

TÜRKİYE

# İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI DERGİSİ

E-ISSN 2687-6094

Turkish Journal of  
Unmanned Aerial Vehicles

Cilt/Volume: 3  
Sayı/Issue: 2  
Aralık/December  
2021





Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi

### Dergi Hakkında

Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi; İHA gelişimi, kullanımı ve yer bilimleriyle ilgili yapılan çalışmaları yayınlayan ve Uluslararası İndeks ve Veri tabanlarında taranan hakemli bir dergidir. Dergi insansız hava aracı (İHA), İnsansız Hava Aracı Sistemleri (İHAS) ve Uzaktan Pilotlu Uçak Sistemleri vb. dahil olmak üzere insansız hava araçlarının tasarımına ve uygulamalarına odaklanmaktadır. Aynı şekilde insansız su / su altı insansız hava araçlarına ve insansız kara araçlarına dayalı katkılar da memnuniyetle karşılanmaktadır.

### Amaç & Kapsam

Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi,

- ✦ İnsansız Hava Araçlarının kullanımı alanında ulusal ve uluslararası gelişmeleri Harita, Jeoloji, Çevre, Maden, Şehir Plancılığı, Ziraat vb. mühendislik alanı, Arkeoloji ve mimarlık ile ilgilenen bilim insanlarının bilgisine sunmak,
- ✦ Konu ile doğrudan veya dolaylı etkinliklerde bulunan bilim insanları, araştırmacılar, mühendisler ve diğer uygulayıcılar arasındaki bilgi ve deneyim paylaşımını güçlendirecek ve hızlandıracak, kolay erişilebilen, geniş katılımlı bir tartışma ortamı sağlamak ve bunları yayma olanağı yaratmak,
- ✦ Türkiye'nin teknolojik ve ekonomik kalkınmasında rol oynayabilecek mesleki gelişmelere ilişkin sorunların daha etkin bir şekilde çözüme kavuşturulması açısından büyük önem taşıyan kurumlar arası iş birliğinin başlatılmasına ve geliştirilmesine katkıda bulunmak,
- ✦ Türkçe'nin İnsansız Hava araçları alanında bilim dili olarak geliştirilmesini ve yabancı sözcüklerden arındırılmasını özendirme amaçlarına sahiptir.

Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisinin kapsamı;

- ✓ İHA Tarihçe, Dünyada ve Türkiye'deki Yasal ve Hukuki Durumu
- ✓ İHA Üretimi ve İhracatı
- ✓ Askeri alanlarda İHA kullanımı (Hava-Deniz-Kara Kuvvetleri)
- ✓ Konvansiyonel (Geleneksel) ve Modern Savaşlarda İHA kullanımı
- ✓ İHA Tehditleri ve Güvenlik Yönetimi
- ✓ İHA Sensörleri
- ✓ İHA ile Artırılmış Gerçeklik ve Sanal Gerçeklik Uygulamaları
- ✓ Temel İHA Uygulamaları,
- ✓ İHA ile Yangın İzleme
- ✓ İHA ile Belgeleme Çalışmaları
- ✓ İHA Fotogrametrisi ve İHA ile Uzaktan Algılama,
- ✓ İHA LiDAR ve Uygulamaları,
- ✓ İHA ile Ormancılık Uygulamaları,
- ✓ İHA ile Karayolu Projeleri,
- ✓ İHA ile Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları,
- ✓ İHA ile Endüstriyel Ölçmeler,
- ✓ İHA ile Deformasyon ve Heyelan Ölçmeleri,
- ✓ İHA ile Madencilik Ölçmeleri,
- ✓ İHA ile Şehircilik ve Ulaşım Planları Çalışmaları,
- ✓ İHA ile Hassas Tarım Uygulamaları,
- ✓ İHA ile yapılan tüm multidisipliner çalışmalar,

### Yayınlanma Sıklığı

Yılda 2 sayı (Haziran-Aralık)

### ISSN

2687-6094

### WEB

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tiha>

### İletişim

[tiha@mersin.edu.tr](mailto:tiha@mersin.edu.tr) / [ayasinyigit@mersin.edu.tr](mailto:ayasinyigit@mersin.edu.tr) / [aulvi78@gmail.com](mailto:aulvi78@gmail.com)



### **About Journal**

The Journal of Turkish Unmanned Aerial Vehicles is a peer-reviewed journal that publishes studies on UAV development, use, and earth sciences and is scanned in International Indexes and Databases. The journal unmanned aerial vehicle (UAV), Unmanned Aerial Vehicle Systems (UAS), and Remote Piloted Aircraft Systems (RPAS), etc. focuses on the design and applications of unmanned aerial vehicles, including. Likewise, contributions based on unmanned water/underwater drones and unmanned ground vehicles are also welcomed.

### **Aim & Scope**

Turkish Journal of Unmanned Aerial Vehicles,

- ✚ To inform present to people about the use and developments of UAVs in the fields of Geomatics, Civil, Geology, Environment, Mining, Urban Planning, Agriculture, Archeology and Architecture,
- ✚ To provide an easily accessible and wide-ranging discussion environment that will strengthen and accelerate the sharing of knowledge and experience between scientists, researchers, engineers, and other practitioners who are involved in direct or indirect activities with the following topics.
- ✚ To contribute to the initiation and development of inter-institutional cooperation, which is of great importance in terms of solving the problems related to professional developments that can play a role in technological and economic development in the world and Turkey

The scope of Turkey Unmanned Aerial Vehicles Journal;

- ✓ UAV History, Legal and Legal Status in the World and Turkey
- ✓ UAV Production and Exportation
- ✓ UAV use in military areas (Air-Navy-Army Forces)
- ✓ Use of UAVs in Conventional (Traditional) and Modern Wars
- ✓ UAV Threats and Security Management
- ✓ UAV Sensors
- ✓ Augmented Reality and Virtual Reality Applications with UAV
- ✓ Basic UAV Applications,
- ✓ Fire Monitoring with UAV
- ✓ Documentation Studies with UAV
- ✓ UAV Photogrammetry and Remote Sensing with UAV,
- ✓ UAV LiDAR and Applications,
- ✓ Forestry Applications with UAV,
- ✓ Highway Projects with UAV,
- ✓ Geographical Information Systems Applications with UAV,
- ✓ Industrial Measurements with UAV,
- ✓ Deformation and Landslide Measurements with UAV,
- ✓ Mining Measurements with UAV,
- ✓ Urban Planning and Transportation Planning Studies with UAV,
- ✓ Precision Agriculture Practices with UAV,
- ✓ All multidisciplinary studies with UAV,

### **Publication frequency**

Biannual (June-December)

### **ISSN**

2687-6094

### **WEB**

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tiha>

### **Contact**

[tiha@mersin.edu.tr](mailto:tiha@mersin.edu.tr) / [ayasinyigit@mersin.edu.tr](mailto:ayasinyigit@mersin.edu.tr) / [aulvi78@gmail.com](mailto:aulvi78@gmail.com)



Turkish Journal of Unmanned Aerial Vehicles

#### EDİTÖR / EDITOR

**Dr. Öğr. Üyesi Ali ULVİ**

Mersin University, Institute of Science and Technology / Remote Sensing and Geographic Information Systems  
Mersin

