörleri aracılığıyla algılayıp görüntüye çevirirler.

Standart kameralar görüntüyü ortamdaki ışık sayesinde oluştururken termal kameralar görüntüyü cisimlerin yaydığı ısı sayesinde oluştururlar. Benzer bir şekilde insan beyni ve gözü görüntüyü oluştururken yararlanılan renk ve ışııktan yararlanılırken renk farklılıkları önemlidir. Beyaz bir duvar önünde bulunan beyaz bir nesneyi fark etmek oldukça zor olduğı gibi ortam sıcaklığıyla eş değıer sıcaklığa sahip bir nesnenin termal kameralar ile görüntülenebilmesi de oldukça zordur. Termal kameralarda kullanılan objektifler çok küçük sıcaklık farklarını yakalayabilecek (0.01°C gibi) ve bu farklılıktan görüntü oluşturabilecek özelliktedirler. Ayrıca görüntü oluşturabildikleri belli bir sıcaklık aralığına sahiptirler. Her sıcaklık değıerinde farklı kızılötesi yayılımlar olduğı ve her kızılötesi yayılımın farklı dalga boyuna sahip olmasından dolayı da bu objektifler belli sıcaklık aralıklarında görüntü verebilirler. Askeri amaçlı kullanılan termal kameralar genellikle doğada bulunan cisimlerin ortak kızılötesi yayılımlarının olduğı 8 ile 14 μm dalga boyuna duyarlı oldukları gibi endüstriyel tipte olan termal kameralar daha düşük dalga boylarındaki elektromanyetik ışıınımları algılayabilecek hassasiyetle üretilirler ve bu sayede daha yüksek veya daha düşük sıcaklıklarda da görüntü oluşturabilme özelliklerine sahip olabilmektedirler [43].

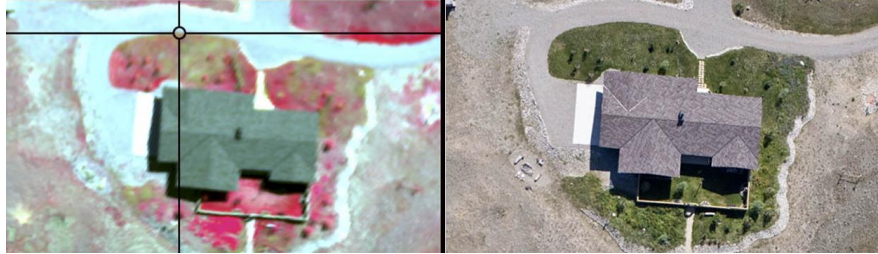
Şekil 5.7’de karanlıkta bir kurdun termal kamera ile alınmış görüntüsü mevcuttur. Görüntüdeki kırmızı, sarı, yeşil ve açık mavi alanlar hayvanın vücut sıcaklığını göstermektedir.



Şekil 5.7 Termal kamera ile görüntülenen kurt.

Kızılötesi ışınlar yakın (NIR), orta (MIR), ve uzak kızılötesi (LIR) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır [44].

Karanlık ortamlarda dezavantajlı olan görüntüleme aygıtlarının avantajlı hale dönüştürülebilmesi için uygun bir ışınım kaynağı ile söz konusu cismin aydınlatılması gerekmektedir. Böylelikle görüntülenecek olan cisimden veya bölgeden yansıyan ışınlar, elektromanyetik spektrumun insan gözünün algılayabildiği görünür ışıktan çok daha geniş bir bant aralığında algılanabilmekte ve görüntüleme yapılabilir.



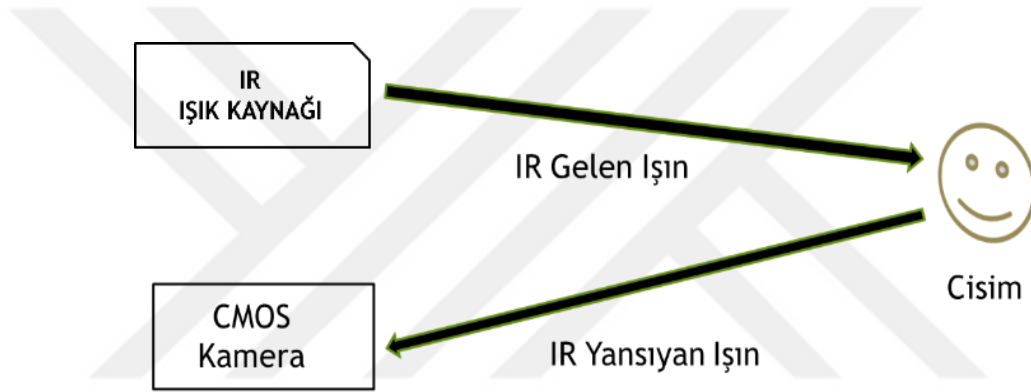
Şekil 5.8 Yakın kızılötesi görüntü (Sol)-gerçek RGB görüntü (Sağ).



Şekil 5.9 Orta kızılötesi (Sol)- uzak kızılötesi (Sağ).

Şekil 5.8’de müstakil bir eve ait gerçek görüntü şeklin sağ kısmında yer alırken sol kısımda ise yakın kızılötesi kamera ile alınmış hali yer almaktadır. Şekil 5.9’da ise açık alanda yanan bir varilin orta kızılötesi ve uzak kızılötesi kamera ile çekilmiş görüntüleri bulunmaktadır.

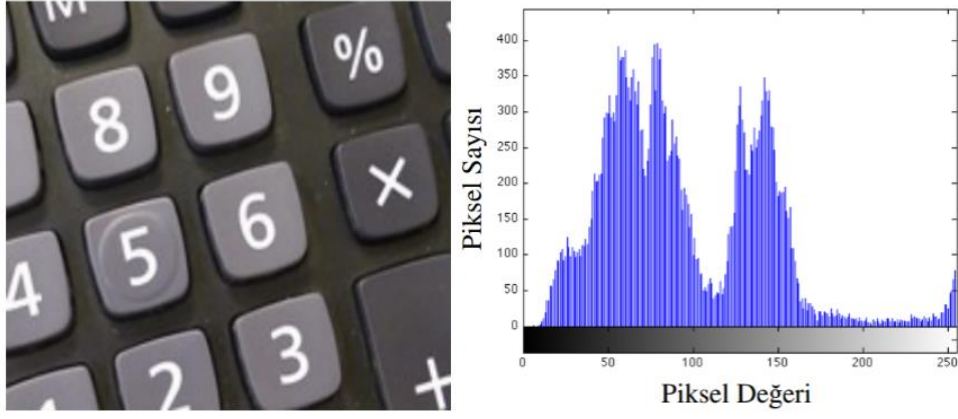
Şekil 5.10’da görüldüğü üzere kızılötesi ışık kaynağından çıkan fotonlar hedef cisim üzerine çarptıktan sonra kameranın filtresiz objektifinden geçmek suretiyle görüntü sensörüne ulaşırlar. Burada fotonlar elektriksel dönüşüme uğrar ve elektriksel gerilimler sensör üzerindeki görüntü işleme birimi tarafından anlamlandırıldıktan sonra nihai görüntü hafızada depolanır.



Şekil 5.10. IR Işık kaynaklı görüntülemenin temel çalışma prensibi.

5.3. HİSTOGRAM

Histogram; görüntü seviyesinin frekans dağılımını ifade eder. Örneğin gri görüntü için görüntü içerisinde her bir gri seviye değerine sahip kaç adet piksel olduğunu grafiksel olarak gösterir. Görüntünün ne kadar karanlık veya aydınlık olduğunu tanımlamaya yarar. Grafiğin dikey eksen piksel sayısını, yatay eksen ise gri değeri ifade ettiği düşünülürse, 8 bit gri seviyeye sahip bir görüntüde, yatay eksen 0-255 arasında gri seviye değerlerini dikey eksen de her bir gri seviyeden görüntü içerisinde kaç adet olduğunu gösterir (Şekil 5.11). Şayet dikey eksenindeki piksel sayıları toplanır ise görüntünün barındırdığı toplam piksel sayısı öğrenilebilir. Bunun sebebi her pikselin bir gri değere sahip olmasıdır [45].



Şekil 5.11 Görüntü ve görüntüye ait gri histogram grafiği.

BÖLÜM 6

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI ve OPTİK SİSTEMLERİN TARIMDA KULLANIMI

Arazi örtüsü ve arazi kullanımı sınıflarının doğru ve güvenilir bir şekilde tespit edilmesi sürdürülebilir doğal kaynak yönetimi, çevre uygulama, biyoçeşitlilik, ekoloji, şehir ve bölge planlama, doğal afet yönetimi ve iklim gibi çalışmalar için çok önemlidir [46]. Şekil 6.1’de hassas tarım uygulamalarında kullanılan İHA ve görüntüleme teknolojileri resmedilmiştir.



Şekil 6.1. Hassas tarım uygulamaları.

İklimsel olaylara bağlı olarak zamanla yarışılan alanlarda en güncel teknolojik imkanlardan faydalanmak oldukça önemlidir. Bu bağlamda günümüzde İnsansız Hava Araçlarına yerleştirilen yüksek çözünürlüklü multispektral (çoklu tayf) kameralar sayesinde alınan görüntülerin özel yazılımlar aracılığıyla işlenmesi sonucu arazinin durumu, verimi, ekim deseni, bitki sağlığı ve toprak analizi gibi pekçok veriyi elde etmek mümkündür. Dünyada olduğu gibi son dönemlerde ülkemizde de tarım sektöründe yaygın olarak multispektral kamera destekli İHA’lar kullanılmaktadır.

6.1. TARIM ALANLARINDA İLAÇLAMA FAALİYETLERİ

Tarihin en eski devirlerinden günümüze kadar zararlıları tarım alanlarından uzak tutmak için çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Günümüzde bu işlemler için kimyasal bileşenlerden yararlanılmaktadır. Dünya çapında tarımsal ilaçlama faaliyetleri karadan ve havadan olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Ancak havadan yapılan ilaçlama hem uygulama alanının hemde komşu parsellerin aşırı dozda kimyasala maruz kalmasına sebep olmaktadır. Ayrıca hava yoluyla yapılan ilaçlamasonrasında kimyasalın rüzgar tarafından geniş bir çevreye yayılması nedeniyle uçakla yapılan ilaçlama faaliyetleri 2006 yılındaki adı Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı olan ve Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı adını alan kurum tarafından yasaklanmıştır. Yasaklanma işlemi nedeniyle ilaçlamalar sadece karadan püskürtme mekanizmasına sahip pülverizatörler ve atomizörler ile gerçekleştirilmektedir. Şekil 6.2’de görüldüğü üzere bir tarım alanı tek motorlu uçakla havadan ilaçlanmaktadır. Şekil 6.3’te arazide bir traktör sıra aralarına girmek suretiyle basınçlı pülverizatör kullanarak ilaçlama işlemini gerçekleştirmektedir.



Şekil 6.2. Uçakla ilaçlama.



Şekil 6.3. Karadan pülverizatör ile ilaçlama.

Karadan püskürtmeli ilaçlama sırasında kullanılan atomizör ve pülverizatör trakör'e bağlanmak suretiyle arazide çalıştırılır. Karadan yapılan bu ilaçlama yönteminin dezavantajları, operatörün kimyasal ilacı hava yoluyla soluması sonucu toksik etkilere maruz kalabilmesive arazi çalışması sırasında ekinlerin ezilmek suretiyle tahrip olmasıdır. Yapılan araştırmalara göre tarım alanlarında meydana gelen bu hasar araziden elde edilen verimin %5'ine karşılık gelmektedir. Ek olarak, sırt pülverizatörleri aracılığıyla uygulanan ilaç araziye eşit oranda dağılmadığı için ürün ve toprak ya yer yer aşırı doza maruz kalmış ya da yeterli miktarda ilaç uygulanmayan alanlarda zararlılar üzerinde öldürücü etki yapamamıştır. Çeltik arazileri gibi hareket alanı kısıtlı olan araziler için karadan ilaçlama işlemlerinin sıkıntılı olacağı da göz önünde bulundurulmalıdır [47].

Tüm bu etmenler nedeniyle özellikle 2006 yılındaki yasaklama sonrasında tarım alanlarının İnsansız Hava Araçları vasıtasıyla ilaçlanması üzerine ulusal çalışmalar ivme kazanmıştır.

Ülkemizde Avrupa Birliği uyum süreci kapsamında 2009-2012 yılları arasında çıkartılan kanunlarla yüksek irtifadan ilaçlama kontrol altına alınmıştır. Teknolojideki son gelişmelerle birlikte tüm bu problemler uzaktan bir pilot tarafından kontrol edilebilen küçük insansız helikopterler kullanılarak yere çok daha yakın ilaçlama yapılarak aşılmaya çalışılmaktadır ve pilotlu zirai ilaçlama uçakları yerlerini küçük insansız helikopterlere bırakmaktadır. Bu araçlar ulaşması zor ve çetin tarım alanlarında ilaçlama ya da gübreleme gibi görevleri yerine getirmektedir [48].

Otonom İHA'lar tarafından yapılan ilaçlama faaliyetleri sırasında önceden belirlenen alanlara istenilen miktarda ve en önemlisi araziye temas etmeden ilaçlama işleminin gerçekleştirilmesi oldukça elzem bir yöntemdir. Böylece gerek girdi maliyetlerinin düşmesi gerekse toprak, çevre ve nihai tüketici olan insanın sağlığı azami derecede korunmuş olacaktır.

Şekil 6.4 te DJI Agras Mg-1 özel tertibatlı multikopter tarlayı ilaçlamaktadır. Şekil 6.5'te ilaçlama sırasında multikopterin arazideki konumu gösterilmektedir.



Şekil 6.4. AGRAS MG-1 ilaçlama işlemi.

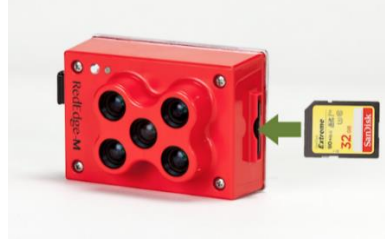


Şekil 6.5. Drone ilaçlama hareket rotası.

6.2. TARIM ALANLARINDA ÜRÜN YÖNETİMİ

Gelişen mekatronik ve optik teknolojiler aracılığıyla araziye girmeden havadan yapılan çekimlerle hastalık, gübre, element, nem durumu ve ürün rekolte tahmini gibi pekçok bilgilere sahip olmak mümkündür. Bu işlemler sırasında GPS ve sensörlere sahip bir İHA'ya entegre edilmiş olan yüksek çözünürlüklü multispectral kameralar kullanılmaktadır.

Şekil 6.6 ve Şekil 6.7'de yer alan Multispektral (Çoklutyf) kameralar tarım alanlarında insan gözünün algılayamayacağı dalga boylarında görüntüler alma yeteneğine sahip cihazlardır. Bu cihazlar entegre edildikleri otonom İnsansız Hava Araçları aracılığıyla tarım arazileri üzerinde bir tarama işlemi yapmak suretiyle görüntüleri toplarlar ve hafızalarına kayıt ederler.

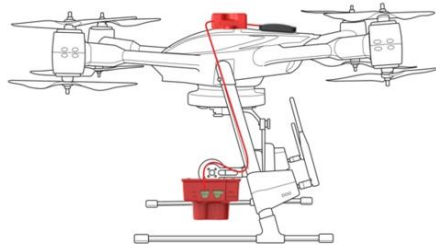


Şekil 6.6. RedEdge-M RGB kamera.

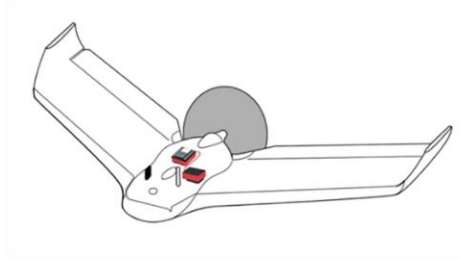


Şekil 6.7. Parrot sequoia NDVI kamera.

Bu özel kameralar Sabit kanatlı (Şekil 6.9) ve Multikopter (Şekil 6.8) olmak üzere 2 tip İHA'ya entegre edilir. Bu İHA'lara takılan kameraların daha net ve titreşimsiz görüntü alımı yapabilmesi için görüntü sabitleyici, ışık stabilize edici sensörler kullanılmaktadır.



Şekil 6.8. Multikopter İHA.

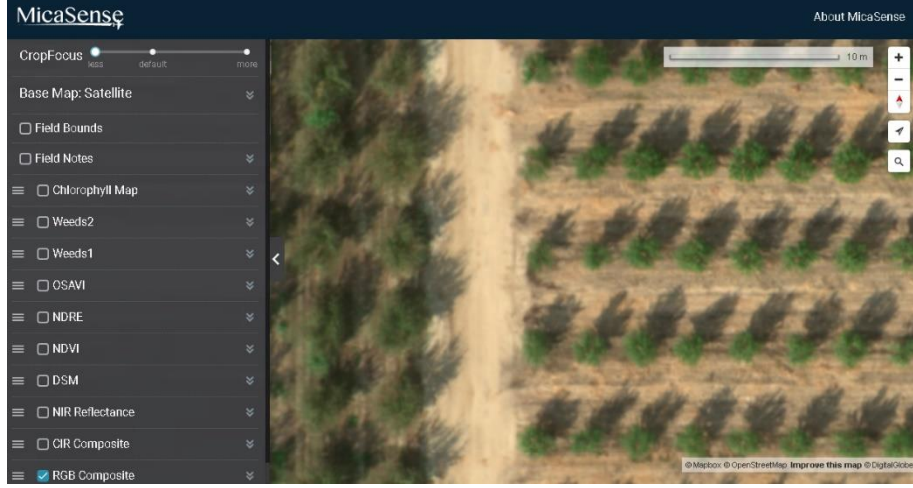


Şekil 6.9. Sabitkanat İHA.

Tarım arazilerinde istenilen analizleri yapabilmek için öncelikle ürün ile toprağın ayrılabilmesi gerekir. Bu ayrımı yapabilmek için çeşitli bantlarda alınan görüntülerden yararlanılır. Kısaltması RGB olarak adlandırılan Red-Green-Blue (Kırmızı-Yeşil-Mavi) bandı dışında kalan görüntüler insan gözünün algılayamayacağı dalga boylarına sahiptir. Kızılötesi (IR), Yakın Kızılötesi (NIR), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), Klorofil bantları bunlardan bazılarıdır.

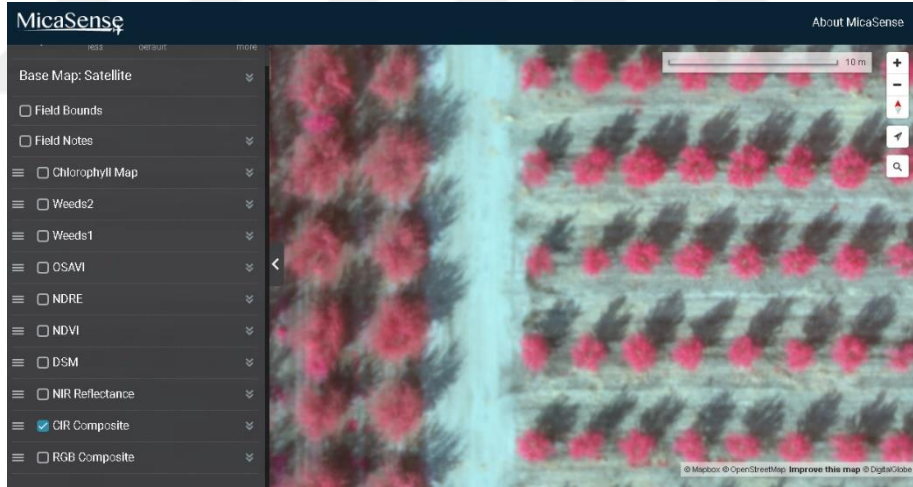
Dijital dünyada renkler üç ana renk olan Kırmızı (Red), Yeşil (Green) ve Mavi (Blue)'nin birleşmesi ile oluşmaktadır. RGB renk modelini oluşturan bu unsurlar ana renkler olup herhangi iki rengin karışımıyla elde edilemezler [49].

Bir renk uzayında insan gözünün gördüğü tüm nesnelerin renkleri kırmızı (RED), yeşil (GREEN) ve mavi (BLUE)'nin çeşitli tonlarda karışımı ile gerçekleşmektedir. R (255,0,0), G (0,255,0) ve B (0,0,255) şeklinde renk sıralamasına göre kodlanmaktadır. Histogram grafiklerinde 0 değeri karanlık 255 değeri aydınlığı temsil etmektedir [50]. Söz konusu değerlerin kombinasyonları sonucunda nesnelerin üzerindeki detaylar analiz edilebilmektedir.

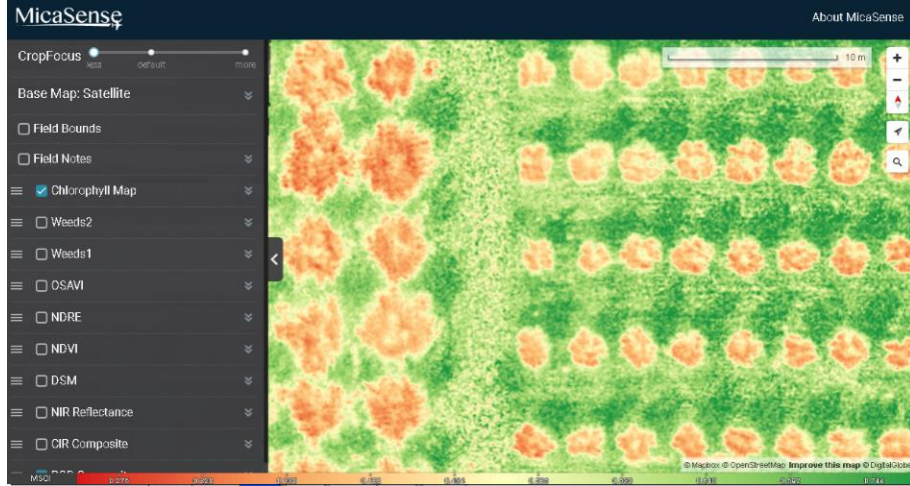


Şekil 6.10. Gerçek görüntü (RGB).

Şekil 6.10’da yer alan araziye ait gerçek görüntünün Kızılötesi (IR) bandında bitkilerin yeşil tonları Şekil 6.11’de yer aldığı üzere kırmızı renkte görüntülenir. Bitkilerin canlılık ve kuruluk durumuna göre bu kırmızı renk tonu değişmektedir.



Şekil 6.11. Kızılötesi bant görüntü.

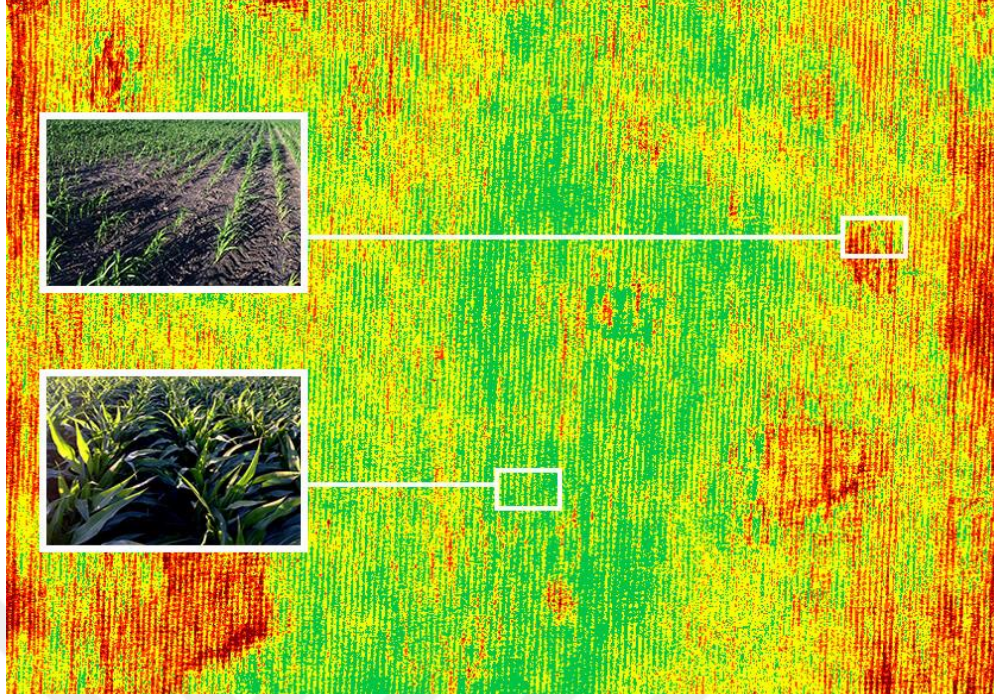


Şekil 6.12. Klorofil haritası.

Şekil 6.12 de görüldüğü üzere Klorofil bandında bitkinin bünyesindeki klorofil ateş kırmızısı renkle, arazi ise yeşil renkle tanımlanmıştır. Görüntülerdeki renk koyuluğu ve açıklığı bitkilerin olgunluk durumunu göstermektedir.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) olarak tanımlanan Normalize Edilmiş Farklı Bitki Örtüsü İndisi yeşil biyokütle ve yaprak alanı ile yakından ilişkilidir. Bu yüzden tarımsal verim ve ürünün anlık durumunu takip etmede yaygın olarak kullanılan bir indistir [51].

NDVI bitkilerin; 0,62 μm -7 μm dalgaboyu değerleri arasında yer alan kırmızı bant (R) ile 0,7-1,5 μm dalga boyu değerleri arasında yer alan yakın kızılötesi (NIR) bantta oluşturdukları yansıma değerleri aracılığıyla tespit edilen değerlerdir. Kırmızı bant doku içerisindeki klorofile duyarlı iken yakın kızılötesi bant ise klorofile karşı hassastır. Dolayısı NIR yüksek yansıma değerlerine sahiptir [52]. Bu iki görüntünün sentezlenmesi sonucunda NIR(Near-İnfrared) denilen Yakın Kızılötesi bant verisinin işlenmesi sonucu elde edilmiş görüntülerdir. Şekil 6.13'te örnek bir arazinin Normalize Edilmiş Farklı Bitki Örtüsü İndisine göre oluşturulmuş bir görüntü yer almaktadır.



Şekil 6.13. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) görüntü.

6.3. YABANİ HAYVANLARA KARŞI TARIM ALANLARININ VE KÜMES HAYVANLARININ KORUNMASI

Çiftçilerimiz sadece doğal etmenler nedeniyle ürünlerini kaybetmezler. Kimi zaman yabani hayvanların (yaban domuzu, tilki, köstebek, gelincik vs.) neden olduğu hasarlar daha büyük çapta meydana gelmektedir. Örnek vermek gerekirse birçok Avrupa ülkesinde yaban domuzları tarım alanlarına verdikleri hasarla ünlüdürler. 1996-2007 yılları arasında Lüksemburg'ta yapılan bir araştırmaya göre Batı Avrupa sınırları içindeki 2.586 km²'lik alanda karşılaşılan 13.276 yaban domuzu vakası araştırmaya konu olmuş ve 10 yıllık süreçte 5.270.000 Euro tutarında bir zarar meydana gelmiştir [53]. Bu bağlamda tarımsal ürünler (üzüm, zeytin, kavun, karpuz, mısır vs.) ile açık ya da kapalı mekânlardaki kümes hayvanlarının yabani hayvanlardan korunması gerekir. Büyük tarım arazilerinin ve hayvan üretme çiftliklerinin kontrolü zahmetli ve zaman alıcıdır. Ayrıca karanlık çöktüğünde ve hava şartları (Soğuk, sis vs.) kötüye gittiğinde risk oldukça artmaktadır. Yaban domuzlarının ilgisini zeytin, kavun-karpuz, üzüm bağları çeker iken gelincik, tilki ve sansar gibi hayvanlarda kümes hayvanlarına saldırmayı tercih eder. Bu hayvanlara zamanında müdahale edilmez ise sadece 1-2 saat içerisinde bir bahçe ya da bir kümes dolusu hayvan telef olabilmektedir.

Koyun-keçi yetiştirmede başarıyı etkileyen önemli faktörlerden birisi yabani hayvanların saldırıları sonucunda meydana gelen ölümleri azaltmaktır. İşletme bazında sorunun farkına varmak ve çözüm yolu aramak önemli bir adımdır. Yabani hayvan zararına uğrayan işletmelerde hastalık dışı meydana gelen kuzu-oğlak ölümlerinde, çakal, tilki, kurt, vaşak, yaban domuzu gibi yırtıcı hayvanlar akla gelen ilk şüphelilerdir [54].

Yaz aylarında yaban domuzunun buğday, mısır, patates tarlaları, sebze bahçeleri gibi çeşitli ziraat alanlarında büyük zarara yol açtığı bilinmektedir. Gölcük Tabiat Parkı sınırları içerisinde kalan Darıdere yerleşim yeri vatandaşları ile yüz yüze yapılan görüşmelerde de aynı şikâyetleri bildirmiş olup, domuzun özellikle patates tarlalarına zarar verdiğini belirtilmişlerdir [55].

Amerikanın Tucson eyaletinde 2016 yılında yapılan bir habere göre üzüm bağlarında o yıl 300-400 ton verim bekleyen üzüm üreticileri yaban domuzlarının vermiş olduğu hasar nedeniyle ürünlerinin yarıdan fazlasının kaybettiklerini açıklamışlardır [56].

Yaban domuzları ayrıca içerdikleri yüksek protein, nişasta, basit şekerler ve diğerk besin elementleri nedeniyle demısır, meşe palamutu ve diğerk bitkisel beslenme kaynaklarını tercih ederler [57].

Şekil 6.14 ve Şekil 6.15'te yer görüldüğü üzere yabandomuzları başta mısır tarlaları olmak üzere beslenme için girdikleri arazilerde büyük kayıplara neden olurlar.



Şekil 6.14. Mısır tarlasındaki yaban domuzu hasarı.



Şekil 6.15. Gece görüntülenen yaban domuzları.

Tarım sektöründe gerek kümes gerekse büyük ve küçükbaş yayvancılık için tehlike yaratan diğer hayvanlardan ikisi Tilki ve sansardır. Bu iki hayvan yaban domuzlarından farklı olarak kümes hayvanlarının hayatlarını tehdit etmektedir. Girdiklerinde tek bir hayvanla yetinmeyip onlarcasını telef etmektedirler. Özellikle çok hızlı hareket etmeleri ve ince uzun bedenleriyle yakalanmaları zor olan zeki hayvanlardır.

Şekil 6.16'da ormanlık alanda bir sansarın gecegörüş özellikli bir fotokapana yakalanan görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 6.16. Arazide gece görüş kamerasına yakalanan sansar.

Şekil 6.17’de kümes hayvanına saldıran sansarın yarattığı hasar görüntülenmiştir.



Şekil 6.17. Sansar saldırısına uğramış bir kümes hayvanı.

Şekil 6.18’de görüldüğü üzere tilkiler karanlığı avantaja çevirip çiftlik hayvanlarına saldırmaktadır.



Şekil 6.18. Saldırı anında gece görüş kamerasına yakalanan tilki.

İşte bu noktada teknoloji imdadımıza yetişmekte olup bu proje kapsamında geceleri çiftlik görevlilerinin yerinden ayrılmadan belirli aralıklarla hızlı bir şekilde üretim alanlarını kontrol etmeleri için gece görüş sistemiyle donatılmış bir multikopter tasarlanmıştır. Söz konusu İHA sahip olduğu gece görüş özellikli multispektral (çoklutyf) kamera sayesinde tarım alanlarının yabani hayvan zararlılarına karşı korunmasında oldukça etkili bir yöntem olacaktır.

BÖLÜM 7

MATERYAL ve YÖNTEM

Bölüm 5’te optik spektrum’un kuramsal temelleri, CMOS ve CCD sensörlerin spektral verimliliği, elektromanyetik enerji ve kızılötesi görüntüleme konularında açıklamalar yapılmış ve çeşitli grafiklerle desteklenmiştir.

Materyal ve Yöntem bölümünde, çalışmada kullanılmış olan sistemlerin nasıl tasarlandığı ve teknik özellikleri verilerek, Şekil 5.7’de yer alan modelleme üzerinden, çalışmada yapılan testler ve aktif gece görüş sistemlerinin çalışma şekli, IR aydınlatma ile desteklenen CMOS kameranın karanlık arazi koşullarında göstereceği performans incelenmiştir. Sistemin uygulama aşamasında gerek yüksek çözünürlük gerekse anlık kablosuz görüntü aktarımı özelliğinden dolayı FIREFLY 5S marka CMOS dijital eylem kamerası tercih edilmiştir. Bu kameranın optik kısmında değişiklikler yapılmak suretiyle multispectral (çokluyayf) özelliği kazandırılmıştır. Çoklu tayf özelliği kazanan kameranın insan gözünün ve sıradan cihazların algılayamayacağı karanlık alanlarda anlık olarak görüntü verebilmesi ve gerektiğinde video yada fotoğraf kaydedebilmesi için her biri 48 adet 850 nm’lik IR LED içeren 2 adet aydınlatma devresi kameranın sağ ve sol taraflarına konumlandırılmıştır. Gece görüş destekli kamera ile havadan görüntü alabilmek için onu taşıyacak güçte ve manevra kabiliyeti yüksek olan ve gerektiğinde otonom uçuşlara imkân tanıyabilecek donanımlara sahip bir multikopter zaruri olmuştur. Bu nedenle ihtiyaçlara azami ölçüde karşılık verdiği için bir Quadcopter tercih edilmiştir. Söz konusu İHA sağlam gövde, güçlü motorlar, optimum ebatlar, GPS ve muhtelif sensörler içeren Ardupilot uçuş kontrolcüsüne sahip olduğundan stabil bir uçuşa imkan sunmuştur. Çalışma sırasında hem karadan hem de havadan gerçekleştirilen karanlık ortamda hedef görüntüleyebilme amaçlanmıştır. Her iki deney sonrasında alınan görüntüler IMAGEJ yazılımı aracılığıyla Histogram analizlerine tabi tutulmuş ve elde edilen veriler ışığında gecegörüş kamerasının performans ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

7.1. MATERYAL

7.1.1. Kamera

Gece görüş sisteminde karanlıktaki hedefi görüntülemek ve görüntüleri kaydetmek için bir kameraya gereksinim duyulmuştur. Şekil 7.1’de yer alan FIREFLY 5S CMOS dijital kamera yüksek çözünürlüğe ve wifi kontrol özelliğine sahip olduğu için tercih edilmiştir. Söz konusu kameraya ait teknik özellikler Çizelge 7.1’de yer almaktadır.



Şekil 7.1. CMOS dijital kamera.

Çizelge 7.1. Kamera teknik özellikleri.

Kamera Teknik Özellikleri	
Model:	FIREFLY 5S
Görüntü arabirimi	Novatek 966955
Sensör türü	CMOS
Fotograf çözünürlüğü	12MP,8MP,5MP
Video Çözünürlüğü	Max.1080p/30fps
Ayar ekranı	0.65" OLED
Çıkışlar	FPV uçuş için AV-Out ve micro USB
Wi-fi bağlantısı	Geliştirilebilir kablosuz bağlantı
Çekim zamanlama	Otomatik başlatma ve time-lapse
Pil kapasitesi	1600 mah

7.1.2. Kızılötesi (IR) Işık Kaynağı

Çalışmada multispectral kameranin karanlıkta görüntü alabilmesi için Kızılötesi (IR) bir ışık kaynağı ile desteklenmesi gerekmektedir. LED aydınlatma devresi için Şekil 7.2’de yer alan ve üzerinde 48 adet Kızılötesi led barındıran 2 adet FY-16048 model devre kullanılmıştır.