#### EDİTÖR YARDIMCILARI / CO-EDITOR

**Dr. Öğr. Üyesi Fatih VAROL**

Selçuk University, Konya/Turkey

#### EDİTÖR KURULU / EDITORIAL BOARD

- **Prof. Dr. Murat YAKAR**, Mersin University  
[myakar@mersin.edu.tr](mailto:myakar@mersin.edu.tr)
- **Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ**, Aksaray University  
[hmuraty@gmail.com](mailto:hmuraty@gmail.com)
- **Prof. Dr. Ömer MUTLUOĞLU**, Konya Technical University  
[omutluoglu@ktu.edu.tr](mailto:omutluoglu@ktu.edu.tr)
- **Assoc. Prof. Dr. Murat UYSAL**, Afyon Kocatepe University  
[muysal@aku.edu.tr](mailto:muysal@aku.edu.tr)
- **Assist. Prof. Dr. Bilgehan KEKEÇ**, Konya Technical University  
[kekec@ktu.edu.tr](mailto:kekec@ktu.edu.tr)
- **Dr. Nizar POLAT**, Harran University  
[nizarpolat@harran.edu.tr](mailto:nizarpolat@harran.edu.tr)
- **Dr. Hayri ULVİ**, Gazi University  
[hayriulvi@gmail.com](mailto:hayriulvi@gmail.com)
- **Dr. Alper AKAR**, Erzincan Binali Yıldırım University,  
[alperakar@erzincan.edu.tr](mailto:alperakar@erzincan.edu.tr)
- **Dr. Özlem AKAR**, Erzincan Binali Yıldırım University  
[oakar@erzincan.edu.tr](mailto:oakar@erzincan.edu.tr)

#### DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD

- **Prof. Dr. İbrahim YILMAZ**,  
[iyilmaz@aku.edu.tr](mailto:iyilmaz@aku.edu.tr),  
Afyon Kocatepe University
- **Assoc. Prof. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK**,  
[yilmazturk@aksaray.edu.tr](mailto:yilmazturk@aksaray.edu.tr),  
Aksaray University
- **Dr. Mehmet Ali DERELİ**,  
[madereli@gmail.com](mailto:madereli@gmail.com)  
Giresun University
- **Dr. Resul ÇÖMERT**,  
[rcomert@gumushane.edu.tr](mailto:rcomert@gumushane.edu.tr),  
Gümüşhane University

#### TİHA Dergisi Dil Editörleri / TUAV Journal Language Editors

**Assist. Prof. Dr. Savaş ŞAHİN**, Akdeniz University  
[savassahin@akdeniz.edu.tr](mailto:savassahin@akdeniz.edu.tr)

**Res. Asst. Halil İbrahim ŞENOL**, Harran University  
[hzenol@harran.edu.tr](mailto:hzenol@harran.edu.tr)

#### Mizanpaj

**Res. Asst. Abdurahman Yasin YİĞİT**, Mersin University  
[avasinyigit@mersin.edu.tr](mailto:avasinyigit@mersin.edu.tr)

**Res. Asst. Yunus KAYA**, Harran University  
[yunuskaya@harran.edu.tr](mailto:yunuskaya@harran.edu.tr)

# İçindekiler

## Contents

### Araştırma Makaleleri; Research Articles\*;

<b>Sayfa/Page No</b>	<b>Makale Adı ve Yazar Adı Article Name and Author Name</b>
36-48*	<i>Hacim Hesaplarında İnsansız Hava Aracı (İHA) Verilerinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması</i> (Investigation of the Usability of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Data in Volume Calculations) <b>Vahit ŞAHİN &amp; Hacı Murat YILMAZ</b>
49- 54*	<i>Suçlu Drone Saldırılarına Karşı Polisin Zor Kullanma Yetkisi</i> (Police Use of Force Against Criminal Drone Attacks) <b>Enver KAŞLI</b>
55-64*	<i>Devletlerin Değişen Güvenlik Algısında İnsansız Hava Araçları</i> (Unmanned Aerial Vehicles in the Changing Security Perception of States) <b>Muhammed Ali YETGIN &amp; Mithat BAŞTUĞ</b>
65- 68*	<i>SenseFly eBeeX İHA İle Üretilen Ortofotonun Konum Doğruluğunun İncelenmesi</i> (Investigation of Position Accuracy of Orthophoto Produced by SenseFly eBeeX UAV) <b>Alper AKAR , Özlem AKAR &amp; Halim Ferit BAYATA</b>

### Derleme Makaleleri; Review Articles\*\*;

<b>S. No</b>	<b>Makale Adı (En./Tr.) ve Yazar Adı</b>
69-77**	<i>Eye of the farmer in the sky: Drones</i> (Çiftçinin Gökteki Gözü: Drone) <b>Sabri GÜL, Yusuf Ziya GÜZEY, Hakan YILDIRIM &amp; Mahmut KESKİN</b>



## Hacim Hesaplarında İnsansız Hava Aracı (İHA) Verilerinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Vahit Şahin<sup>\*1</sup>, Hacı Murat Yılmaz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Melikgazi Belediyesi Plan ve Proje Müdürlüğü

<sup>2</sup>Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, Aksaray, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

İHA,  
SİLO,  
Fotogrametri,  
Hacim Hesabı.

### ÖZ

Hacim hesapları birçok mühendislik çalışmasında kullanılmaktadır. Günümüzde Harita Mühendisliğinin İnşaat ve Madencilik sektöründeki en önemli iş kollarından birisi de hacim hesabıdır. Hacim hesapları jeodezik, fotogrametrik ve lazer tarama gibi farklı yöntemlerden elde edilen veriler kullanılarak yapılabilmektedir. Özellikle erişilmesi riskli ve zor bölgelerde hacim hesapları arazideki ölçmelerden ziyade bölgenin havadan veya yerden çekilen resimleri yardımıyla yapılması daha uygun olmaktadır. Günümüzde fotogrametri, haritacılık alanında oldukça önemli bir yere sahiptir. Fotogrametrik harita üretiminde farklı platformlar kullanılarak görüntü alımı gerçekleştirilmektedir. Gelişen teknoloji havadan fotoğraf temininde yeni alternatifler ortaya çıkarmıştır. Yaşanan teknolojik gelişmeler neticesinde uzaktan algılama ve fotogrametri ile üretilen verilerde, İnsansız Hava Araçları (İHA) kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada son yıllarda birçok konuda uygulama alanı bulan İHA verileri kullanılarak yapılan hacim hesaplarının farklı açılardan analizi yapılmıştır. Hacmi bilinen tarımsal ürün depolama tesisi (SİLO) ve bir dolgu alanının hacmi İHA verileri yardımıyla hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamada düzgün geometrik yapıya sahip SİLO'nun hacmi %98 doğrulukla, düzgün geometrik yapıya sahip olmayan dolgu alanı hacmi %93.57 doğrulukla hesaplanmıştır.

## Investigation of the Usability of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Data in Volume Calculations

### Keywords

UAV,  
SİLO,  
Photogrammetry,  
Volume calculation.

### ABSTRACT

Volume calculations are used in many engineering studies. Today one of the most important business lines of Surveying Engineering in the construction and mining sector is volume calculation. Volume calculations can be made using data obtained from different methods such as geodetic, photogrammetric and laser scanning. Especially in areas that are risky and difficult to access, it is more appropriate to make volume calculations with the help of aerial or ground photographs of the region rather than measurements on the field. Today photogrammetry has a very important place in the field of cartography. In the production of photogrammetric maps, images are acquired using different platforms. Developing technology has revealed new alternatives in aerial photography. As a result of the technological developments experienced, Unmanned Aerial Vehicles (UAV) have started to be used in the data produced by remote sensing and photogrammetry. In this study, the volume calculations made using UAV data which have found application in many subjects in recent years, were analyzed from different perspectives. The volume of a known agricultural product storage facility (SİLO) and the volume of a fill area were calculated with the help of UAV data. In the calculation made, the volume of the SİLO with a regular geometric structure was calculated with an accuracy of 98%, and the volume of the filling area without a regular geometric structure was calculated with an accuracy of 93.57%.

## 1. GİRİŞ

Hacim hesaplama işlemleri birçok mühendislik disiplininde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde Harita Mühendisliğinin inşaat, yol projeleri, baraj projeleri, madencilik sektörü vb. iş alanlarında önemini artıran önemli iş kolları arasında hacim hesaplamaları da yer almaktadır (Yakar vd., 2009; Seki, 2017). Hacim hesapları birçok farklı yöntem ile elde edilen veriler yardımıyla yapılabilen olup, bu yöntemlere jeodezik, fotogrametrik ve lazer tarama örnek olarak gösterilebilir. Özellikle insan hayatını tehlikeye sokan ve erişilmesi riskli ve zor bölgelerde hacim hesaplamaları gelişen teknolojik gelişmeler doğrultusunda, bölgenin havadan veya yerden çekilen fotoğrafları kullanılarak yapılabilmektedir.

Farklı mühendislik problemlerinin çözümünde fotogrametrik tekniklerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Farklı özelliklere sahip doğal ve yapay yapıların fotogrametrik amaçlarla fotoğraflarının elde edilmesinde insansız hava araçları önemli katkılar sağlamıştır (Uysal vd.,2015). Yaşanan teknolojik gelişmeler doğrultusunda, fotogrametri yöntemleri haritacılık alanında önemini her geçen gün artırmaktadır. Fotogrametrik yöntemler kullanılarak harita üretimi için farklı platformlardan elde edilen görüntüler kullanılmaktadır (Yakar vd., 2009; Yılmaz & Yakar, 2008). Gelişen teknoloji havadan görüntü alımında kullanılan uçak, helikopter vb. hava taşıtlarına yeni alternatifler ortaya çıkarmıştır. Bu bağlamda, İnsansız Hava Aracı (İHA) teknolojisi yeni bir görüntü alım platformu olarak karşımıza çıkmaktadır (Aktaş vd., 2016). Yaşanan teknolojik gelişmeler neticesinde uzaktan algılama ve fotogrametri ile üretilen verilerde, hız ve maliyet açısından sağladığı avantajlar ile İHA kullanımı her geçen gün artmaktadır.

Günümüzde İHA kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Bunun nedenleri arasında; düşük maliyetle üretilmeleri, onarım-bakım masraflarının düşük olması, insan hayatını tehlikeye atma olasılığı bulunan görevleri yerine getirebilmeleri, kaliteli ve hassas veri üretebilmeleri, düşük emisyonu sahip olmaları şeklinde sıralanabilir (Yılmaz vd., 2018).

İnsansız Hava Araçları, içerisinde uçuş ekibi (pilot) olmadan aerodinamik uçuş prensiplerine göre aralıksız olarak otomatik ya da yarı otomatik uçabilme özelliğine sahip araçlardır (Saripalli vd., 2003). İHA sistemleri son birkaç yıl içerisinde sivil kullanıma uygun hale getirilmiştir. İHA sayılarının her geçen gün artması, farklı iş sahaları arasında kullanılmasını yaygınlaştırmıştır (Yanmaz vd., 2017). İHA'nın yenilikçi bir iş modeli olarak yaygınlaşması neticesinde, hava fotogrametrisi, havadan ölçme, uzaktan algılama, geomatik (harita, kadastro, jeodezi ve fotogrametri) uygulamalarının bir parçası haline geldiği artık kanıtlanmış durumdadır. Büyüklüğü 10.1 milyar USD olan global İHA pazarının, genel ekonomik büyümenin aksine %8.12 seviyesinde büyüyerek 2020 itibarıyla yaklaşık 15 milyar USD genişlemeye ulaşması beklenmektedir. İHA fotogrametrisi (Structure from Motion-SfM) özellikle tarım, madencilik, havadan fotoğrafçılık ve emlak sektörlerinde kendine yer bulmuştur. Harita, kadastro ve planlama işlerinde ise temel konunun mülkiyet hakkı ve bunun belirlenmesi olması sebebiyle daha temkinli davranılmakla birlikte, İHA'nın uygulama olanakları

konusunda özellikle doğruluk, uygunluk, ölçülebilirlik (izleme, kalibrasyon, kayıt vb.) bakımından çok sayıda kurum, firma ve araştırmacının derinlemesine çalışması sürmektedir. Ayrıca, yapılan uygulamalardan edinilen tecrübelerle birlikte İHA kullanılarak ölçme konusunda kalite, güvence ve altyapı oluşturma ihtiyacı hızla artmaktadır (Torun, 2017).

Yakar ve Doğan (2017), yaptıkları çalışmada Akhayat obruğunun değişik açılardan çekilen İnsansız Hava Aracı görüntüleri ile üç boyutlu modelleme çalışmasını gerçekleştirerek kontrol noktalarındaki karesel ortalama hatayı 1.64 cm olarak tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada ayrıca yer örnekleme aralığı 1.37 cm/piksel olan ortofoto ve yer örnekleme aralığı 11 cm/piksel olan Sayısal Yükseklik Modeli üretimi de yapılmıştır.

Tercan (2018), yaptığı çalışmada İnsansız Hava Araçları ile Antalya şehrinde belirlemiş olduğu bir karayolunda %85 enine, %65 boyuna bindirme oranları ile 140 m yükseklikten uçuş yapmıştır. Uçuş İşlemi sonrası büro çalışması ile Sayısal Yükseklik Modeli ve ortofoto görüntü elde etmeyi amaçlamıştır. Ayrıca çalışma esnasında 7 tane yer kontrol noktasının tesisini Cors-RTK yöntemi ile gerçekleştirmiştir. İHA ile yapılan uçuş işlemi sonrası nokta bulutunu sınıflandırarak zemindeki nokta verilerine ulaşmıştır. Çalışma alanı olarak belirlenen karayolunda gerçekleştirilen jeodezik işlemler neticesinde ise yersel ölçümler ile karşılaştırması sonucunda toprak zeminde 7.32 cm, sert zeminde 3.96 cm ve mekânsal alanlarda ise 4.9 cm yatay doğruluğa ulaşmıştır. Yaptığı çalışma sonucunda Sayısal Yükseklik Modeli, Sayısal Arazi Modeli ve ortofoto üretiminin bitki örtüsünün seyrek olduğu ve düz arazi yüzeylerinde kullanılabileceğini belirtmiştir.

Gençerk (2016), yaptığı çalışmada, İHA ile elde edilen fotoğraflar kullanılarak kazı-dolgu ve kübaj hesaplama işlemlerinde, arazi ve saha çalışmaları neticesinde ulaşılan doğruluğun mühendislik projelerinde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Yaptığı araştırma sonucunda elde ettiği ortofoto, Sayısal Yükseklik Modeli ve Sayısal Arazi Modelinin 5 cm çözünürlüğe sahip olduğunu tespit etmiştir. Çalışma kapsamında elde ettiği ürünler üzerinde kübaj hesabı, en kesit ile boy kesit alımı ve analizlerini yapmış ve süre, doğruluk ve mali yönlerden yorumlayarak mühendislik çalışmalarında kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Özmir ve Uzar (2016), yaptıkları bir çalışmada Gaziantep 5. Organize Sanayi Bölgesinde fotogrametrik veri üretimi için İnsansız Hava Aracı ile elde edilen fotoğrafları kullanarak yer örnekleme aralığı 3.53 cm olan ortofoto ve 7.06 cm olan Sayısal Yükseklik Modeli elde etmişlerdir. İnsansız Hava Araçlarının insan hayatı için tehdit oluşturan yerlerde uzaktan veri elde etme fırsatı sunarak anlık çözüm üretebilen tam zamanlı veri kontrolü ile veri üretimini gerçekleştirdiği sonucuna ulaşmışlardır.