Şekil 7.2. Kızılötesi LED aydınlatma devresi.

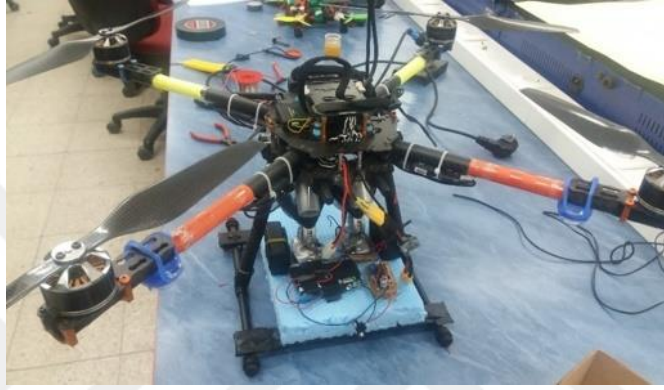
FY-16048 model kızılötesi aydınlatma devresine ait teknik özellikler Çizelge 7.2’de verilmiştir.

Çizelge 7.2. IR devre teknik özellikleri.

Kızılötesi (IR) Aydınlatma Devresi Teknik Özellikleri	
Model:	FY-16048
Aydınlatma türü:	Infrared (IR)
Voltaj:	DC12V
Elektrik akımı:	280-300mA
Devre yüzeyi:	PCB plaka
Aydınlatma açısı:	30°-45°-60°-90°
Aydınlatma menzili:	5-20m
Dalgaboyu:	850nm
Led sayısı:	48 adet
Çalışma ömrü:	20.000 sa

7.1.3. İnsansız Hava Aracı

Kamera ve kızılötesi aydınlatma sisteminin taşınması ile arazide istenilen mesafe ve irtifalarda görüntü alma işleminin sağlıklı yapılabilmesi için bir multikopter'e ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaç doğrultusunda optimum şartları taşıyan bir quadcopter kullanılmıştır. Şekil 7.3'de yer alan quadcopter havadan görüntü almamızı sağlayacaktır.



Şekil 7.3. Gecegörüş sistemini taşıyan quadcopter.

Gecegörüş sisteminin yüklendiği quadkoptere ait teknik özellikler Çizelge 7.3'te yer almaktadır.

Çizelge 7.3. Taşıyıcı quadkopterin teknik özellikleri.

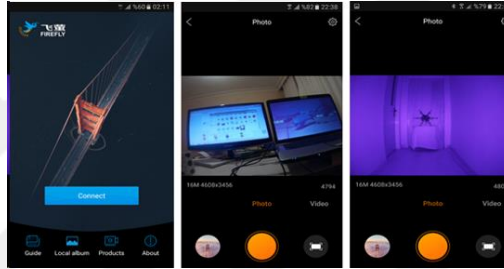
Taşıyıcı Quadkopterin Teknik Özellikleri	
Gövde:	TAROT IRONMAN 650
Gövde malzemesi:	Karbon fiber
Motor markası:	T-MOTOR MN4014-9
Motor Gücü:	400
Motor Adeti:	4
Pervane çapı:	15
Uçuş kontrolcüsü:	APM 2.6
ESC:	Hobbyking 40 A
Batarya:	Gens 5000mah 6S Li-po
Kumanda:	Turnigy İ6

7.1.4. Yazılımlar

7.1.4.1. Hawkeye Firefly

Bu çalışma sırasında gerek karadan gerekse quadcopter üzerinde havadan yapılan çekimlerde kameranın anlık kontrolü ve görüntü takibi için Hawkeye FireFly isimli android tabanlı uygulama kullanılmıştır.

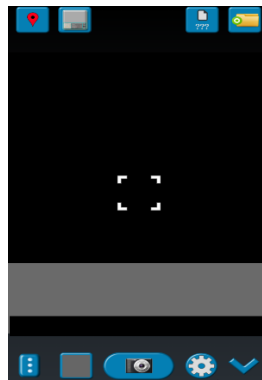
Uçuş sırasında görüntü alım işleminde kullanılan Hawkeye FireFly uygulamasına ait ekran görüntüleri Şekil 7.4’te yer almaktadır.



Şekil 7.4. Hawkeye FireFly kamera wifi kontrol uygulaması.

7.1.4.2. GPS Map Camera

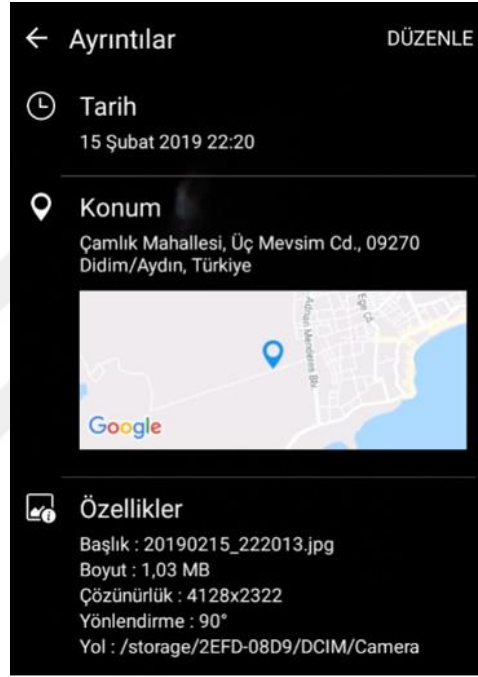
Çekimin yapıldığı araziye ait anlık konum koordinatları ve meteorolojik koşulları tespit edebilmek için Şekil 7.5 te yer alan android tabanlı GPS Map Camera yazılımından yararlanılmıştır.



Şekil 7.5. GPS Map Camera Android Uygulaması.

GPS Map Camera aracılığıyla çekilen her görüntünün içine yukarıda belirtilen bilgiler gömülmektedir. Böylece elde edilen görüntüler hangi bilgisayar, tablet yada telefonda açılrsa bu öz niteliklere erişilebilmektedir.

Uygulamanın yapılacağı sahaya ait konum bilgileri ve googlemaps görüntüsü Şekil 7.6’te, anlık tahmini meteoroloji verileri Şekil 7.7’de ve saha ile çekilen test görüntüsüne ait diğer detaylar Şekil 7.8’de yer almaktadır.



Şekil 7.6. Saha uydu konumu (Googlemaps).



Şekil 7.7. Saha meteoroloji bilgileri.

Back	Detail
Camera Info	
Make	samsung
Model	SM-J500F
Flash	Flash did not fire.
Focal Length	3.7 mm
Aperture	1.9
Exposure Time	0.0588 or 10/170 sec
White Balance	auto white balance
ISO	1250
Orientation	right, top (6)
GPS Info	
Latitude	37.352016 or 37°21'7" N
Longitude	27.258173 or 27°15'29" E
Altitude	6600/100
File Path	
Folder Name	/storage/emulated/0/Pictures/JK_Fantasy/GpsMapCamera
File Name	20190216_110302(PM)_37.352016_27.258173_37°21'7" N_27°15'29" E_[map].jpg
File Size	
File Size	286 KB
Image Width	4128 pixels
Image Height	3096 pixels
File Time	
Modified Time	16 Şub 2019 23:03:04
Capture Time	2019:02:16 23:03:02

Şekil 7.8. Saha koordinatları ve görüntü öznetelikleri.

7.1.4.3. Ardupilot Mission Planner

Gerek Sabit kanatlı gerekse döner kanatlı İnsansız Hava Araçlarının uçuş kontrolcülerinin, motor ve hız kontrolcülerinin kalibrasyonu ile gerektiğinde otopilot fonksiyonlarının kullanımında çeşitli programlar kullanılmaktadır. Bizim kullanmış olduğumuz uçuş kontrolcüsünün Arducopter olması sebebiyle uçuş kontrolcüsünün, motorların ve elektronik hız kontrolcülerinin sisteme tanımlanmasını ve kalibre edilmesini sağlamak için Ardupilot Mission Planner uygulamasından yararlanılmıştır. Quadkopterin montajı sonrasında GPS'ten alınan ilk sinyalin yerinin gösterildiği program ekran görüntüsü Şekil 7.9'de yer almaktadır.



Şekil 7.9. Ardupilot Mission Planner (İlk deneme Anlık Cihaz Konumu).

Ardupilot Mission Planner programı aracılığıyla İHA'ya otonom uçuş için görev tanımlamak mümkündür. Şekil 7.10'da örnek bir görev tanımlama yer almaktadır.



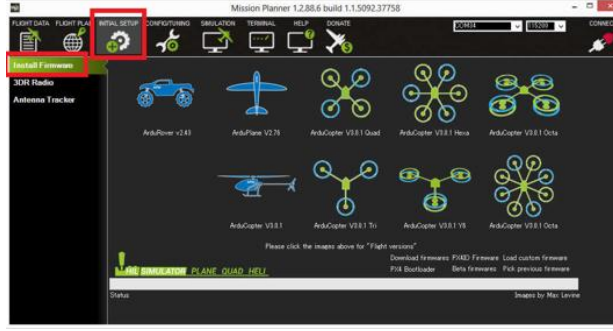
Şekil 7.10. Ardupilot Mission Planner (Örnek görev konum tanımlama).

Şekil 7.11’da görüldüğü üzere İHA’nın telemetri sensörlerinden program aracılığıyla bilgisayara cihazın irtifa koordinat, pil durumu uçuş alanına ait uydu görüntüsü gibi pekçok bilgi aktarılmaktadır.



Şekil 7.11. Ardupilot Mission Planner (Örnek anlık cihaz yükseklik göstergeleri).

Şekil 7.12’da yer alan program ekran görüntüsü cihaz kurulumu sırasında kullanılan aşamaları göstermektedir.



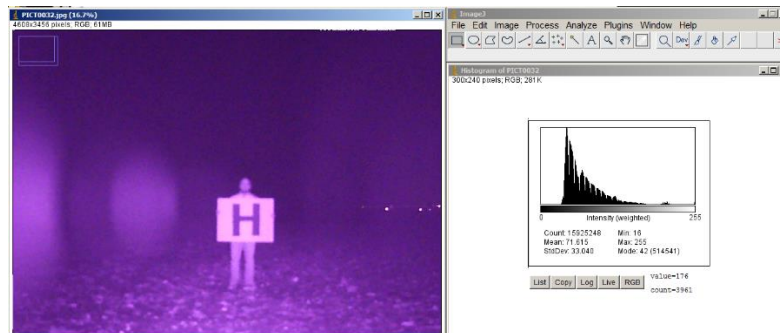
Şekil 7.12. Ardupilot Mission Planner (Uçuş Kontrolcüsü kurulum paneli).

7.1.4.4. ImajeJ Görüntü Analiz Yazılımı

Gerek laboratuvar ortamında gerekse havadan alınan görüntülerin işlenmesi ve bu şekilde kameranın menzilin tespiti için bir görüntü işleme yazılımına ihtiyaç duyulmuştur. ImageJ sadece genel kullanım amaçlı olmasının yanında aynı zamanda her işletim sisteminde çalışabilme yönüyle eşsiz bir konuma sahiptir [58].

Söz konusu program aracılığıyla görüntülere ait RGB Histogram verileri elde edilmiş ve çalışmanın ilerleyen bölümlerinde elde edilen histogram verileri ışığında kurulan denklemler aracılığıyla kameranın menzili tespit edilmeye çalışılmıştır.

Şekil 7.13’de 4 metre mesafeden yakın kızılötesi kamera sistemiyle çekilmiş olan bir görüntü ve bu görüntüye ait ImageJ ile alınmış histogram analizi yer almaktadır.



Şekil 7.13. ImageJ Görüntü histogram analizi.

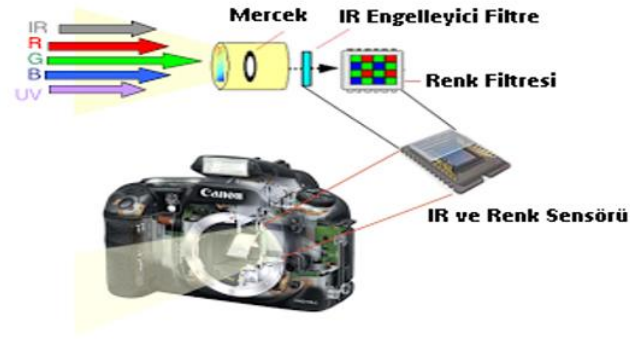
7.2. YÖNTEM

7.2.1. CMOS Kameraya Çokluyayf Özelliğinin Kazandırılması

İnsan gözünün nesneleri algılayamayacağı derecedeki karanlık ortamlarda görüş yeteneğİ kazanabilmek için özel donanımlara gereksinim vardır. Bu özel gecegörüş sistemini tasarlariken CMOS sensöre sahip bir eylem kamerası üzerinde çalışılacaktır. Yüksek çözünürlüklüğe sahip CCD (Charge Coupled Device-Yüklenme İliştirilimiő Araç)/CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor-Bütünleyici Metal Oksit Yarı İletken) kameraların ve dizüstü bilgisayarların yardımı ile taşınabilir, ucuza mal edilebilen buna rağmen yüksek performanslı sayısal sistemleri gerçekleştirme potansiyeli gün geçtikçe artmaktadır [59].

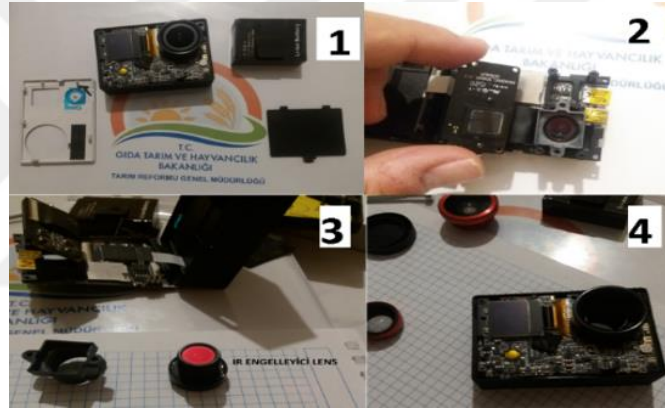
Fabrikasyon çıkışlı standart kullanıcı kameralarında birçok özellik kısıtlanmıştır. Dijital kameralar standart görüntü alma işlemlerinde belirli bir tayf aralığını (görünür tayf) kullanırlar. Görünür ışık dalgaboyu aralığı ortalama bir değeri olan 300-700 nm'dir [60].

İnsan gözü sadece mavi ve kırmızı dalgaboylarını görmektedir. Renkli imaj algılayıcı sensörleri ise daha fazlasını algılamaktadır. İmaj sensörü uzun dalgaboylu infrared ışığı görebilir özelliktedir. İmaj sensör üzerine infrared radyasyonun gelmesi kameraların renkleri insan gözünden farklı olarak görmesini sağlar. Bu sebeple optik bir camdan oluşan IR Filtre imaj sensörüyle mercek arasına yerleştirildiğİ için infrared ışınlar bloke edilir ve kameradan görülen renkler insan gözünün gördüğü renkle aynı olur [61]. Bu kısıtlama işlemini cep telefonları da dahil olmak üzere her kamerada uygulanmaktadır. Söz konusu filtre kaldırıldığında kamera multispektral (çoklu tayf) özellik kazanır. Bir dijital kameraların içyapısı ve çeşitli dalgaboylarına sahip fotonların kamera merceğinden ilerleyiőİ Şekil 7.14'te yer almaktadır.



Şekil 7.14. Dijital Kameraların içyapısı.

Standart bir dijital kameranın geniş dalgaboylarında görüntü alabilmesini sağlayacak multispectral dönüşümün aşamaları Şekil 7.15’te yer almaktadır.



Şekil 7.15. Kamera dönüşüm işlemi.

Aşama 1: Kameranın dış muhafazası, anakartı ve pili söküldü. Bu işlemde devre yanma tehlikesine karşı öncelikle pil çıkartıldı.

Aşama 2: Anakarta plastik bir aksamla sabitlenmiş olan ve üzerinde CMOS görüntü sensörü bulunan devre kartı sökülerek kendisine görüntü aktaran objektiften ayrıldı.

Aşama 3: Bazı kameralarda Kızılötesi ışık engelleyici (IR blocker) direkt görüntü sensörü üzerine yerleştirilir. Ancak kullanmış olduğumuz kamerada bu filtre objektifin CMOS sensöre temas eden kısmına yerleştirildiği için daha az riskle objektiften çıkarıldı.

Aşama 4: Filtrenin çıkarılma işleminin akabinde kamera tekrardan birleştirilip kapatıldı.

7.2.2. Kızılötesi (IR) Devrenin ve Güç Kaynağının Tasarımı

Bu bölümde gece görüş sistemi için üzerinde değişiklikler yapılan kameranın karanlık ortamlardaki nesneleri algılayabilmesi için kamerayı destekleyecek Kızılötesi (IR) Foton kaynağının tasarımı anlatılacaktır.

Görünür Işık aralığı olan 300-400nm değerlerinden daha yüksek seviyedeki karanlık alanlarda görüntü alabilmek için Kızılötesi aydınlatma kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Kızılötesi LED aydınlatma cihazları 10-135° arasında çeşitli açılarda 730 nm, 850 nm ve 940 nm dalga boylarında ışık yayacak şekilde üretilirler [62].

Termal kamera gibi elektromanyetik spektrumun görünür ışık dalga boyu dışında yeralan yansımaları kaydedebilen alıcılar, çıplak gözle ve standart dijital kameralar tarafından belirlenemeyen birçok alanda izleme, takip ve tespit yapma olanağı tanır [63].