Yakar vd. (2015), yaptıkları çalışmada, Bezariye Hanının fotogrametrik yöntemlerle ölçülmesi, üç boyutlu modelinin üretilmesi ve elde edilen 3 boyutlu modellerin yapının tarihi dokusuna uygun olarak restore edilebilmesi için sağlayacağı avantajları incelemişlerdir. Ayrıca elde edilen bu üç boyutlu modellerin İHA'lar ile fotogrametrik teknikler kullanılarak yapılması ile resim elde etme olanaklarını artırması ve dolayısı ile

dokümantasyonun daha gerçekçi ve kapsamlı olduğunu vurgulayarak, fotogrametrik tekniklerin İHA yardımıyla farklı disiplinlerde de kullanılabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Yılmaz vd. (2018), yaptıkları çalışmada İnsansız Hava Aracı ile elde edilen verileri kullanarak Aksaray Üniversitesi Kampüsünün ortofoto görüntüsünün üretimini gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmada Topcon GR3 GPS alıcısı ile WGS 84 koordinat sisteminde yeterli sıklıkta yer kontrol noktası tesisini gerçekleştirmişlerdir. Havadan resimlerin çekilmesi için 12 MP çözünürlüklü Ricoh marka kamera donanımına sahip Smartplanes marka İnsansız Hava Aracı kullanılmışlardır. Uçuş işlemlerini tamandıktan sonra elde edilen verileri Virtual Surveyor İHA yazılımı ile değerlendirerek çalışma alanının Sayısal Yükseklik Modeli ve ortofoto haritasını üretmişlerdir. Ayrıca elde ettikleri verilerin doğruluğunun kontrol edilmesi amacıyla üç boyutlu model ve ortofoto haritada beş noktada yatay uzunluk ve beş noktada özellikle yapılarda düşey uzunlukların ölçümünü yapmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda elde ettikleri ürünlerdeki ortalama konum hatasını  $\pm 2.38$  cm, ortalama yükseklik hatasını ise  $\pm 9.94$  cm olarak hesaplamışlardır. Yaptıkları çalışmada üç boyutlu modellerinin üretilmesinde düşey resimlerin yanında eğik resimlerinde çekilmesinin önem arz ettiğini belirterek çalışma alanının eğik resimleri de çekilerek konum doğruluğunun, yükseklik doğruluğundan daha yüksek çıktığı sonucuna ulaşmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda klasik hava fotogrametrisi ile kıyaslandığında Sayısal Arazi Modellerinin, Sayısal Yükseklik Modellerinin, küçük alanlarda halihazır harita üretimin ve birçok disiplin tarafından kullanılan ortofoto harita üretiminin İHA ile daha ekonomik ve kısa sürede uygun yükseklik ile konum hatalarına sahip olarak elde edilebileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Kaya vd. (2019), yaptıkları çalışmada Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü'nde yer alan göletin kapasitesi ve hacminin hesaplaması çalışması ile hacim hesaplamalarında İHA kullanımını araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada Harran Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'ndan aldıkları referans bilgi doğrultusunda göletin planlanan su yüksekliğinin 1.40 m olduğu ve 1.40 m su yüksekliği için toplam hacmini ise 23.430,09 m<sup>3</sup> bilgisini belirterek elde ettikleri değeri gerçek hacim değeri olarak kabul etmişlerdir. Çalışma devamında temizlenme çalışmaları nedeniyle boşaltılan havuzda Cors-GPS Yöntemi ile gölete ait tüm kırık noktalar ve hem üst seviye üzerinden hem de tabandan ölçümleri yapılmış ve çalışma alanı olan gölette hacim hesaplanması için 59 adet noktada ölçüm işlemi yapılmıştır. Havadan fotoğrafların elde edilmesi amacıyla üzerinde 20.2 megapiksel kompakt bir kameraya sahip, 8 pervaneli TURKUAV marka İHA ile boş vaziyetteki gölete ait 247 adet resim çekilmiştir. Elde edilen resimlerden uygun olanları Pix4D yazılımında değerlendirmesi yapılmış ve çalışma bölgesine ait dokuz milyon üzerinde noktaya sahip veri üretilmiştir. Yapılan çalışma ile göletin gerçek hacmi ile jeodezik yöntemle elde edilen hacim değeri arasında %4.07, göletin gerçek hacmi ile fotogrametrik yöntem ile elde edilen hacim değeri arasında ise %0,50 fark olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda fotogrametrik yöntem ile hacim

hesaplamasının jeodezik yöntemlere göre iş gücü, maliyet ve zaman açısından daha avantajlı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Ulvi (2018), yaptığı çalışmada İHA kullanarak fotogrametrik teknikler ile hacim hesaplamasını araştırmıştır. Çalışma kapsamında Selçuk Üniversitesi Alaaddin Keykubat Kampüsü içerisinde 20 m x 18 m x 3 m boyutlarına sahip bölge çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında ilk olarak hacim hesabı yapılacak bölgede 8 adet yer kontrol noktası tesisini gerçekleştirmiştir. Yer kontrol noktalarının tesisi işleminin ardından İHA ile 20 m yükseklikten 85 adet fotoğraf çekimini gerçekleştirmiş ve elde ettiği fotoğraflardan 24 tanesini değerlemede kullanılmıştır. Arazi çalışması ile elde edilen yer kontrol noktaları ve hava fotoğrafları verileri büro çalışması esnasında Netcad ve Photomodeler programlarında değerlendirilmiş ve hacim hesaplaması gerçekleştirilmiştir. Yaptığı hesaplamalar neticesinde klasik yöntem ile çalışma bölgesinde toplam hacmi 286 m<sup>3</sup> olarak hesaplamış ve klasik yöntem ile hacim hesaplamasının toplam 220 dakikada tamamlandığını belirtmiştir. Aynı çalışma kapsamında fotogrametrik yöntem ile çalışma bölgesinde toplam hacmi 287.94 m<sup>3</sup> olarak hesaplamış ve fotogrametrik yöntem ile hacim hesaplamasının toplam 60 dakikada tamamlandığını belirtmiştir. Yaptığı çalışma kapsamında klasik yöntem ile elde edilen toplam hacim ile fotogrametrik yöntem ile elde edilen toplam hacim arasında 1.94 m<sup>3</sup> fark elde etmiş ve iki işlem arasında doğruluk analizini %99.33 olarak hesaplamıştır. Yaptığı çalışma neticesinde fotogrametrik yöntem ile hacim hesaplama işlemlerinin klasik yöntemler ile kıyaslandığında yeterli doğruluk oranına sahip olduğu, zaman ve maliyet yönlerinden ise fotogrametrik yöntemler ile hacim hesaplama işlemlerinin klasik yöntemler ile yapılan hacim hesaplamaları işlemlerine kıyasla daha avantajlı olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Ulvi vd. (2020), yaptıkları çalışmada İnsansız Hava Aracı ve yersel fotogrametrik teknikler kullanarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 boyutlu nokta bulutu ve modelinin üretilmesini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada Kızıl Kilise'nin dış cephe çizimleri, nokta bulutları ve 3 boyutlu modeli elde edilmiştir. Çalışma esnasında ilk olarak detay nokta alımı için gerekli sabit nokta tesisi için araştırma çalışmaları yapılmış ve 4 noktaya poligon tesisi tamamlanmıştır. Poligonların tesisi işleminin ardından kilise yüzeyinde homojen dağılımda 18 adet kontrol noktası seçilerek bu noktaların jeodezik koordinatları lokal olarak hesaplanmıştır. Poligon tesisi ve kontrol noktalarının hesaplanmasının ardından kilisenin yer bazlı ve havadan fotoğraf çekimi işlemi yapmışlardır. Havadan yapılan fotoğraf çekimlerinde 30 m yükseklikten Phantom 3 Professional İnsansız Hava Aracında entegreli olan 12.76 megapiksel çözünürlüğe sahip Sony EXMOR kamera kullanılmış ve farklı açılardan bindirmeli olarak fotoğraf çekimi yapılmıştır. Elde edilen veriler Photomodeler UAS ve Agisoft Photoscan yazılımlarında değerlendirilmiş ve çalışma alanının üç boyutlu modelleri elde edilmiştir. Elde ettikleri 3 boyutlu modellerin doğruluk analizini ise jeodezik ölçme aleti ile temin edilen koordinat verileri ile 3 boyutlu modellerden elde edilen test verileri karşılaştırılmıştır. Ölçme aleti ile elde edilen koordinatlar



kesin koordinatlar olarak kabul edilmiş ve aynı koordinat değerleri 3 boyutlu modellemede kullanılan her iki yazılımda da değerlendirilmiş ve farkları hesaplanarak noktaların karesel ortalama hatalarına ulaşılmıştır. Yapılan karesel ortalama hesabı sonucunda x,y,z koordinatlarında ortalama konum hatası; Photomodeler yazılımında  $\pm 20.4$  mm ve Agisoft yazılımında  $\pm 17.1$  mm olarak hesaplamışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda fotogrametri tekniği kullanımının uzun süredir kültürel ve tarihi eserlerin belgelenmesinde ve rölöve çalışmalarında klasik yöntemlere göre kullanıcıya maliyet, zaman, hassasiyet ve görsellik olarak avantajlar sağladığı sonucuna ulaşmışlardır.