Gerek termal gerekse termal alan dışı kameralarda ışık kaynağından hedefe gönderilen fotonlar hedef cisim üzerinden yansımak suretiyle kamera içerisinde objektif altında yer alan elektrik sensörüne ve oradan görüntü işleme sensörlerine aktarılır. Sensörler tarafından bizlerin algılayabileceği bir görüntü meydana getirilir.

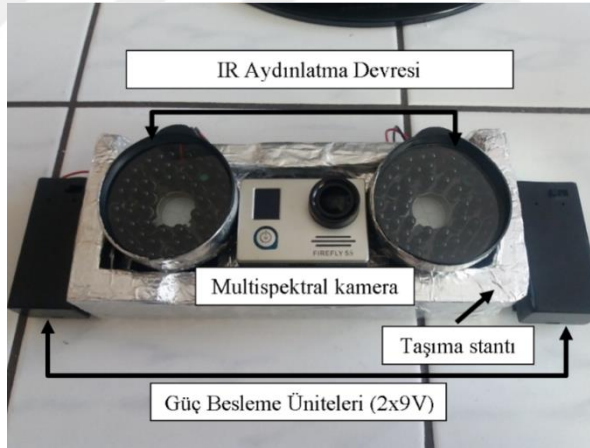
Bu çalışma termal alan dışı kamera kapsamında olup 850 nm dalgaboyunda ışık yayma kapasitesine sahip 96 adet IR Led ampulden oluşan bir IR aydınlatma devresi kullanılmış ve multispektral kameranın her iki yanına konumlandırılmak suretiyle karanlık deney ortamlarında yerde ve havada (multikopter üzerinde) azami kalitede görüntüleme yapılmıştır.

Şekil 7.16’da multispectral kameranın karanlıkta yakın kızılötesi dalgaboyunda görüntü alabilmesini sağlayacak olan IR led devre ve güç besleme ünitesi yer almaktadır.



Şekil 7.16. IR Led ve güç besleme ünitesi

Şekil 7.17’de taşınabilir hale getirilmiş olan Gecegörüş kamera sistemi yer almaktadır.



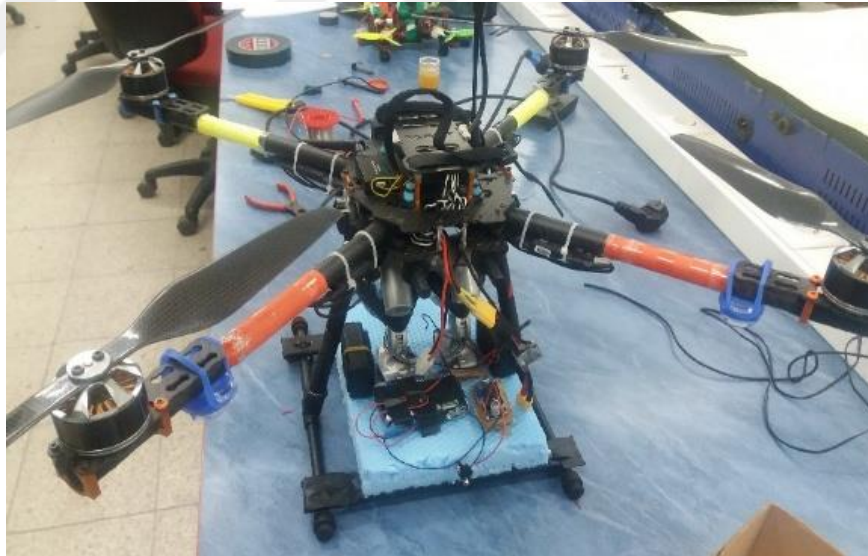
Şekil 7.17. Gecegörüş özellikli Multispektral kamera prototipi.

7.2.3. Taşıyıcı İnsansız Hava Aracının Tasarımı

Gelişen robotik teknolojiler çeşitli konulardaki karmaşık görevleri yerine getirme konusunda otonom araç gruplarından yararlanmayı mümkün kılmıştır. Ayrıca bu teknolojiler günümüzde düşük maliyetli olarak tedarik edilebilmektedir [64].

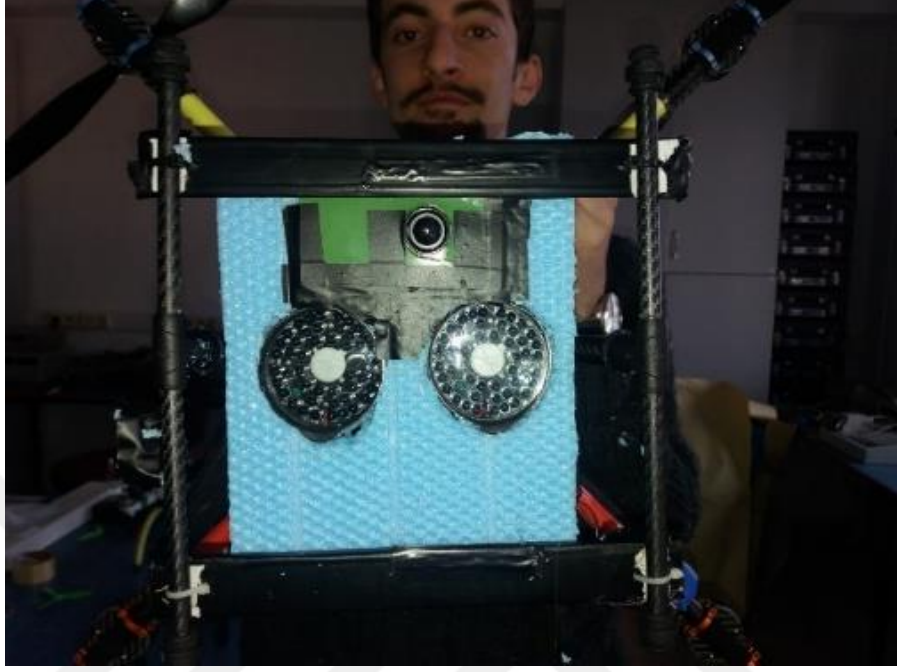
Bu bölümde bir önceki aşamadaki karanlık (0nm) ortamda görüntü alabilmek için tasarlanan Gecegörüş kamera sisteminin arazide istenilen irtifa ve menzilde görüntü alabilmesi için uygun bir İHA tasarımına geçilmiştir. Bu safhada öncelikle kamera sisteminin ağırlığı göz önünde bulundurulmuştur. Çünkü uçuş sırasında İHA gerek rüzgar kuvvetine gerekse jeolojik (yerçekimi) etmenlerine maruz kalacaktır. Dolayısıyla tüm bu etmenlere karşı azami ölçüde mukavemet gösterebilecek bir taşıyıcı cihazın oluşturulmasına gayret gösterilmiştir. Bu çalışmada karbon-fiber gövde ve herbiri 700KV gücünde 4 adet motordan oluşan quadrotor kullanılmıştır. Kullanılan quadrotor'un stabil uçuş yapabilmesi için üzerine dahili pusulaya sahip GPS (Coğrafi Konum Belirleme) anteni yerleştirilmiştir. Böylece cihaz dünyadaki konumunu bilerek uçuş kontrolcüsündeki sensörlerin yardımıyla zorlayıcı kuvvetlere (meteorolojik ve jeolojik) azami ölçüde karşı koyabilmiştir.

Şekil 7.18'de gecegörüş sisteminin monte edildiği quadkoptere ait görüntü yer almaktadır.



Şekil 7.18. Gecegörüş sistemli İHA.

Şekil 7.19’de görüldüğü üzere sağlıklı bir görüntüleme için kamera ve aydınlatma sistemi İHA’nın altına yerleştirilmiştir.



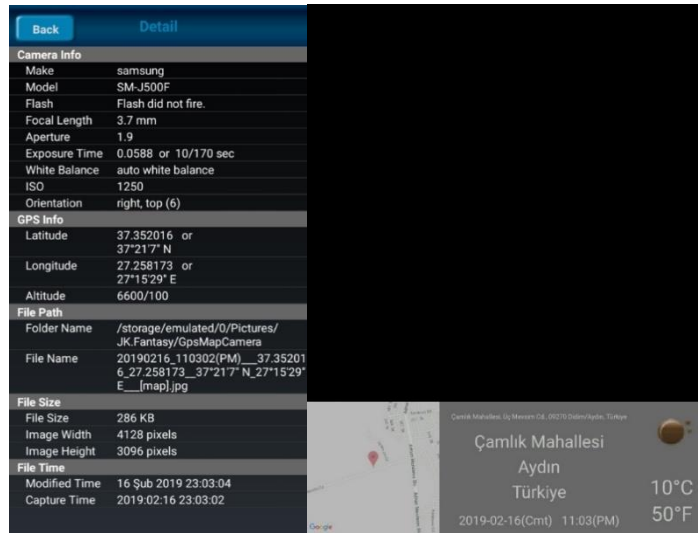
Şekil 7.19. Gecegörüş sistemli İHA (Alt).

BÖLÜM 8

UYGULAMA

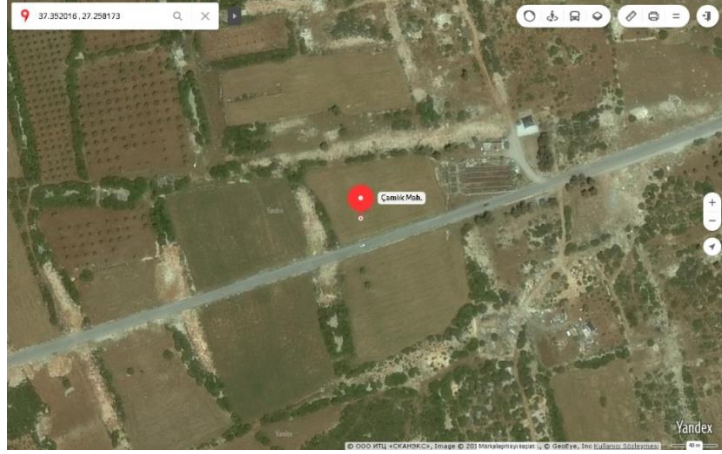
Tasarımı biten gecegörüş kamerasının netlik ve menzil kabiliyetlerini saptayabilmek için gece geç saatlerde insanlardan ve binalardan uzakta kırsal bir alanda karanlıkta görüntüleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yerleşimden uzak kırsal bir alanın seçilmesinin nedeni güvenli ve kontrollü bir çalışma yapılması yanında çalışmanın ana temasına uygun bir ortam oluşturulmanın amaçlanmasıdır.

Çalışmalar Aydın İli Didim İlçesinde 37.352016 Enlem, 27.258173 Boylam koordinatlarındaki kırsal alanda saat 23:00 sularında kısmen rüzgarlı ve ortalama 10 °C meteorolojik koşullarda gerçekleştirilmiştir. GPS Map Camera uygulamasıyla çalışma alanına ait koordinat, zaman ve anlık meteorolojik koşulları gösteren veriler Şekil 8.1 de yer almaktadır.



Şekil 8.1. Deney sahası koordinat ve meteoroloji bilgileri.

Şekil 8.2’de deney sahasına ait uydu görüntüsü ve konum koordinatları yer almaktadır.



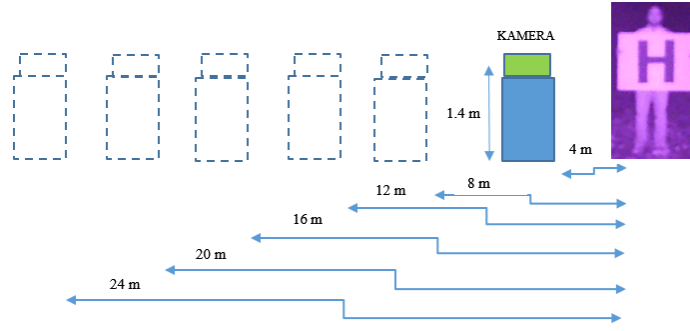
Şekil 8.2. Deney sahası uydu görüntüsü.

Gecegörüş sistemi karadan çekimler sırasında yerden 1.4 metre yükseklikte sabitlenmiş olup önu yatay düzlemdeki hedefi göreceğ şekilde konumlandırılırken havadan yapılan çekimler sırasında zeminde bulunan hedefi düşey düzlemde göreceğ şekilde quadcopterin tam altına sabitlenmiştir.

Görüntüleme testleri sırasında 120x90cm ölçülerinde üzerinde “H” yazan beyaz bir fon hedef olarak kullanılmıştır.Düşey ve yatay düzlemde kızılötesi aydınlatma devresinden hedefe gönderilen ve daha sonra kamera sensörü tarafından algılanan ve işlenen fotonların oluşturduğu görüntüden üzerinde “H” yazan hedef fona ait kısım kesilmiş ve ImageJ programında siyah-beyaz histogram analizine tabi tutulmuştur.Söz konusu analizden 0-255 arası maksimum ve minimum aydınlık verileri ile bu verilerin her birinin sahip olduğu piksel sayılarına ulaşılmıştır.Elde edilen değerler ve görüntünün netliği üzerinden gerçekleştirilen referanslama işlemi ile prototip gecegörüş kamerasının çekim menzili ve netlik kabiliyeti gerek sayısal gerekse grafiksel olarak ortaya konulmuştur.

8.1. KARASAL HEDEF GÖRÜNTÜLEME DENEYLERİ

Karasal çekimlerde fonu tutan kişi önce kameradan 4 metre uzakta iken ilk görüntü alınmış sonraki her 4 metrede bir görüntü kaydedilmiştir. Gecegörüş kamerasıyla hedef görüntülenme işlemi Şekil 8.3’teki gibi hedeften 4-8-12-16-20 ve 24 metre mesafelerde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8.3. Açık alanda karasal çekim metodu.

Şekil 8.3'te yer alan çekim metoduyla elde edilen her bir görüntüden üzerinde “H” harfi bulunan hedef materyal kesilmiş ve ImageJ yazılımı ile histogram analizine tabi tutulmuştur.

8.1.1. Birinci Karasal Görüntüleme Deneyi (4 metre)

Şekil 8.4'te tasarlanan kamera ile alınan ilk görüntü yer almaktadır. Şekil 8.5'te gecegörüş kamerasıyla 4 metre mesafeden alınan görüntüden hedef olarak seçilen ve analizler için çıkarılan kısım yer almaktadır.

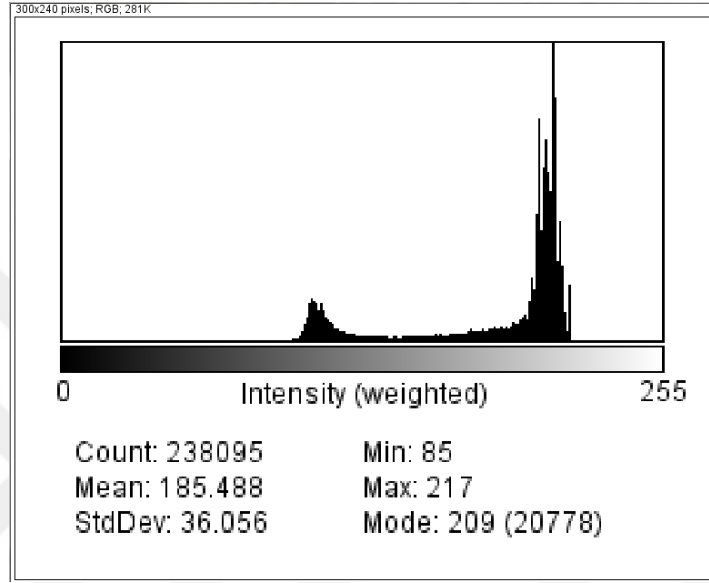


Şekil 8.4. Dört metreden alınan görüntü.



Şekil 8.5. Hedef görüntü.

Şekil 8.6’da yer alan histogram yoğunluk eğrilerinden hedeflenen alana ait bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır. Burada yer alan Count toplam piksel sayısını, Mean ortalama piksel sayısını StdDev standart sapmayı, Min en karanlık değeri Max.en aydınlık değeri ve Mode en yüksek aydınlık değeri ve bu değerin sahip olduğu piksel sayısını ifade etmektedir.



Şekil 8.6. Dört metre mesafedeki hedef görüntüye ait histogram grafiği.

Şekil 8.1’den elde edilen sayısal veriler Çizelge 8.1’e işlenmek suretiyle ilgili veriler bir araya getirilmiştir. 4 metre mesafeden alınan görüntüye ait bu görüntü işleme ve sayısal veri elde etme işlemi aşağıda yer alan 8-12-16-20-24 metreden alınan görüntülere harfiyen tatbik edilmiştir.

Çizelge 8.1. Dört metre menzildeki hedefin görüntü analiz tablosu.

Hedefin Yatayda Gri Histogram Verileri (Piksel Sayısı)				
Hedef menzili	Gri min.	Gri max.	Ortalama	Standart Sapma
4 metre	4	20778	185488	36,056
Hedefin Yatayda Gri Histogram Verileri (Işık düzeyi)				
Hedef menzili	Gri min.		Gri max.	
4 metre	85		217	

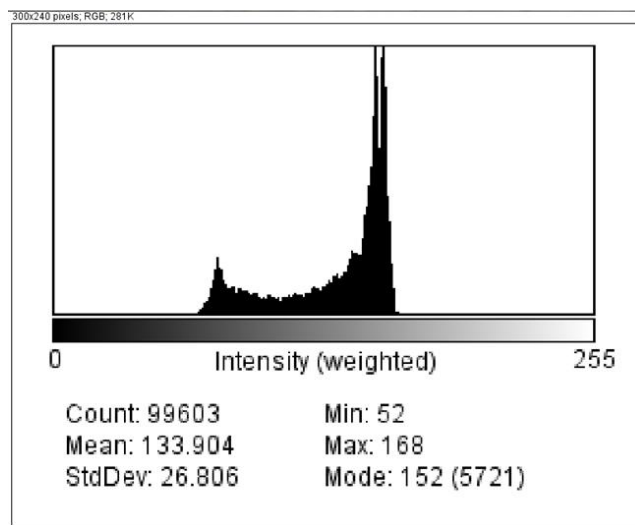
8.1.2. İkinci Karasal Görüntüleme İşlemi (8 metre)



Şekil 8.7. Sekiz metreden alınan görüntü.