Takeuchi ve Nakanishi (2019), yaptıkları bir çalışmada nehir yataklarında bulunan maddelerin boyutlarını tespit edebilmek için klasik yöntemlerin kullanımının, kısa vadede büyük alanları araştırmanın ve konumsal dağılımı hakkında doğru bilgi edinmenin zorluklarına değinerek, görüntü işleme teknikleri veya yüksek çözünürlüklü topografik verileri kullanmanın etkin bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma kapsamında İHA verileri yardımıyla çakıl ve kumun parçacık boyutunu tahmin etmek için Yapay Sinir Ağı Modeli üretmişlerdir. İHA görüntüleri yardımıyla elde ettikleri Sayısal Arazi Modelinde yüksek tahmin doğruluğu sağlamışlardır. Çalışmada önerilen Yapay Sinir Ağı Modelleri, nehir yatağı parçacıklarının çapını yaklaşık  $-0,7$  mm ortalama hata ve yaklaşık  $16,3$  mm ortalama standart sapma oranı ile yüksek doğrulukla tespit etmişlerdir.

Becker vd. (2018), yaptıkları çalışmada İHA ile elde edilen resimlerden üretilen görüntüleri Pix4D programında değerlendirerek farklı yoğunluklarda üretilen nokta bulutlarının sınıf etiketlerini elde etmek için uygun bir yöntem olduğunu ortaya koymuşlardır. Çalışma kapsamında geometrik özelliklere ek olarak renk bilgisini de dahil ederek anlamlı sınıfların tespitinde ve doğrulukta önemli bir artış sağlamışlardır. Yaptıkları çalışmada sınıflandırmada makine öğrenmesini yöntemini kullanmışlardır. Makine Öğrenimi için Random Fores ve Gradient Boosted Trees metotları ile test verilerini sınıflandırmışlardır. Çalışma sonucunda Gradient Boosted Trees metodu kullanımının daha başarılı sonuç verdiğine değinerek daha fazla eğitim verisi ile daha başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Sonuç olarak bina ve diğer sınıfları daha doğru tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada son yıllarda birçok konuda uygulama alanı bulan İHA verileri kullanılarak hacmi bilinen tarımsal ürün depolama tesisi (SİLO) ve bir dolgu alanının Agisoft Metashape, Pix4Dmapper ve 3 DF Zephyr programlarında 3 boyutlu modellerinin üretilmesi ve hacim hesaplamalarının yapılması amaçlanmıştır.

## 2. UYGULAMA

Mühendislik çalışmalarında büyük önem arz eden hacim hesaplamaları literatürde jeodezik yöntemler ve fotogrametri yardımıyla yapılmıştır. Yaşanan teknolojik gelişmeler doğrultusunda kullanım alanı her geçen gün artan İHA'ların hacim hesaplamalarında kullanımı da gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmada iki farklı objenin hacmi İHA verileri yardımıyla hesaplanmıştır.

### 2.1. Tarımsal Ürün Depolama Tesisi (SİLO) Hacim Hesaplama İşlemi

İHA'ların hacim hesaplarında kullanılabilirliğinin araştırılmasında ilk işlem olarak teknik bilgileri ve hacmi bilinen SİLO'ların hacmi hesaplanmıştır. Yapılan hacim hesaplama işlemi arazi çalışması ve büro çalışması olmak üzere iki aşamadan oluşmakta olup, aşağıda açıklanmıştır.

#### 2.1.1. Arazi Çalışması

Hacmi hesaplanacak SİLO'lar Kayseri İli, Talas İlçesi, Kamber Mahallesi, Topraktepe Mevkiinde yer alan  $31.000 m^2$  alana sahip 0 Ada 1921 Parsel üzerinde inşa edilen Ruhbaş Tarım Ürünleri Lisanslı Depoculuk A.Ş. firmasına sahip depolama tesisi içerisinde yer almakta olup, çalışma alanına ait fotoğraf Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Hacim Hesabı Yapılacak Çalışma Alanı.

Yapılan arazi çalışmasında ilk işlem olarak Comnav T300 marka GPS ile 6 adet yer kontrol noktası tesis edilmiş olup, elde edilen veriler aşağıda Tablo 1'de gösterildiği üzere verilmiştir.

Tablo 1. SİLO Hacim Hesabı İçin Tesisi Edilen Yer kontrol Noktaları.

YKN NO	X DEĞERİ	Y DEĞERİ	Z DEĞERİ
P.101	480865.394	4277377.460	1592.239
P.102	480904.210	4277393.829	1591.323
P.103	480963.198	4277459.617	1591.240
P.104	481062.917	4277567.102	1593.404
P.105	481006.592	4277629.179	1594.737
P.106	480918.779	4277501.624	1591.470

Yer kontrol noktalarının tesis işlemi tamamlandıktan sonra DJI Phantom 4 Pro marka İHA ile uçuş işlemleri gerçekleştirilmiştir. İHA uçuş yüksekliği sağlıklı veri elde edilebilmesi amacıyla  $75$  m olarak belirlenmiş ve uçuş süresi yaklaşık  $25$  dakika sürmüştür. Elde edilecek hava fotoğraflarında  $\%80$  ön ve  $\%60$  yan bindirme oranı belirlenmiş ve 2 kez uçuş yapılarak, çalışma alanının enine belirlenen güzergahında  $125$  adet; boyuna belirlenen güzergahında ise  $123$  adet olmak üzere toplam  $248$  adet fotoğraf elde edilmiştir. Yapılan double

grid uçuşu işleminde Pix4Dcapture yazılımı kullanılmıştır. Uçuş işlemlerinde kullanılan DJI Phantom 4 Pro marka İHA'nın sağladığı yer örnekleme aralığının (m / 36.5) cm / piksel olduğu teknik kataloğu üzerinden incelenmiştir. Çalışma kapsamında İHA uçuşunun 75 m yükseklikten gerçekleştirilmiş olması nedeniyle yer örnekleme aralığı 2.05 cm/piksel olarak kabul edilmiştir. İHA ile yapılan uçuşlara ait örnek fotoğraf Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 2. İHA ile Elde Edilen Fotoğraf.

## 2.1.2. Büro Çalışması

Saha çalışmaları sonucu elde edilen veriler büro ortamında 3 boyutlu modellerin üretilmesi aşamasında kullanılmıştır. 3 boyutlu modellerin elde edilmesi ve hacim hesabının yapılması için Pix4Dmapper, Agisoft Metashape ve 3 DF Zephyr programları kullanılmıştır.

Büro çalışmasında ilk olarak arazi çalışması ile elde edilen ve yukarıda Tablo 1'de gösterilen yer kontrol noktaları Pix4Dmapper, Agisoft Metashape ve 3 DF Zephyr programlarına aktarılmış ve hata payları incelenmiştir. Yapılan incelemede yer kontrol noktalarının Pix4Dmapper programında ortalama X değeri hata payı ~1.2 cm, Y değeri hata payı ~1.3 cm ve Z değeri hata payı ise ~0.4 cm olarak tespit edilmiştir. Agisoft Metashape programında ise yer kontrol noktalarının nihai ortalama hata payı ~0.6 cm, 3 DF Zephyr programında ise yer kontrol noktalarının nihai ortalama hata payı ~1.2 cm olarak tespit edilmiştir.