Şekil 8.8. Hedef görüntü



Şekil 8.9. Sekiz metre mesafedeki hedef görüntüye ait histogram grafiği.

Çizelge 8.2. Sekiz metre menzildeki hedefin görüntü analiz tablosu.

Hedefin Yatayda Gri Histogram Verileri (Piksel Sayısı)				
Hedef menzil	Gri min.	Gri max.	Ortalama	Standart Sapma Yüzdesi
8 metre	1	5721	133904	26,806
Hedefin Yatayda Gri Histogram Verileri (Işık düzeyi)				
Hedef menzil		Gri min.	Gri max.	
8m		52	168	

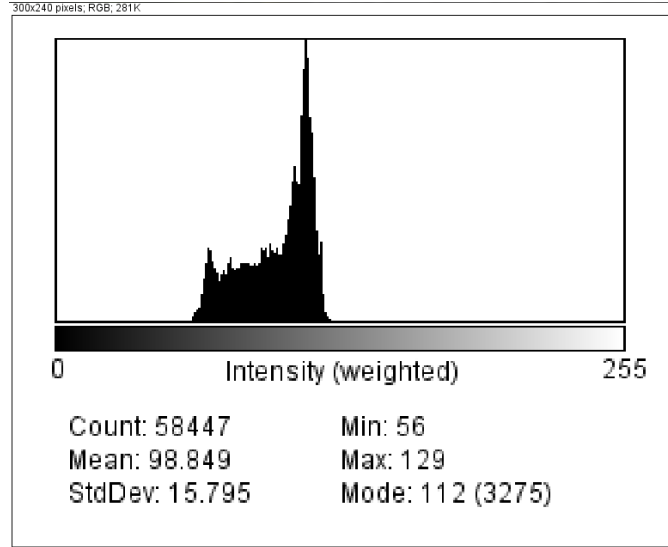
8.1.3. Üçüncü Karasal Görüntüleme Deneyi (12 metre)



Şekil 8.10. On iki metreden alınan görüntü.



Şekil 8.11. Hedef görüntü.



Şekil 8.12. On iki metre mesafedeki hedef görüntüye ait histogram grafiği.

Çizelge 8.3. On iki metre menzildeki hedefin görüntü analiz tablosu.

Hedefin Yatayda Gri Histogram Verileri (Piksel Sayısı)				
Hedef menzili	Gri min.	Gri max.	Ortalama	Standart Sapma Yüzdesi
12m	2	3275	98849	15,795
Hedefin Yatayda Gri Histogram Verileri (Işık düzeyi)				
Hedef menzili	Gri min.		Gri max.	
12m	56		129	

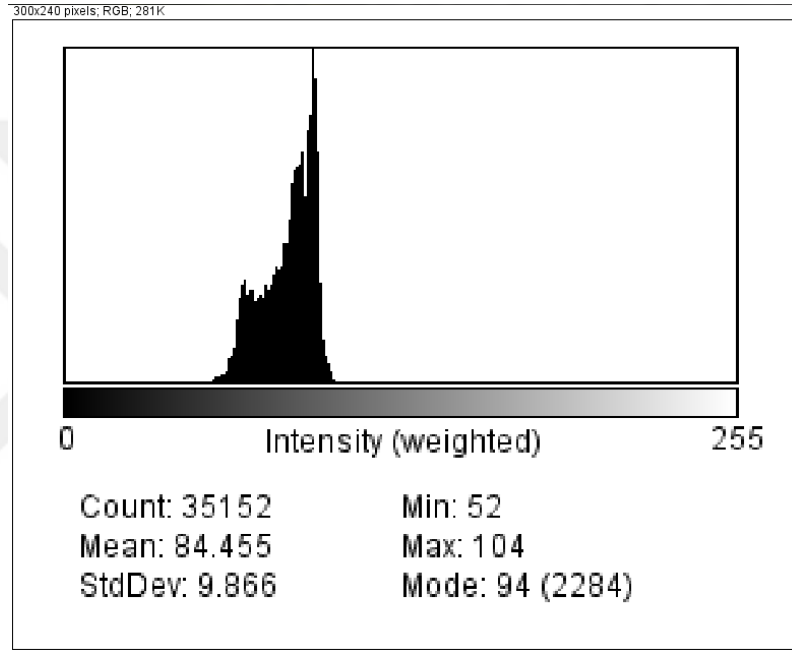
8.1.4. Dördüncü Karasal Görüntüleme Deneyi (16 metre)



Şekil 8.13. On altı metreden alınan görüntü.



Şekil 8.14. Hedef görüntü.



Şekil 8.15. On altı metre mesafedeki hedef görüntüye ait histogram grafiği.

Çizelge 8.4. On altı metre menzildeki hedefin görüntü analiz tablosu.

Hedefin Yatayda Gri Histogram Verileri (Piksel Sayısı)				
Hedef menzili	Gri min.	Gri max.	Ortalama	Standart Sapma Yüzdesi
16m	2	2284	84455	9,866
Hedefin Yatayda Gri Histogram Verileri (Işık düzeyi)				
Hedef menzili		Gri min.		Gri max.
16m		52		104

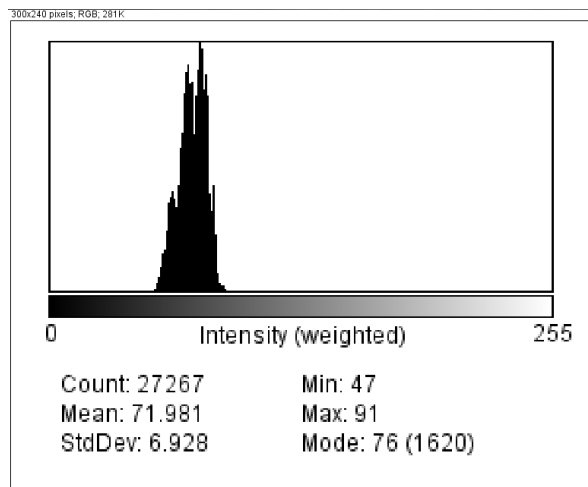
8.1.5. Beşinci Karasal Görüntüleme Deneyi (20 metre)



Şekil 8.16. Yirmi metreden alınan görüntü.



Şekil 8.17. Hedef görüntü



Şekil 8.18. Yirmi metre mesafedeki hedef görüntüye ait histogram grafiği.

Çizelge 8.5. Yirmi metre menzildeki hedefin görüntü analiz tablosu.

Hedefin Yatayda Gri Histogram Verileri (Piksel Sayısı)				
Hedef menzili	Gri min.	Gri max.	Ortalama	Standart Sapma Yüzdesi
20m	2	1620	71981	6,928
Hedefin Yatayda Gri Histogram Verileri (Işık düzeyi)				
Hedef menzili		Gri min.	Gri max.	
20m		47	91	

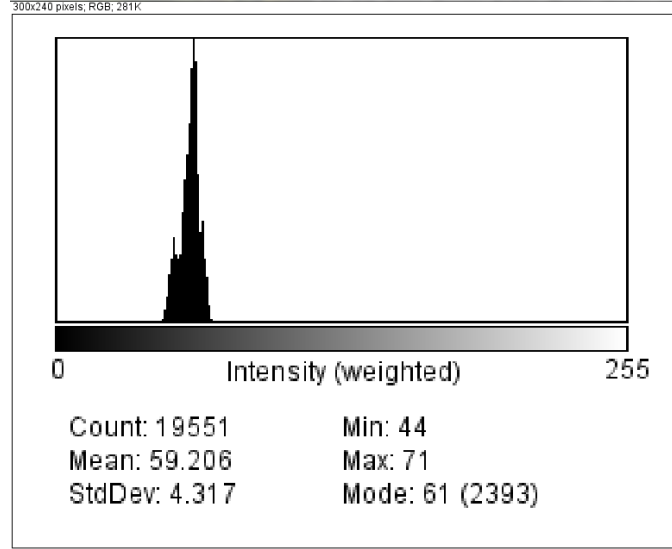
8.1.6. Altıncı Karasal Görüntüleme Deneyi (24 metre)



Şekil 8.19. Yirmi dört metreden alınan görüntü.



Şekil 8.20. Hedef görüntü.



Şekil 8.21. Yirmi dört metre mesafedeki hedef görüntüye ait histogram grafiği.

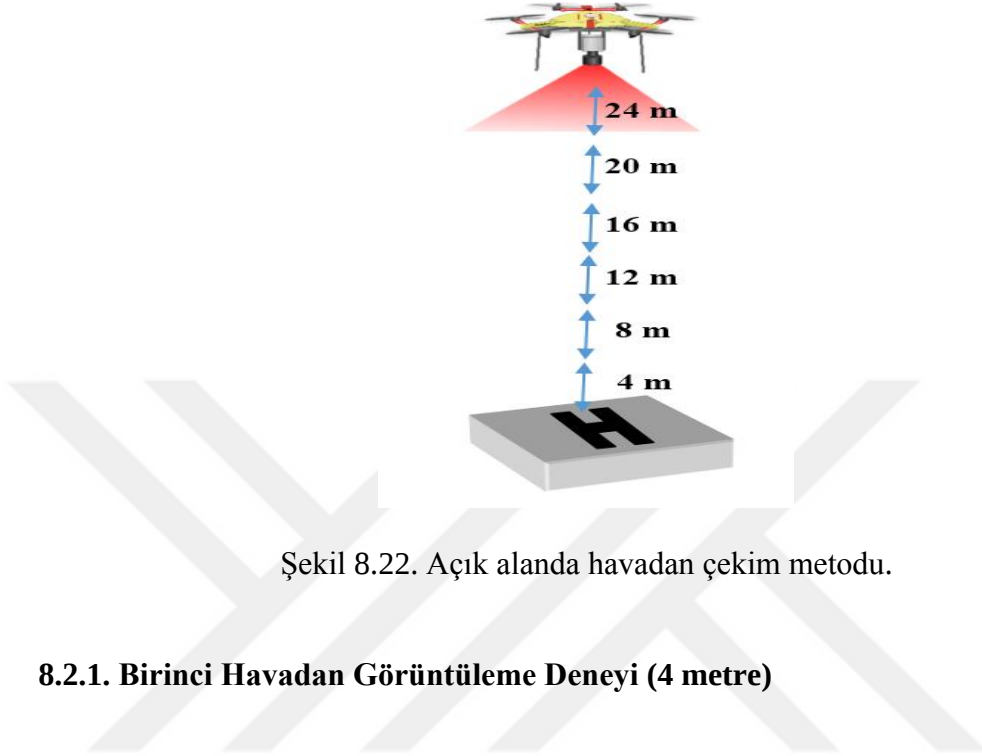
Çizelge 8.6. Yirmi iki metre menzildeki hedefin görüntü analiz tablosu.

Hedefin Yatayda Gri Histogram Verileri (Piksel Sayısı)				
Hedef menzili	Gri min.	Gri max.	Ortalama	Standart Sapma Yüzdesi
24m	1	2393	59206	4,317
Hedefin Yatayda Gri Histogram Verileri (Işık düzeyi)				
Hedef irtifa	Gri min.		Gri max.	
24m	44		71	

8.2. HAVADAN GÖRÜNTÜLEME DENEYLERİ

Karasal çekimlerde kullanılan gecegörüş sistemi quadcoptere direkt düşey düzlemi gösterecek şekilde sabitlenmiştir. Karasal çekimlerde olduğu gibi 4 metreden başlamak üzere 4 er metre aralıklarla 24 metre irtifaya kadar hedef materyal görüntülenmeye çalışılmıştır.

Şekil 8.22’de zemine sabitlenmiş 90x120cm ölçülerindeki hedefin dikey düzlemdeki görüntülenme metodu yer almaktadır.



Şekil 8.22. Açık alanda havadan çekim metodu.

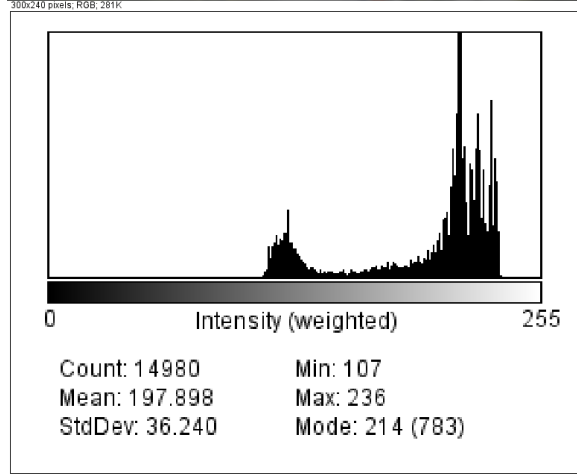
8.2.1. Birinci Havadan Görüntüleme Deneyi (4 metre)



Şekil 8.23. Dört metre irtifadan alınan görüntü.



Şekil 8.24. Hedef görüntü.



Şekil 8.25. Dört metre irtifadaki hedef görüntüye ait histogram grafiği.

Şekil 8.23'den elde edilen sayısal veriler Çizelge 8.7'ye işlenmek suretiyle ilgili veriler bir araya getirilmiştir. 4 metre mesafeden alınan görüntüye ait bu görüntü işleme ve sayısal veri elde etme işlemi aşağıda yer alan 8-12-16-20-24 metreden alınan görüntülere harfiyen tatbik edilmiştir.

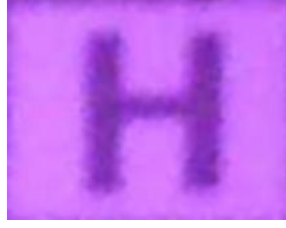
Çizelge 8.7. Dört metre irtifadaki hedefin görüntü analiz tablosu.

Hedefin Dikeydeki Gri Histogram Verileri (Piksel Sayısı)				
Hedef İrtifa	Gri min.	Gri max.	Ortalama	Standart Sapma
4 metre	2	1165	198	36
Hedefin Dikeydeki Gri Histogram Verileri (Işık düzeyi)				
Hedef İrtifa	Gri min.		Gri max.	
4 metre	107		236	

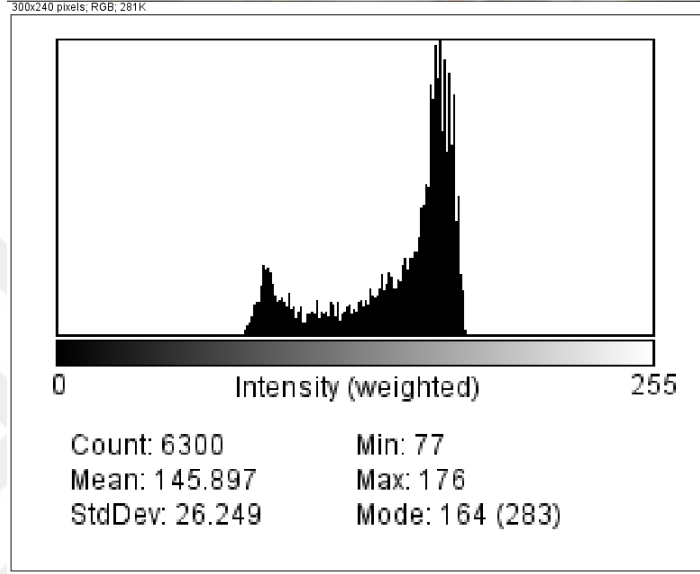
8.2.2. Havadan Görüntüleme Deneyi (8 metre)



Şekil 8.26. Sekiz metre irtifadan alınan görüntü.



Şekil 8.27. Hedef görüntü

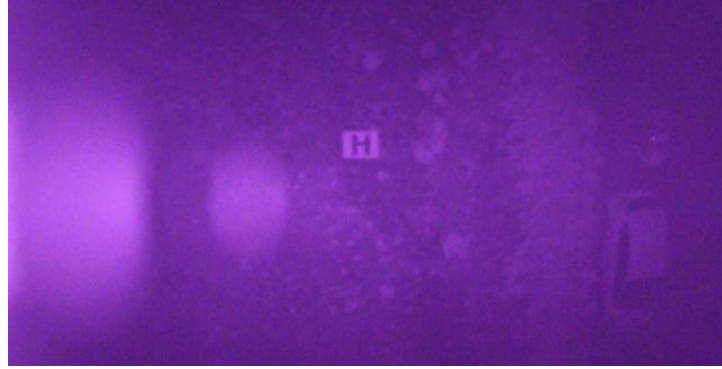


Şekil 8.28. Sekiz metre irtifadaki hedef görüntüye ait histogram grafiği.

Çizelge 8.8. Sekiz metre irtifadaki hedefin görüntü analiz tablosu.

Hedefin Dikeyde Gri Histogram Verileri (Piksel Sayısı)				
Hedef irtifa	Gri min.	Gri max.	Ortalama	Standart Sapma Yüzdesi
8 metre	1	283	145,897	26,249
Hedefin Dikeyde Gri Histogram Verileri (Işık düzeyi)				
Hedef irtifa		Gri min.		Gri max.
8m		77		176

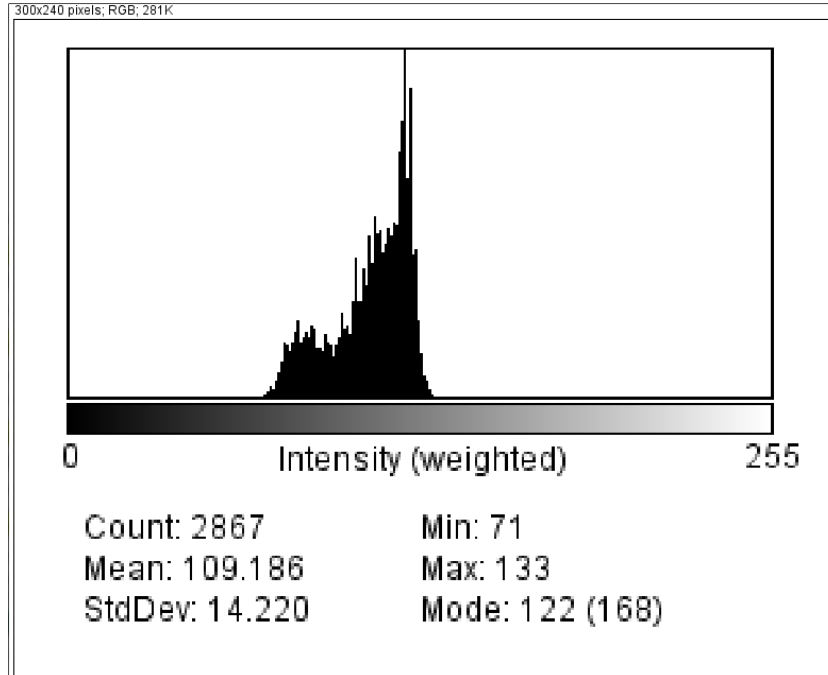
8.2.3. Üçüncü Havadan Görüntüleme Deneyi (12 metre)



Şekil 8.29. On iki metre irtifadan alınan görüntü.



Şekil 8.30. Hedef görüntü.



Şekil 8.31. On iki metre irtifadaki hedef görüntüye ait histogram grafiği

Çizelge 8.9. On iki metre irtifadaki hedefin görüntü analiz tablosu

Hedefin Dikeyde Gri Histogram Verileri (Piksel Sayısı)				
Hedef irtifa	Gri min.	Gri max.	Ortalama	Standart Sapma Yüzdesi
12m	1	168	109,186	14,22
Hedefin Yatayda Gri Histogram Verileri (Işık düzeyi)				
Hedef irtifa		Gri min.	Gri max.	
12m		71	133	

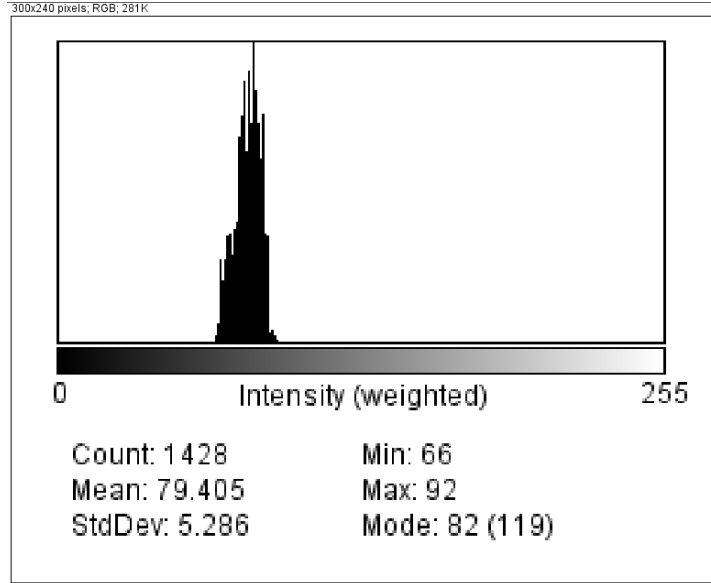
8.2.4. Dördüncü Havadan Görüntüleme Deneyi (16 metre)



Şekil 8.32. On altı metre irtifadan alınan görüntü.



Şekil 8.33. Hedef görüntü.



Şekil 8.34. On altı metre irtifadaki hedef görüntüye ait histogram grafiği.

Çizelge 8.10. 16 metre irtifadaki hedefin görüntü analiz tablosu.

Hedefin Dikeydeki Gri Histogram Verileri (Piksel Sayısı)				
Hedef İrtifa	Gri min.	Gri max.	Ortalama	Standart Sapma Yüzdesi
16m	1	119	79,405	5,286
Hedefin Dikeydeki Gri Histogram Verileri (Işık düzeyi)				
Hedef İrtifa	Gri min.		Gri max.	
16m	66		92	

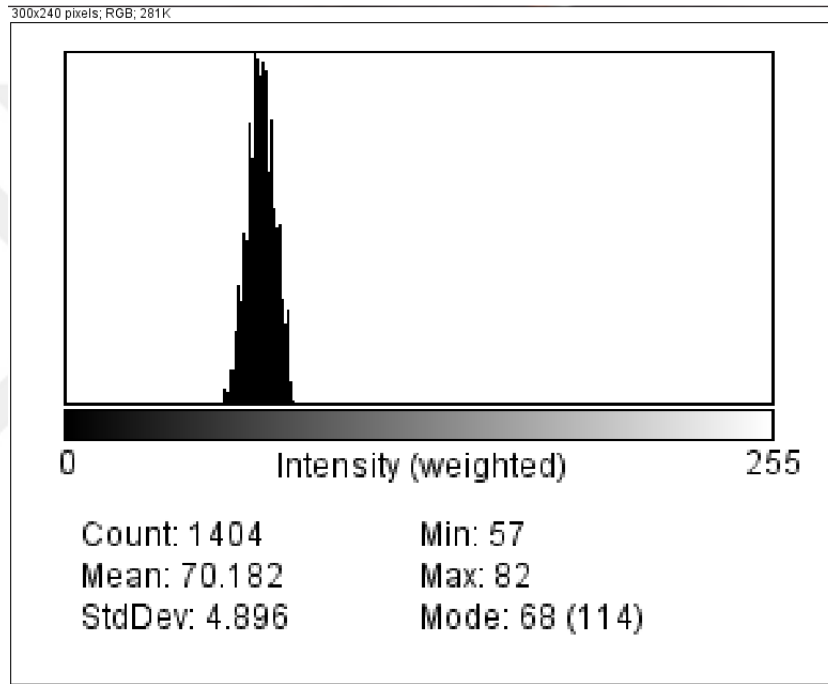
8.2.5. Beşinci Havadan Görüntüleme Deneyi (20 metre)



Şekil 8.35. Yirmi metre irtifadan alınan görüntü.



Şekil 8.36. Hedef görüntü.



Şekil 8.37. Yirmi metre irtifadaki hedef görüntüye ait histogram grafiği.

Çizelge 8.11. Yirmi metre irtifadaki hedefin görüntü analiz tablosu.

Hedefin Dikeydeki Gri Histogram Verileri (Piksel Sayısı)				
Hedef İrtifa	Gri min.	Gri max.	Ortalama	Standart Sapma Yüzdesi
20m	1	114	70,182	4,896
Hedefin Dikeydeki Gri Histogram Verileri (Işık düzeyi)				
Hedef İrtifa	Gri min.		Gri max.	
20m	57		82	

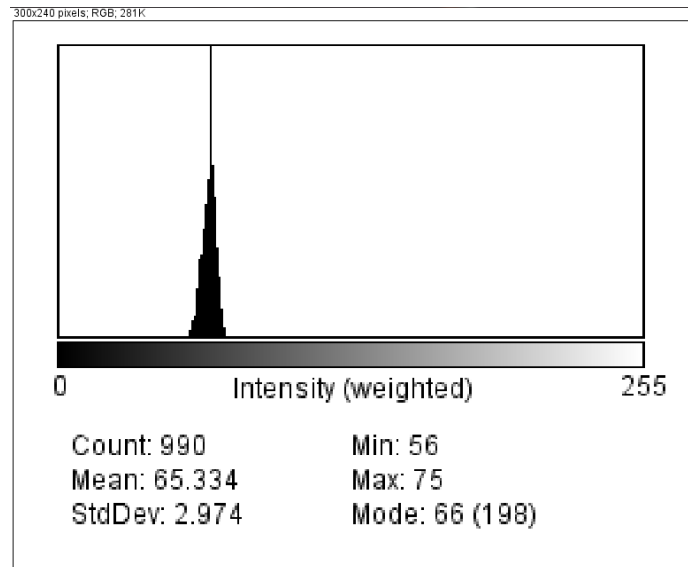
8.2.6. Altıncı Havadan Görüntüleme Deneyi (24 metre)



Şekil 8.38. Yirmi dört metre irtifadan alınan görüntü.



Şekil 8.39. Hedef görüntü.



Şekil 8.40. Yirmi dört metre irtifadaki hedef görüntüye ait histogram grafiği.

Çizelge 8.12. Yirmi dört metre irtifadaki hedefin görüntü analiz tablosu.

Hedefin Dikeydeki Gri Histogram Verileri (Piksel Sayısı)				
Hedef İrtifa	Gri min.	Gri max.	Ortalama	Standart Sapma Yüzdesi
24m	1	198	65,334	2,974
Hedefin Dikeydeki Gri Histogram Verileri (Işık düzeyi)				
Hedef irtifa		Gri min.	Gri max.	
24m		56	75	

BÖLÜM 9

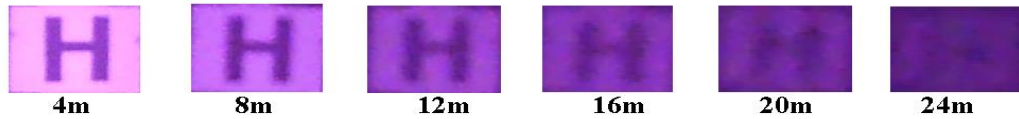
BULGULAR VE TARTIŞMA

9.1 GÖRÜNTÜ ANALİZ VERİLERİNİN YORUMLANMASI

Karadan ve havadan farklı mesafe ve irtifalarda gerçekleştirilen hedef tespit deneylerinden elde edilen görüntüler İmage J yazılımıyla histogram analizlerine tabi tutulmuş ve analiz sonuçları tablolara yerleştirilmiştir. Bu bölümde elde edilen tablolar üzerinden yapılan hesaplama ve yorumlamalar aracılığıyla tasarlanan gecegörüş kamerasının menzili tespit edilmeye çalışılmıştır.

9.1.1. Karasal Görüntü Analiz Sonuçlarının Yorumlanması

Yatay düzlemde alınan görüntülerde mesafeye göre meydana gelen değişiklikler Şekil 9.1’de yer almaktadır. Kamera menzilini tahmin çalışması sırasında 4-8-12-16-20 ve 24 metre mesafeden yatay koordinat düzleminde alınan görüntülerden kesilen hedef alana ait histogram veri tabloları Çizelge 9.1’de bir araya getirilmiştir.



Şekil 9.1. Hedefin mesafeye göre görüntülenebilme durumu.

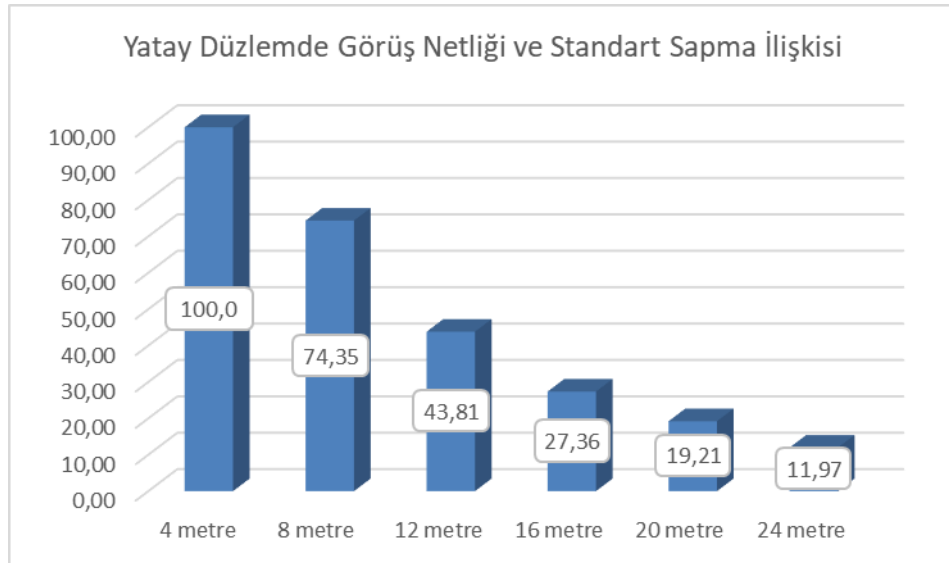
Çizelge 9.1’de yer alan standart sapma değerleri ile görüntü netliği ilişkilendirilmeye çalışılmıştır. Çizelge 9.2’de 4 metre mesafeden alınan görüntüye ait standart sapma değeri %100 görüş netliği olarak referans alınmıştır. Diğer mesafelerden alınan görüntülere ait standart sapma değerleri bu referans değere göre oranlandıktan sonra elde edilen veriler Şekil 9.1’de görselleştirilmiştir.

Çizelge 9.1. Karasal çekimlere ait piksel bazlı toplu histogram sonuçları.

Hedefin Yatayda Gri Histogram Verileri (Piksel Sayısı)				
Hedef menzili	Gri min.	Gri max.	Ortalama	Standart Sapma
4 metre	4	20778	185,488	36.056
8 metre	1	5721	133,904	26,806
12 metre	2	3275	98,849	15,795
16 metre	2	2284	84,455	9,866
20 metre	2	1620	71,981	6,928
24 metre	1	2393	59,206	4,317

Çizelge 9.2. Standart sapmaya dayalı Menzil-Görüş Netliği ilişkisi.

MENZİL-GÖRÜŞ İLİŞKİSİ		
Menzil	Standart Sapma	Görüş Yüzdesi
4 metre	36,06	100,00
8 metre	26,81	74,35
12 metre	15,80	43,81
16 metre	9,87	27,36
20 metre	6,93	19,21
24 metre	4,32	11,97



Şekil 9.2. Görüş netliği ve standart sapma ilişkisi.

Görüntülerin analizi sonucunda elde edilen bir diğer tablo da Gri Histogram Verileri (Işık düzeyi)'dir. Hedef görüntünün işlenmesinden sonra elde edilen histogram verileri Çizelge 9.3'te bir araya getirilmiştir.

Çizelge 9.3. Karasal çekimlere ait ışık düzeyi bazlı toplu histogram sonuçları.

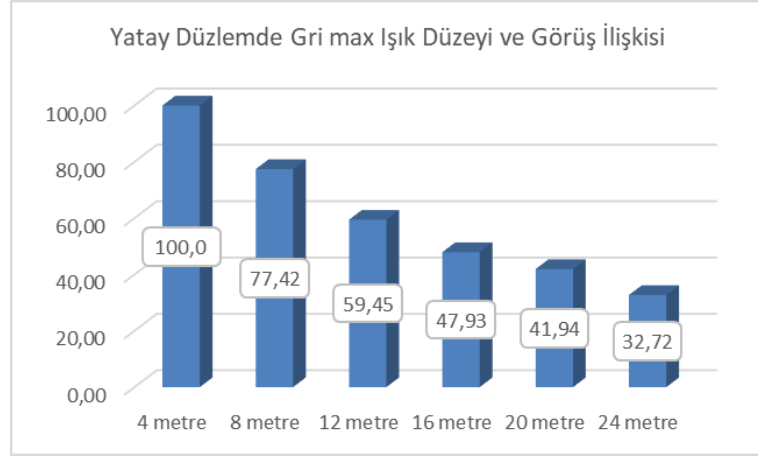
Hedefin Yatayda Gri Histogram Verileri (Işık düzeyi)		
Hedef menzili	Gri min.	Gri max.
4 metre	85	217
8 metre	52	168
12 metre	56	129
16 metre	52	104
20 metre	47	91
24 metre	44	71

Çizelge 9.3'te yer alan 4 metre menzildeki Gri max. değeri %100 görüş netliği olarak belirlenmiş diğer değerler bu veriye göre oranlanmak suretiyle Çizelge 9.4 oluşturulmuştur. Elde edilen veriler Şekil 9.2 de görselleştirilmiştir.

Çizelge 9.4. Işık düzeyine göre Gri max.-Görüş netliği ilişkisi.

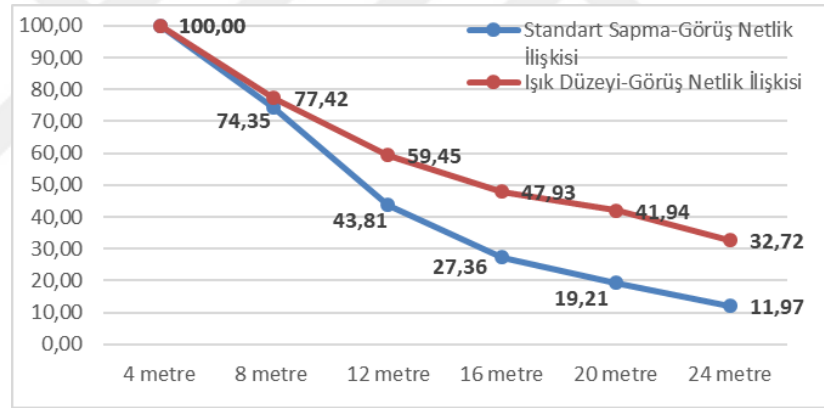
GRI MAX. IŞIK DÜZEYİ - GÖRÜŞ İLİŞKİSİ		
Menzil	Gri max.	Görüş Yüzdesi
4 metre	217	100,00
8 metre	168	77,42
12 metre	129	59,45
16 metre	104	47,93
20 metre	91	41,94
24 metre	71	32,72

Şekil 9.3'te Grimax histogram aydınlık verisinin görüş netliğine ait etki grafiği yer almaktadır.



Şekil 9.3. Histogram Gri max.'in görüş netliğine etkisi.