Büro çalışmaları işleminde ikinci olarak SİLO'ların teknik kataloğu incelenmiştir. SİLO'ların teknik kataloğu üretici firma olan Mysilo firmasından temin edilmiş ve hacim hesabı yapılacak SİLO'ların model numarasının 1415 olduğu öğrenilmiştir. Teknik katalogta yer alan bilgilere göre Model 1415 numaralı SİLO'nun 12.83 m taban çapı, 15 adet ring, 12.68 m saçak yüksekliği, 16.29 m tepe yüksekliği, 1.782 m<sup>3</sup> toplam kapasiteye sahip olduğu ve 1.512 ton buğday, 1.360 ton mısır veya 1.209 ton arpa kapasitesine sahip olduğu görülmüş olup, SİLO'ların teknik kataloğu Şekil 3' te verilmiştir.

Çap m (ft)	Model	Ring Sayısı	Saçak Yüksekliği (m)	Tepe Yüksekliği (m)	Kapasite (m <sup>3</sup> )	Kapasite Buğday (ton)	Kapasite Mısır (ton)	Kapasite Arpa (ton)
12,83 (42')	1408	8	6,76	10,38	1.018	863	777	690
	1409	9	7,61	11,22	1.127	956	860	765
	1410	10	8,45	12,07	1.236	1.048	943	839
	1411	11	9,30	12,91	1.345	1.141	1.027	913
	1412	12	10,14	13,76	1.455	1.234	1.110	987
	1413	13	10,99	14,60	1.564	1.326	1.194	1.061
	1414	14	11,83	15,45	1.673	1.419	1.277	1.135
	1415	15	12,68	16,29	1.782	1.512	1.360	1.209
	1416	16	13,52	17,14	1.892	1.604	1.444	1.283
	1417	17	14,37	17,98	2.001	1.697	1.527	1.357
	1418	18	15,21	18,83	2.110	1.789	1.610	1.432
	1419	19	16,06	19,67	2.219	1.882	1.694	1.506
	1420	20	16,90	20,52	2.329	1.975	1.777	1.580
	1421	21	17,75	21,36	2.438	2.067	1.861	1.654
	1422	22	18,59	22,21	2.547	2.160	1.944	1.728
	1423	23	19,44	23,05	2.656	2.253	2.027	1.802
	1424	24	20,28	23,90	2.766	2.345	2.111	1.876
	1425	25	21,13	24,74	2.875	2.438	2.194	1.950
	1426	26	21,97	25,59	2.984	2.531	2.277	2.024
	1427	27	22,82	26,43	3.093	2.623	2.361	2.099
	1428	28	23,66	27,28	3.203	2.716	2.444	2.173
1429	29	24,51	28,12	3.312	2.808	2.528	2.247	
1430	30	25,35	28,97	3.421	2.901	2.611	2.321	
1431	31	26,20	29,81	3.530	2.994	2.694	2.395	
1432	32	27,04	30,66	3.640	3.086	2.778	2.469	
1433	33	27,89	31,50	3.749	3.179	2.861	2.543	
1434	34	28,73	32,35	3.858	3.272	2.944	2.617	

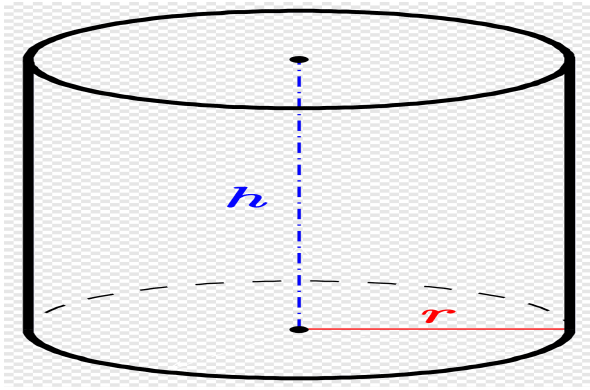
Şekil 3. SİLO Teknik Kataloğu.

Büro çalışmaları aşamasında İHA ile elde edilen fotoğraflar ve yer kontrol noktaları Pix4Dmapper, Agisoft Metashape ve 3 DF Zephyr programları değerlendirilerek nokta bulutları, mesh modeller ve 3 boyutlu modeller üretilmiştir.

Hacim hesabı yapılacak çalışma alanında toplam 24 adet aynı kapasite ve ölçülere sahip SİLO bulunmaktadır. SİLO'ların birbirine çok yakın olması 3 boyutlu model oluşturmada ve hacim hesaplama işleminde olumsuz sonuçlara neden olmaktadır.

SİLO'nun taban alanın çevrelenmesinde SİLO'lar arası mesafenin çok yakın olması ve SİLO'lar üzerinde yer alan boşaltım tünellerinin oluşturulan üçgen yüzeye dahil edilmesi nedeniyle programlar bünyesinde yer alan Hacim Hesaplama Modülün yüksek hatalı sonuç verdiği görülmüştür. Bu nedenle SİLO'ların hacim hesaplama işlemleri aşağıda belirtilen şekilde yapılmıştır.

Hacmi hesaplanacak SİLO'lar geometrik olarak taban kotundan saçak yüksekliğine kadar silindir; saçak yüksekliğinden tepe yüksekliğine kadar konik yüzeye sahiptir. Bu nedenle hacim hesaplanması aşamasında aşağıda Şekil 4' te gösterildiği üzere silindir hacmi formülü (1) ve Şekil 5'te gösterildiği üzere konik yüzey hacmi formülü (2) ile hesaplanmıştır.

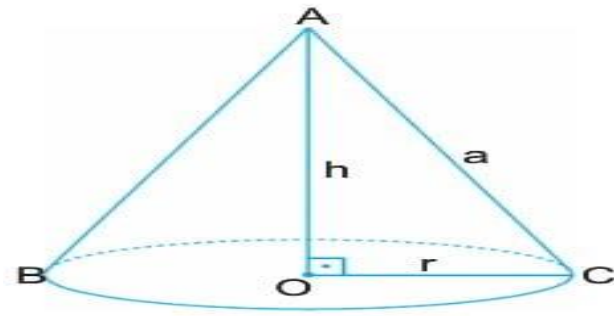


Şekil 4. Silindir Prizma Yüzeyi.

Silindir prizma hacim formülü ise aşağıda belirtilmiştir:

$$V_{\text{silindir}} = \pi r^2 h \quad (1)$$

Burada  $h$  taban kotundan saçak yüksekliğine kadar olan yükseklik,  $r$  ise taban yarıçapıdır.



Şekil 5. Dik Konik Prizma Yüzeyi.

Dik konik prizma hacim formülü ise aşağıda belirtilmiştir:

$$V_{\text{koni}} = \frac{1}{3} \pi r^2 h \quad (2)$$

Burada  $h$  tepe noktası ile saçak yüksekliği arasındaki yükseklik farkı,  $r$  ise taban yarıçapıdır.

Yukarıda Silindir prizma hacim formülü (1) ve dik konik prizma hacim formülünde (2) ihtiyaç duyulan tepe noktası, saçak yüksekliği ve taban yarıçapı ölçülerine, arazi çalışmasında esnasında tesis edilen yer kontrol noktaları ve İHA ile çekilen fotoğrafların Pix4Dmapper, Agisoft Metashape ve 3 DF Zephyr programlarında değerlendirilmesi ile üretilen 3 boyutlu modeller kullanılarak ulaşılmış olup, aşağıda Bulgular başlığı altında detaylı olarak açıklanmıştır.