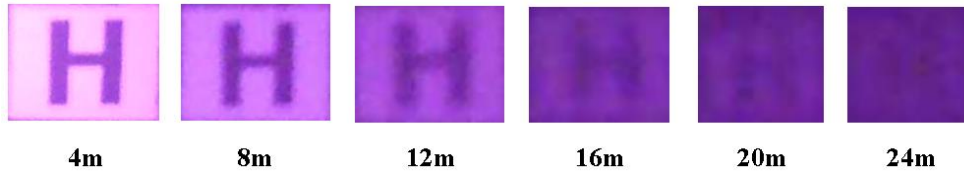
Şekil 9.2 ve Şekil 9.3 aracılığıyla elde edilen verilerin paralelliğini kontrol etmek için her iki grafikten elde edilen veriler Şekil 9.4'te toplanmıştır.



Şekil 9.4. Standart sapma ve ışık düzeyinin görüş netliğine etkisi.

9.1.2. Havadan Çekilen Görüntülerin Analiz Sonuçlarının Yorumlanması

Düşey düzlemde alınan görüntülerde mesafeye göre meydana gelen değişiklikler Şekil 9.5'de yer almaktadır.



Şekil 9.5. Hedefin irtifaya göre görüntülenebilme durumu.

Kameranın düşey düzlemdeki görüntü alabilme menzilinin tespiti sırasında 4-8-12-16-20 ve 24 metre irtifadan alınan görüntülerden kesilen hedef alana ait histogram veri tabloları Çizelge 9.5 de bir araya getirilmiştir.

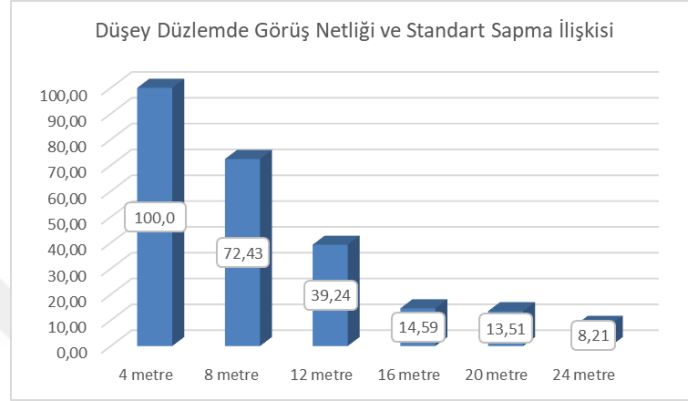
Çizelge 9.5. Havadan çekimlere ait piksel bazlı toplu histogram sonuçları.

Hedefin Dikeydeki Gri Histogram Verileri (Piksel Sayısı)				
Hedef İrtifa	Gri min.	Gri max.	Ortalama	Standart Sapma
4 metre	2	1165	198	36
8 metre	1	283	145,897	26,249
12 metre	1	168	109,186	14,22
16 metre	1	119	79,405	5,286
20 metre	1	114	70,182	4,896
24 metre	1	198	65,334	2,974

Çizelge 9.6. Standart sapmaya dayalı İrtifa-Görüş netliği ilişkisi.

İRTİFA-GÖRÜŞ İLİŞKİSİ		
Menzil	Standart Sapma	Görüş Yüzdesi
4 metre	36	100,00
8 metre	26,249	72,43
12 metre	14,22	39,24
16 metre	5,286	14,59
20 metre	4,896	13,51
24 metre	2,974	8,21

Çizelge 9.5’te yer alan standart sapma değerleri ile görüntü netliği ilişkilendirilmeye çalışılmıştır. Çizelge 9.6’da 4 metre mesafeden alınan görüntüye ait standart sapma değeri %100 görüş netliğine karşılık gelecek şekilde referans alınmıştır. Diğer mesafelerden alınan görüntülere ait standart sapma değerleri referans değere göre oranlandıktan sonra elde edilen veriler aşağıda Şekil 9.6’da görselleştirilmiştir.



Şekil 9.6. Görüş netliği ve standart sapma ilişkisi.

Görüntülerin analizi sonucunda elde edilen bir diğer tablo da Gri Histogram Verileri (Işık düzeyi)’dir. Hedef görüntünün işlenmesinden sonra elde edilen histogram verileri Çizelge 9.7’de bir araya getirilmiştir.

Çizelge 9.7. Hava çekimlerine ait ışık düzeyi bazlı toplu histogram sonuçları.

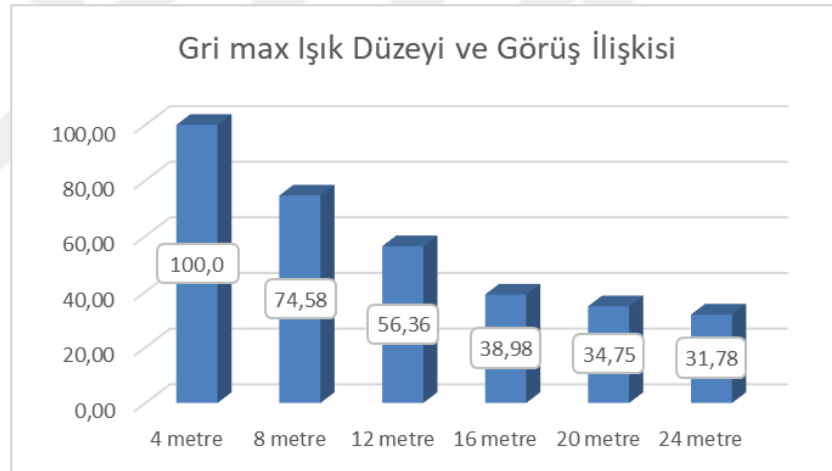
Hedefin Dikeydeki Gri Histogram Verileri (Işık düzeyi)		
Hedef İrtifa	Gri min.	Gri max.
4 metre	107	236
8 metre	77	176
12 metre	71	133
16 metre	66	92
20 metre	57	82
24 metre	56	75

Bu tabloda yer alan 4 metre menzildeki Gri max. değeri %100 görüş netliği olarak belirlenmiş diğer değerler bu veriye göre oranlanmak suretiyle Çizelge 9.7 oluşturulmuştur. Elde edilen veriler aşağıda yer alan Şekil 9.7’de görselleştirilmiştir.

Çizelge 9.5. Işık düzeyine göre Gri max.-Görüş netliği ilişkisi.

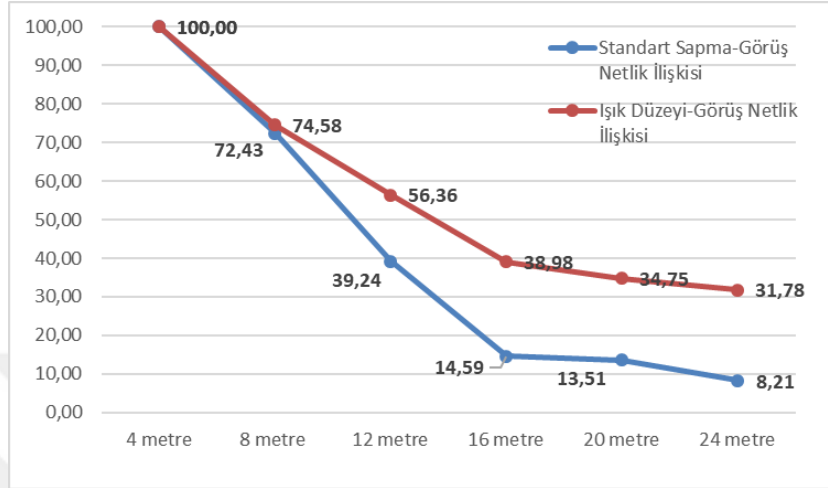
GRI MAX. IŞIK DÜZEYİ - GÖRÜŞ İLİŞKİSİ		
Menzil	Gri max.	Görüş Yüzdesi
4 metre	236	100,00
8 metre	176	74,58
12 metre	133	56,36
16 metre	92	38,98
20 metre	82	34,75
24 metre	75	31,78

Şekil 9.7’de Gri max ışık düzeyinin kamera görüş netliğine olan etkisini göstermektedir



Şekil 9.7. Histogram Gri max.'in görüş netliğine etkisi.

Şekil 9.6 ve Şekil 9.7 aracılığıyla elde edilen verilerin birbiri arasındaki olası ilişki paralellliğini göstermek için her iki grafikten elde edilen veriler Şekil 9.8’de toplanmıştır.



Şekil 9.8. Standart sapma ve ışık düzeyinin görüş netliğine etkisi.

Şekil 9.8. de dikey ekseninde yer alan veriler görüş netlik yüzdesini, yatay ekseninde yer alan veriler ise görüntü çekim mesafesini ifade etmektedir.

BÖLÜM 10

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında insan gözünün algılayamayacağı kadar düşük dalgaboylarındaki karanlık ortamlarda olası yabani hayvanların yada güvenlik açısından tehlikeli kişilerin tespit edilmesi maksadıyla kızılötesi ışık kaynağına sahip multispectral (çoklutarayf) özellikli bir gecegörüş kamerası tasarlanmıştır. Bu işlemler sırasında bir aksiyon kamerasına özel işlemler uygulanmış ve üzerinde herbiri 850nm dalgaboyuna sahip 96 adet led bulunan kızılötesi aydınlatma devresiyle desteklenmiştir. Söz konusu gece görüş kamera sistemiyle yukarıda belirtilen karanlık arazi koşullarında havadan ve karadan belirli aralıklarla çekimler yapılmıştır. Gece görüş sistemiyle ilk olarak yerde yatay düzlemde hedef olarak seçilmiş 120x90 cm ölçülerindeki üzerinde “H” işareti bulunan beyaz fon kamera sisteminden sırasıyla 4 m, 8 m, 12 m, 16 m, 20 m ve 24 m mesafe kaydırılmak suretiyle görüntüler alınmıştır. Çalışmanın 2. aşamasında hedef zemine sabitlenmiş ve bu kez kamera sistemi hazırlanan multikoptere yüklenmek suretiyle düşey düzlemde 4 m, 8 m, 12 m, 16 m, 20 m ve 24 m yükseklikten görüntü alınmıştır.

Yapılan deneyler sırasında;

1. Gece Görüş Kamera Sistemiyle karanlık kırsal alanda hedef ve çevresindeki nesnelerden yatay düzlemde (karadan), düşey düzlemde (havadan) görüntüleme işlemi gerçekleştirilebilmiştir.
2. Söz konusu hedefe ait görüntüler Image J yazılımıyla histogram analizine tabi tutulmuş olup, bu analiz sonucunda Piksel Sayısı (Count), Ortalama (Mean), Standart Sapma (StdDev), Asgari Aydınlık Değeri (Min), Azami Aydınlık Değeri (Max), Aydınlık Değeri (Value), ve Aydınlık Değere Sahip Piksel Sayısı (Count) verileri elde edilmiştir.

3. Gece görüş sisteminin menzilinin tespiti sırasında görüntü analizlerinden elde edilen Işık düzeyine bağlı Gri max. ve Piksel Sayısına bağlı Standart Sapma değerlerinden hangisinin belirleyici faktör olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. 24 metre mesafeden alınan karasal görüntünün analizinden Standart sapmaya göre %11,97 Azami Aydınlığa göre Gri max %32,72 görüş netlik verisi elde edilmiş, 24 metre irtifadan alınan hava görüntülerinin analizinden de Standart sapmaya göre %8,21 Azami Aydınlığa göre Gri max %31,78 görüntü netlik verisi elde edilmiştir.

Bu değerlerin sağlıklı bir sonuç verip vermediğini kontrol etmek için her mesafeden alınan hedefe ait görüntüler incelenmiştir. Yapılan incelemeler ışığında Gri Max sayısal verilerine göre 24 metre mesafeden sonra da hedefin görüntülenebilme oranı yaklaşık %30'luk görünmektedir. Ancak mesafelere göre hedef görüntüler incelendiğinde hem yatay düzlemde hemde düşey düzlemde 24 metreden sonra hedefin üzerindeki "H" yazısı bulanıklaşmakta ve mesafe arttıkça hedef tespit edilememektedir.

1. Azami Işık Düzeyi Verileri incelendiğinde 24 metre mesafeden sonrada görüntü alınabilmesinin nedeninin hedefin üzerinde bulunan beyaz yüzeye düşen IR fotonlarının kameraya geri yansması ve bu nedenle histogram verilerinde daha az kayıp yaşandığı için görüntü alınabildiği izlenimi ortaya çıkmıştır.
2. Yatay Düzlemde %11,97 Düşey Düzlemde %8,21 olan Piksel Sayısına göre Standart Sapma Değerlerinin görüntü netliğine olan etkisini tespit etmek için Azami Işık Düzeyi Gri max değerlerine uygulanan tüm mesafelerde çekilen hedef görüntüleri incelenmiştir. Yapılan incelemeler doğrultusunda hem görüntülerdeki mesafeye göre hedefin seçilebilirliğinin zorlaşması hemde yine mesafeye göre Standart Sapma değerlerinde meydana gelen kademeli azalmanın birebir örtüştüğü görülmüştür.
3. Her iki model kıyaslandığında Azami Işık Düzeyine bağlı Gri max. değerlerinin aldatıcı olduğu, Piksel Sayısına bağlı Standart Sapma değerlerinin ise daha güvenilir bir belirleyici olduğu ortaya çıkmıştır.

4. Her ne kadar ileri yükseklik ve mesafelerde hedef cismin varlığı gözle tespit edilebilir olsa da hedef nesnenin bütünlüğü göz ününde bulundurulduğunda tasarlanan gecegörüş sistemi ile karanlık bir ortamda hedef görüntüleme menzilinin 24 metre olduğu görölmüőtür.
5. Sahada çekimler sırasında Gece görüş kamera sisteminin güç beslemesinde farklı türde batarya (li-po) kullanımı ve voltaj değerin yükseltilmesinin görüntüleme işleminde etken olduğu görölmüőtür.
6. Gece görüş kamerasını taşıyan quadcopter'in güç kapasitesinin 5000 mah ile sınırlı olması ve sahadaki meteorolojik koşulların prototip sistem ile görüntüleme süresi ve görüntü netliğinde sınırlamalara neden olduğu gözlenmiştir.

BÖLÜM 11

ÖNERİ

Görüntüleme işlemleri sırasında kullanılan gece görüş kamerasının güç beslemesinde kullanılan 9V Ni-Mh alkaline pil yerine 11.1v 3300mah 3S li-Po pil kullanılması olumlu etki yapsa da multikopterin güç kapasitesinin sınırlı oluşu (5000mah) ve rüzgar etmeni nedeniyle havadan görüntüleme süresi sınırlı olmuştur.Çekimler sırasında kullanılan kameranın hedef nesnelerden yansıyan ışığı algılayabilme hassasiyeti ve görüntüleme kalitesinin artırılma çalışmalarına yönelik olarak;

1. Kameranın ön kısmına optik yoğunlaştırıcı tüp dahil edilmesi durumunda yapılan literatür taramaları göz önünde bulundurulduğunda görüntüleme menziline daha fazla arttırılabileceği anlaşılmıştır. Söz konusu yoğunlaştırıcı tüp mekanizması görüntüyü kameraya gelmeden önce yoğunlaştırmakta ve akabinde kameranın sensörüne aktarmaktadır. Böylece daha uzak mesafelerdeki hedeften yansıyan fotonlar görüntü sensörüne ulaşacak ve hedefin detaylı görüntüsü kayıt altına alınabilecektir.
2. Gerek karadan gerekse havadan yapılan çekimler öncesinde gece görüş kamera sisteminin güç beslemesinin 9v Ni-Mh yerine 11.1v 3300mah kapasiteli 3S Li-Po pili aracılığıyla yapılması görüntülemeyi olumlu yönde etkilediği için kızılötesi ışık kaynağının güç kapasitesinin arttırılması IR led devreden çıkan fotonların atmosferde daha az kırılıma maruz kalarak hedefin yüzeyine ulaşabilmesine imkan tanıyacaktır. Böylece kameranın karanlıktaki nesneleri algılayabilme menzili de artmış olacaktır.
3. Arazi devriye işlemleri sırasında kullanılan İHA'nın pil kapasitesinin arttırılması daha uzak mesafelerdeki tarım arazilerine gerek pilot kontrolünde gerekse otonom uçuş ile ulaşımı kolaylaştıracaktır. Ek olarak pil kapasitesindeki artış prototip

sistemin azami değerlerinden daha yüksek irtifalarda görüntü alınmasına imkan sunacaktır.

4. Gece görüş kamerasının takılacağı İHA Sisteminde kullanılan motorların seçiminde daha az gç tüketimi yapacak olan modellerin seğilmesi de en az miliamper değeri yüksek Li-Po pil seğimi kadar önemlidir. Yüksek miliamper pil ve azami gç tasarruflu motor kombinasyonu devriye görevi sırasında havada kalış süresini arttıracaktır.
5. Bu prototip kamera sistemini taşıyan İHA'nın dünyadaki konumunu bulabilmesi ve verileri sensörlerine aktarmak suretiyle cihazın stabil kalmasını sağlamak için GPS (Global Position System) kullanılmıştır. Bu sistem yerine en son teknoloji ürünü olan ve gerek savunma sanayi gerekse haritalama sektöründe kullanılan İnsansız Hava Araçlarında GNSS (Global Orbiting Satellite System)'in tercih edilmesiyle birim zamanda bağlanan uyduların sayısı artmış olacaktır. Böylelikle cihaz en zor iklim şartlarında bile havada daha stabil olabilecektir. Dolayısıyla cihazın stabil olması başta kontrolü ve görüntü kalitesi olmak üzere asgari gç tüketimini de olumlu yönde etkileyecektir.