## 2.2. Dolgu Alanı Hacim Hesabı

İHA'ların hacim hesaplarında kullanılabilirliğinin araştırılmasında ikinci işlem dolgu alanında malzeme taşınarak gerçekleştirilen hacim hesaplaması işlemidir. Yapılan hacim hesaplama işlemi arazi çalışması ve büro çalışması olmak üzere iki aşamadan oluşmakta olup, aşağıda açıklanmıştır.

### 2.2.1. Arazi Çalışması

Yapılan ikinci hacim hesaplama işleminde Melikgazi Belediyesi'ne ait Asfalt Üretim Tesisleri çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Proje için seçilen saha devamlı olarak ana malzeme depolanmasının ve üretiminin yapıldığı tesis olup, tesis içerisinde düz bir zemin yapısına sahip bölge belirlenmiş ve çalışma alanına ait uydu görüntüsü Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Dolgu Çalışma Alanı Uydu Görüntüsü.

Yapılan arazi çalışmasında ilk işlem olarak Comnav T300 marka GPS ile 4 adet yer kontrol noktası tesis edilmiş olup, Tablo 2'de gösterildiği üzere verilmiştir.

Tablo 2. Dolgu Alanı Hacim Hesabı İçin Tesisi Edilen Yer kontrol Noktaları.

YKN NO	X DEĞERİ	Y DEĞERİ	Z DEĞERİ
P.101	467297.800	4287364.772	1419.735
P.102	467310.438	4287370.688	1419.801
P.103	467317.176	4287350.383	1420.075
P.104	467287.657	4287337.396	1419.401

Ayrıca arazi çalışması esnasında dolgu alanında yapılacak hacim hesaplamalarının yüksek doğrulukta hesaplanabilmesi için çalışma yapılacak bölgenin karakteristik noktalarının (tepe noktası, dere yatağı, yamaç kısmı vb.) ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu ölçümler sayesinde büro çalışması esnasında Pix4Dmapper, Agisoft Metashape ve 3 DF Zephyr programlarında oluşturulacak uçgen yüzeylerin hatalı yüzey oluşturulması en düşük seviyeye indirgenerek, programlarda elde edilecek Sayısal Yükseklik Modellerinin yüksek doğrulukta elde edilmesi amaçlanmıştır.

Yer kontrol noktaları tesisi tamamlandıktan sonra DJI Phantom 4 Pro marka İHA kullanılarak çalışma alanında hacim hesabı yapılacak malzemenin taşınmasından önce ve hacim hesabı yapılacak malzemenin taşınmasının ardından 2 kez uçuş yapılmış ve hava fotoğrafları çekimi tamamlanmıştır. İşlem esnasında İHA ile 50 metre yükseklikten %80 ön ve %60 yan bindirme oranı ile ilk uçuşta 111 adet ve ikinci uçuşta 115 adet olmak üzere toplam 226 adet fotoğraf elde edilmiştir. Uçuş işlemlerinde kullanılan DJI Phantom 4 Pro marka İHA'nın sağladığı yer örnekleme aralığının (m / 36.5) cm / piksel olduğu teknik kataloğu üzerinden incelenmiştir. Çalışma kapsamında yapılan uçuşun 50 m yükseklikten gerçekleştirilmiş olması nedeniyle yer örnekleme aralığı 1.40 cm/piksel olarak kabul edilmiştir. İHA ile yapılan uçuşlara ait örnek fotoğraf Şekil 7' de verilmiştir.



Şekil 7. Çalışma Alanının Dolgu Öncesi Görünümü.

Arazi çalışması esnasında çalışma alanı boş iken İHA ile yapılan uçuş tamamlandıktan sonra çalışma alanına 2 ayrı araç ile malzeme taşınması yapılmıştır. Kullanılan araçlara kantar ile tonaj hesabı yapılmış ve ilk araçla taşınan malzemenin 22.700 kg olduğu, ikinci araç ile taşınan malzemenin ise 49.600 kg olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanına taşınan malzemeye ait görsel Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Çalışma Alanına Taşınan Malzeme.

Malzeme taşıma işlemi tamamlandıktan sonra hacim hesabı yapılabilmesi için malzemenin yoğunluk bilgisine ihtiyaç duyulmuştur. Hacim hesabı yapılacak malzemenin aynı ebat ve ölçülerde homojen olmayan yapıya sahip olması nedeniyle yoğunluk hesabı yapılabilmesi için dikdörtgen prizma yüzey yapısına sahip bir adet eni 11.6 cm, boyu 15 cm ve yüksekliği 31 cm olan yağ tenekesi kullanılmıştır. Söz konusu tenekeye malzemenin doldurulmuş, kantar vasıtasıyla ağırlığı ölçülmüş ve 9.35 kg olarak ölçülmüştür.

Yapılan ölçüm sonucu aşağıda (3)'te gösterildiği üzere dikdörtgen prizma hacim hesaplama formülünde kullanılarak malzemenin hacmi hesaplanmış ve (4)'te belirtilen yoğunluk formülü yardımıyla malzemenin yoğunluğuna ulaşılmıştır.

Dikdörtgen prizmanın hacim formülü aşağıda gösterilmiştir:

$$V = a \times b \times c \quad (3)$$

Bu formülde  $a$  dikdörtgen prizmanın boyu,  $b$  dikdörtgen prizmanın eni,  $c$  ise dikdörtgen prizmanın yüksekliğidir.

Malzemenin yoğunluğu aşağıda belirtildiği şekilde hesaplanmıştır;

$$C = \frac{m}{v} \quad (4)$$

Bu formülde  $C$  yoğunluk,  $m$  malzemenin kütlesi,  $v$  ise malzemenin hacmidir.

$$C = \frac{9.35 \text{ kg}}{(11,6 \text{ cm} \times 31 \text{ cm} \times 15 \text{ cm})}$$

$$C = 0.001733 \text{ kg/cm}^3$$

olarak hesaplanmıştır. Yoğunluk birimi ton birimine uyarlanması yapılmış ve  $C = 1.73 \text{ ton/m}^3$  olarak tespit edilmiştir.

Çalışma alanına taşınan malzemenin toplam hacmine ise (4)'te belirtilen yoğunluk formülü kullanılarak ulaşılmış olup, aşağıda belirtildiği şekilde hesaplanmıştır;

$$C = \frac{m}{v} \quad (4)$$

$$1.73 \text{ ton} / m^3 = \frac{(22.700 \text{ kg} + 49.600 \text{ kg})}{v}$$

$$v = \frac{(22.700 \text{ kg} + 49.600 \text{ kg})}{1.73 \text{ ton} / m^3}$$

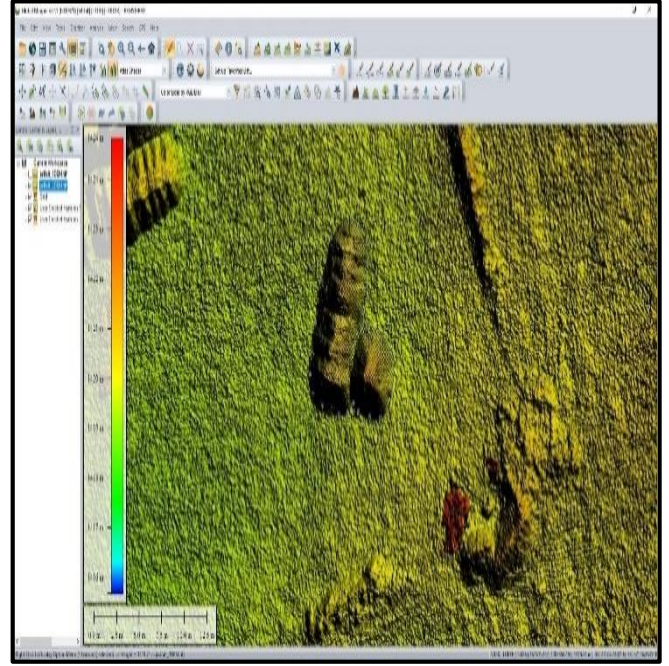
$$v = 41.79 \text{ m}^3 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Bu formülde  $C$  hesaplanan malzeme yoğunluğu,  $m$  ise çalışma alanına taşınan malzemenin toplam kütesidir.