Söz konusu çalışma daha büyük araştırmalar için prototip olma değeri taşıdığı için yukarıda yer alan öneriler başta olmak üzere yapılacak olan geliştirme çalışmaları sonucunda bu görüntüleme sistemine sahip bir İnsansız Hava Aracıyla;

1. Gerek iklim şartlarının olumsuzluğu gerekse doğal yaşam alanlarında meydana gelen olumsuz iklim koşulları nedeniyle yiyecek ve su ihtiyaı için yerleşim merkezlerine inen, geceleri beslenen başta yaban domuzları olmak üzere pek çok hayvanın bağ ve bahçelere verdikleri zararın azami ölçüde önüne geçilmesi mümkün olacaktır.
2. Metrekare olarak geniş bir alana sahip kümes ve küçükbaş hayvancılığı yapan Tarım İşletmelerinde farklı noktalardaki barınakların özellikle geceleri kurt, akal, sansar ve tilki saldırılarına karşı zor iklim şartlarında bile korunabilmesi sağlanacaktır.
3. Kış aylarında özellikle kırsal kesimlerde ulaşım güçlüğünden ve soğuk iklim koşullarından dolayı kontrolü zorlaşan tarım alanlarının gözetlenmesi kolaylaşacaktır.

4. Bu sistemle insan gözünün algılayamadığı dalgaboylarında görüntü alınabildiği için günışığında tarım alanlarında buğday, arpa ve mısır gibi tarla bitkilerinin analizine yönelik muhtelif çalışmaların yapılabilmesi mümkün olacaktır.
5. Görüş alanları sınırlı ve yüksek maliyetli olan standart gece görüş kamera sistemlerinin aksine daha düşük maliyetlerle, havadan daha geniş açılarda görüntü almak suretiyle gerek hayvanların gerekse insanların güvenliğinin sağlanmasında azami ölçüde yararlı olacaktır.
6. Gecegörüş sistemli İHA'nın üzerine yerleştirilecek olan ultrasonik ses dalgası yayıcı cihaz, plastik mermi atan havalı bir düzenek ya da parlak ışık ile yabancı hayvanlar tespit edildiğinde araziden uzaklaştırılabilir.
7. İHA üzerine yerleştirilecek olan bir hoparlör yada önceden hazırlanmış bir ses kaydı ile yabancı kişilerin araziden çıkmaları için ikaz edilmesi sağlanabilir.
8. Bu sistemin sağlıklı ve güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için çiftçilerimize eğitim verilmesi oldukça yararlı olacaktır.

Tarım işletmelerinde zararı sadece yabancı hayvanlar vermemektedir. Özellikle yılın bazı dönemlerinde (hasat sonrası, Kurban Bayramı öncesi ya da sonrası vs.) meydana gelebilecek olan hırsızlık ve kundaklama gibi olaylara karşı işletmeler fiziki kontrol gerektirmeden olumsuz hava koşullarında bile denetimde tutulabilecektir. İnsan gözünün arazide görmediği tüm karanlık noktalarda olası yabancı şahısları ve suç aletlerini tespit ederek buna göre acil müdahale stratejilerinin belirlenmesi mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

1. PAKKAN, B. ve ERMIŞ, M. , “İnsansız Hava Araçlarının Genetik Algoritma Yöntemiyle Çoklu Hedeflere Planlanması”, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 4.(3): 78 (2009).
2. Blyenburgh, P. V., “UAV’s-current situation and considerations for the way forward” *Development and Operation of UAVs for Military and Civil Applications* Report, Belgium. 2(1999).
3. Eroğlu, O., “İnsansız Hava Araçlarında Arazi Verilerine Dayalı UçuşYönü Sınırlamasız Konumlandırma Sistemi Benzetim Çalışması”, *EMO Bilimsel Dergi*, 3.(5): 107 (2013).
4. Internet: Türk Dil Kurumu, “Multikopter’in tanımı”, www.tdk.gov.tr.(2019).
5. Internet: Monash University, “Remote Piloted Aerial Vehicles:An Anthology”, http://www.ctie.monash.edu/hargrave/rpav_home.html#Beginnings(2003).
6. Kahveci, M. ve Can, N., “İnsansız Hava Araçları: Tarihçesi, Tanımı, Dünyada ve Türkiye'deki Yasal Durumu”, *S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg*, 5.(4): 512 (2017).
7. Leishman, J. Gordon. "The breguet-richet quad-rotor helicopter of 1907." *Vertiflite* 47.(3): 58-60 (2002).
8. Enginer, B., “Quadrotor VTOL Aracının Modellenmesi ve Kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 6 (2007).
9. Sabatino, F., “Quadrotor control: modeling, nonlinear control design, and simulation”, Yüksek Lisans Tezi, *KTH Royal Institute of Technology*, Stockholm İsveçre, 2 (2015).
10. Sabatino, F., “Quadrotor control: modeling, nonlinear control design, and simulation”, Yüksek Lisans Tezi, *KTH Royal Institute of Technology*, Stockholm İsveçre, 3 (2015).
11. Goto, C. Shantanu, P. Arka, N. Neha and N. Vijav., “Design of All-Terrain Rover Quadcopter for Military Engineering Services”, *Nanoelectronics, Circuits and Communication Systems*,511,N. Vijav and M. Jyotsna Kumar, *Springer Nature Singapore Pte Ltd.*, 508, (2019).
12. Pakkan, B. ve Ermiş, M.,“İnsansız Hava Araçlarının Genetik Algoritma Yöntemiyle Çoklu Hedeflere Planlanması”, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 4. (3)., (2009).

13. Argentim, L. M., Rezende, W. C., Santos, "P. E., & Aguiar, R. A. PID, LQR and LQR-PID on a quadcopter platform" **2013 International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV)**, Dhaka Bangladesh, 1-6 (2013).
14. Akgül, M., Yurtseven, H. Demir, M., Akay, A. E., Gülci, S. ve Öztürk, T. "İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları", **İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi**, İstanbul, 104-118 (2016).
15. Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karşlı, F. ve Gökalp, E., "İnsansız Hava Aracı İle Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi", **Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu**, KTÜ, Trabzon, (2013).
16. Yıldız, M., Kaçar A., ve Arıkan, K B., "Döner-rotor Mekanizmasına sahip, İki Rotorlu Sıradışı uçan Robot tasarımı, Modellenmesi ve Yönelim Denetimi", **EMO Bilimsel Dergi**, 4.(3):107, (2013).
17. Ak, T., "Silahlı İnsansız Hava Araçlarının Kullanımında Karar Mekanizmaları", **Güvenlik Bilimleri Dergisi**, 7 (1):123(2018).
18. Sabikan, S., Nawawi, S W., "Open-Source Project (OSPs) Platform for Outdoor Quadcopter", **Journal of Advanced Research Design Akademia Baru.**, 24 (1):16, (2016).
19. Henrivaux, B., "Integration of an Open Source Flight Controller into a Fixed Wing Remotely Piloted Aircraft", Yüksek Lisans Tezi, **University of Liege - Faculty of Applied Sciences University of Concepcion**, Belgium ,1 (2016).
20. Merç, Y., Bayılmış, C., "Dört Rotorlu İnsansız Hava Aracı (Quadrotor) uygulaması", **6 th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)**, Elazığ, 18 (2011).
21. Bayraktar, H., "Yabancı Uyartımlı İle Fırçasız DC Motorların Hız ve Tork Karakteristiklerinin Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 2(2015).
22. Darren Lance Gabriel., Johan Meyer and Francois du Plessis, "Brushless DC Motor Characterisation and Selection for a Fixed Wing UAV", **IEEE Africon 2011 - The Falls Resort and Conference Centre**, Livingstone, Zambia, 1 (2011).
23. Green, C. R., "Modeling And Test Of The Efficiency Of Electronic Speed Controllers For Brushless Dc Motors", Master Thesis, **Faculty of California Polytechnic State University**, USA, 2 (2015).
24. Batmaz, A. U., "Çok Rotorlu İnsansız Hava Aracı tasarımı ve kablosuz Algılayıcı Ağlarda kaynak Ataması Eniyilemesi", Yüksek Lisans Tezi, **TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2013).

25. İnternet: Amanda Kay, “Top Lithium Producers by Country”, <https://investingnews.com/daily/resource-investing/battery-metals-investing/lithium-investing/lithium-producing-countries> (2018).
26. Doğan, E., “Lityum Polimer Bataryalarda Güç Parametrelerinin Zamana Bağlı Sayısal İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri, 29 (2017).
27. Parth N. Patel, Malav A. Patel, Rahul M. Faldu and Yash R. Dave, “Quadcopter for Agricultural Surveillance” *Advance in Electronic and Electric Engineering*, 3(4) 431 (2013).
28. Biryol, İ., “Kullanıcı pozisyonuna bağlı çalışan uzaktan kumanda sistemi”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 4 (2018).
29. Sezer, T., “Test Uçuşlarında Telemetri Sistemlerinin Uçuş Emniyetine Katkısı”, Yüksek lisans Tezin, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 46 (2017).
30. A. Perez-Sanchez, H. et al., “Cockpit Design for First Person View Flight for a Remotely Operated Quadrotor Helicopter”, *Computacion y Sistemas*, 19 (3): 501-511 (2015).
31. Nawrat, A. et al. “The Prototype of Gyro-Stabilized UAV Gimbal for Day-Night Surveillance “*Advanced Technologies for Intelligent Systems*, 440, *Institute of Automatic Control Silesian University of Technology Gliwice* Poland, 108 (2013).
32. İnternet: Göl. G, “Quadcopter nedir, nasıl uçar?”, https://www.academia.edu/10150955/Quadcopter_nedir_nasil_uçar (2018).
33. İnternet: İbrahim Çayiroğlu, “Quadcopter Tasarımı”, http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/MekatronikProjeUygulama/si/35-Makale-Quadcopter_Tasarimi_Efe%20HELVACL.pdf (2018).
34. Kılıç B., ‘Quadcopter’in Dinamik Analizi ve Tasarımı’, Yüksek Lisans Tezi, *Bülent Ecevit Üniversitesi*, Zonguldak, Haziran (2014).
35. İnternet: Smithsonian Libraries “The Science of Colour”, <https://library.si.edu/exhibition/color-in-a-new-light/science> (2018).
36. İnternet: Cool Cosmos at IPAC "Herschel Infrared Experiment", http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_classroom/classroom_activities/herschel_experiment2.html (2018).
37. İnternet: Açık Bilim “Elektromanyetik Spektrum Bize Ne Anlatıyor?”, <http://www.acikbilim.com/2013/11/dosyalar/elektromanyetik-spektrum-bize-ne-anlatiyor.html> (2018).

38. Özyurt. O.,” Termal ve Gece Görüş Bürbünlerinin Optiksel Bileşenleri İçin Tasarım Geliştirme”, Yüksek Lisans Tezi, **Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1 (2010).
39. Gül N., “Kızılötesi Esaslı Aktif Algılama Kullanılarak Işık Olmayan Ortamlarda ICCD İle Görüntü Alınması ve ICCD Analitik MTF’in Çıkarılması”, Doktora Tezi, **Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 3 (2010).
40. İnternet:Tıbbi Terimler Sözlüğü,“photopic vision”, <https://saglik.sozlugu.org/photopic-vision> (2018).
41. İnternet:Tıbbi Terimler Sözlüğü, “scotopic vision”, <https://saglik.sozlugu.org/scotopic-vision> (2018).
42. Gül N., “Kızılötesi Esaslı Aktif Algılama Kullanılarak Işık Olmayan Ortamlarda ICCD İle Görüntü Alınması ve ICCD Analitik MTF’in Çıkarılması”, Doktora Tezi, **Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 16 (2010).
43. Çalışkan M., Türkoğlu İ.,”Termal Kameralar ve Uygulamaları”,**Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu**, Fırat Üniversitesi,Elazığ,2 (2011).
44. Yüce İsmail,”Uzak Kızılötesi Işın Yayan Kumaş ve İplikler”,**Trakya University Journal of Engineering Sciences**, Edirne, 18(2): 145-151 (2017).
45. Kocadere. G.,”Video Görüntülerinin Sabitlemesi”,Yüksek Lisans Tezi, **Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 8 (2010).
46. Bektaş Balçık, F., “Yapay Alan Değişiminin Uzaktan Algılama İndeksleri İle Belirlenmesi, İstanbul Örneği”,**TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi**, Antalya,1 (2011).
47. Ay, F., İnce, G. "Application of pesticide using unmanned aerial vehicle " **23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU),Malatya-Turkey**, 1268-1271 (2015).
48. Reis. M, “İnsansız Hava Araçları ile Bitki Koruma ve Tarım Uygulamaları” ISITES2014,Karabük Üniversitesi,Karabük,1445 (2014).
49. İnternet: Levent Öztürk “RGB Renk Modeli”, <https://www.leventozturk.com.tr/renk-modeli-ve-renk-uzaylari> (2019).
50. Dule. E., “Araç Renk Tanıma Sistemi”,Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Bilişim Enstitüsü**, İstanbul, 13(2010).
51. Lv. X., “Remote Sensing, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Crop Yield Forecasting”, Master Thesis, **Agricultural and Applied Economics in the Graduate Collage of the University of Illinois at Urban-Campaign USA**, 4 (2013).

52. Tosun. A.G., “Hayrabolu Sulama Sisteminde Ürün Dağılımının Uydu Görüntüleri Yardımı İle Belirlenmesi”,Yüksek Lisans Tezi, **Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tekirdağ,15(2009).
53. Schley. L., Dufrene. M., Frantz. A., “Patterns of crop damage by wild boar (*Sus scrofa*) in Luxembourg over a 10-year period” **Eur J Wildl Res**, 54:589–599 (2008).
54. Taşkın. T, Bardakçioğlu. H. E., “Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinde Yabani hayvan Zararları ve Mücadele Yöntemleri”,**Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**,Bursa, 25(2), 121-134(2011).
55. Aksan, Ş., “Gölcük tabiat Parkı’nda bazı Yabani Memeli Türlerinin Dağılımlarının Modellenmesi”, Doktora Tezi,**Süleyman Demirel üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**,Isparta, 227(2013).
56. İnternet: Montalcino Blog by Barbi, “Wild boar are destroying the Tuscan wine trade: Updates from Stefano on #Harvest 2016”,
<https://montalcinoblog.com/2016/09/20/wild-boar-are-destroying-the-tuscan-wine-trade-updates-from-stefano-on-harvest> (2016).
57. Robeson, Michael S. et al. “Assessing the Utility of Metabarcoding for Diet Analyses of the Omnivorous Wild Pig (*Sus Scrofa*).” **Ecology and Evolution** 8(1):185–196(2018).
58. J Abramoff, M.D.; Magalhães, Paulo J.; Ram, Sunanda J. “Image processing with Image” **Biophotonics international**, 11(7):36-42 (2004).
59. Yılmaztürk, F., Gürbak, E., “Yakın Resim Fotogrametrisinde Cep Telefonu Kameralarının Kullanımının Araştırılması”,Yüksek Lisans Tezi,**Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Aksaray, 2 (2016).
60. Holst, G.C., “Testing and Evaluation of Infrared Imaging Systems” **JCD Publishing, USA**, 4-7 (2008).
61. İnternet: Türksan İleri Teknoloji Limited Şirketi, “IR-Cut Filter Nedir?”,
<http://www.turksan.com/ir-cut-filtre.html> (2008).
62. İnternet: Yıldırım, H.,”IP Video Güvenlik Sistemlerinde Tasarım Kriterleri ve Akıllı Görüntü İçerik Analizinin (IVA) Etkileri,
http://www.emo.org.tr/ekler/f230a1eef998c32_ek.pdf (2019).
63. Durgut, A., Akçay, Ö., “Termal Kamera İle Ekran Kartının 3 Boyutlu Modelinin Oluşturulması”, **Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi**,17(1): 51 (2016).
64. Michalis Smyrnakis , Georgios P. Kladis , Jonathan M. Aitken and Sandor M. Veres., “Distributed selection of flight formation in UAV missions”, **Journal of Applied Mathematics & Bioinformatics**,Sciencepress Ltd.,Britain,6(3):94 (2016)

ÖZGEÇMİŞ

MURAT GÜNEŞ 1984 yılında Aydın'da doğdu. İlk ve ortaöğrenimini Aydın'da tamamladı. 2004 yılında kazandığı Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Mühendisliği Tarım Makineleri Bölümünden 2008 yılında mezun oldu. Lisans eğitimi boyunca Toplum Gönüllüleri Vakfında topluma yararlı çeşitli projelerde yer aldı. 2012 ve 2014 yılları arasında Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının Kırsal Kalkınma Yatırımlarının Desteklenmesi Projesi kapsamında Makine ve Ekipman Hibe Destekleri biriminde Ziraat Mühendisi ve Sistem Uzmanı olarak görev aldı. En büyük hayali akademisyenlik olduğu için 2014 yılında Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans öğrenimine başladı. Bilgisayar Programcılığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Uzmanlığı ve İnsansız Hava Araçları alanlarında aldığı eğitimleri başarıyla tamamladı. 2015 yılında Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Daire Başkanlığının Tarımsal Üretim Kayıt Sistemi (TÜKAS) Projesinde Uydu görüntüleri hazırlama biriminde Coğrafi Bilgi Sistemleri Uzmanı olarak faaliyet gösterdi. 2015–2017 yılları arasında ilgili Daire Başkanlığının Avrupa Birliği ile ortak yürütmüş olduğu Tarım Arazi Parsellerinin Tanımlanma Sistemi (LPIS) Projesinde Coğrafi Bilgi Sistemi Uzmanı ve Takım Lideri olarak görev yaptı. Hala eğitim hayatına devam etmekte olan MURAT GÜNEŞ şuanda Türkiye Odalar ve Borsalar Birliğine bağlı Didim Ticaret Odasının Genel Sekreteri olarak iş hayatını sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Efeler mahallesi 1392 sokak no:6 DİDİM/AYDIN

Tel. : 0544 456 15 02

E-posta : murathangunes@gmail.com