### 2.2.2. Büro Çalışması

Büro çalışmasında ilk olarak arazi çalışması ile elde edilen ve yukarıda Tablo 2'de gösterilen yer kontrol noktaları Pix4Dmapper, Agisoft Metashape ve 3 DF Zephyr programlarına aktarılmış ve hata payları incelenmiştir. Yapılan incelemede yer kontrol noktalarının Pix4Dmapper programında ortalama X değeri hata payı ~0.2 cm, Y değeri hata payı ~0.5 cm ve Z değeri hata payı ise ~1.7 cm olarak tespit edilmiştir. Agisoft Metashape programında ise yer kontrol noktalarının nihai ortalama hata payı ~1 cm, 3 DF Zephyr programında ise yer kontrol noktalarının nihai ortalama hata payı ~1.1 cm olarak tespit edilmiştir.

Arazi çalışmaları sonucu elde edilen iki ayrı uçuş verileri ofis ortamında 3 boyutlu modellerin üretilmesi aşamasında kullanılmıştır. 3 boyutlu modellerin elde edilmesi ve hacim hesabının yapılması için Pix4Dmapper, Agisoft Metashape ve 3 DF Zephyr programları kullanılmıştır. Söz konusu programlarda çalışma alanı boş iken ve çalışma alanına malzeme taşındıktan sonra elde edilen veriler kullanılarak 2 ayrı yüzey modellemesi yapılmış ve Sayısal Yükseklik Modelleri elde edilmiştir. Ancak Pix4Dmapper, Agisoft Metashape ve 3 DF Zephyr programları yazılımsal olarak tek yüzey üzerinde hacim hesaplama özelliğine sahiptir. Ancak dolgu alanında yapılan çalışma kapsamında 2 ayrı Sayısal Yükseklik Modelinin üstü üstü çakıştırılarak hacim hesaplaması yapılacak olması nedeniyle Sayısal Yükseklik Modeli verileri Global Mapper programında değerlendirilmiş ve hacim hesaplamaları yapılmıştır. Sayısal Yükseklik Modellerinden bir örnek aşağıda belirtildiği üzere Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Agisoft Metashape Programında Üretilen ve Global Mapper Programına Aktarılan Sayısal Yükseklik Modeli.

Yapılan çalışmaya ait elde edilen sonuçlar aşağıda Bulgular başlığı altında detaylı olarak açıklanmıştır.

### 3. BULGULAR

Çalışma kapsamında iki ayrı hacim hesaplama işlemi bulunmakta olup, bu bölümde ilk olarak SİLO hacim hesabı işlemi açıklanmıştır. Yapılan büro çalışması ile elde edilen bilgiler Tablo 3'te gösterildiği üzere verilmiştir.

Tablo 3. SİLO Hacim Hesabı İşleminde Büro Çalışması İle Elde Edilen Değerler.

	Taban Çapı (m)	Saçak Yüksekliği (m)	Tepe Yüksekliği (m)	Kapasite ( $m^3$ )
A	12.83	12.68	16.29	1782
B	12.77	12.47	16.48	1765.54
<b>FARK</b>	<b>-0.06</b>	<b>-0.21</b>	<b>0.19</b>	<b>-16.46</b>
A	12.83	12.68	16.29	1782
C	12.72	12.96	16.56	1765.54
<b>FARK</b>	<b>-0.11</b>	<b>0.28</b>	<b>0.27</b>	<b>-16.46</b>
A	12.83	12.68	16.29	1782
D	12.87	13.00	16.86	1855.67
<b>FARK</b>	<b>0.04</b>	<b>0.32</b>	<b>0.57</b>	<b>73.67</b>

Tablo 3'te A satırı SİLO'ların teknik katalog bilgilerini, B satırı Pix4Dmapper programı ile elde edilen değerleri, C satırı 3 DF Zephyr programı ile elde edilen değerleri, D satırı ise Agisoft Metashape programı ile elde edilen değerleri göstermektedir.

SİLO'ların hacim hesaplama işlemi ilk olarak Pix4Dmapper programında gerçekleştirilmiştir. Pix4Dmapper programında arazi çalışması ile elde edilen yer kontrol noktaları ve İHA ile çekilen fotoğraflar kullanılarak nokta bulutu, mesh model ve 3 boyutlu model elde edilmiştir. Daha sonra Pix4Dmapper programında yer alan ölçüm aracı ile sırasıyla taban çapı, saçak yüksekliği ve tepe yükseklikleri ölçülmüştür.

İlk olarak Pix4Dmapper programı ile elde edilen 3 boyutlu modelde taban çapı birkaç ayrı noktadan hesaplanmış ve ortalama 13.10 m olarak bulunmuş olup, bu sonuca dıştan dışa ölçüm ile ulaşılmıştır. Hacmi hesaplanacak SİLO'ların teknik verilerine göre 65 mm sac kaplama ve 10 cm şerit mastikler bulunmaktadır. Bu veriler her iki taraftan Pix4Dmapper programı ile elde edilen dıştan dışa ölçüm sonucundan çıkarılarak silonun taban çapı 12.77 m olarak hesaplanmış ve yapılan hesaplama SİLO teknik kataloğunda yer alan taban çapı ile kıyaslanarak -0.06 m hata payına sahip olduğu görülmüştür.

Saçak yüksekliği Pix4Dmapper programında zemin noktasından 15. Ring bölümünün üst sınırına kadar olan yükseklik olarak kabul edilerek saçak yüksekliği 12.47 m olarak hesaplanmış ve yapılan hesaplama SİLO teknik kataloğunda yer alan saçak yüksekliği ile kıyaslanarak -0.21 m hata payına sahip olduğu görülmüştür.

Tepe Yüksekliğinin bulunmasında ise Pix4Dmapper programında SİLO'nun en üst kısmında bir adet nokta atılmış ve kotu incelenmiştir. Bu işlem ile atılan noktanın kotu 1608.88 olarak hesaplanmıştır. Aynı hesaplama işlemi esnasında SİLO'nun taban kotunun ise 1592.40 olduğu görülmüş olup, tepe noktasının yüksekliği iki kotun farkı alınarak 16.48 m olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama sonucu SİLO teknik kataloğunda yer alan tepe yüksekliği ile kıyaslanarak +0.19 m hata payına sahip olduğu görülmüştür.

Pix4Dmapper programı ile elde edilen taban çapı, saçak yüksekliği ve tepe yüksekliği ölçülerinden faydalanılarak yukarıda (1)'de belirtilen silindir prizma hacim formülü ve (2)'de dik konik prizma hacim formülünde kullanılarak SİLO'nun hacmi hesaplanmış ve  $1.765,54 m^3$  olarak tespit edilmiştir. Yapılan hesaplama sonucu SİLO teknik kataloğunda yer alan kapasite verisi ile kıyaslanarak  $-16.46 m^3$  hata payına sahip olduğu görülmüştür. Pix4Dmapper programında elde edilen hacim hesabının doğruluk oranı aşağıda (5)'te belirtilen doğruluk oranı formülü ile hesaplanmıştır;

$$\text{Doğruluk Oranı} = \frac{V_{\text{Hesaplanan}} \cdot 100}{V_{\text{SİLO}}} \quad (5)$$

$$\text{Doğruluk Oranı} = \frac{(1.765.54 m^3) \cdot 100}{(1.782 m^3)}$$

$$\text{Doğruluk Oranı} = \%99.07$$

Yukarıdaki eşitlikten Doğruluk Oranı = %99.07 olarak hesaplanmıştır.

Formülde belirtilen  $V_{\text{Hesaplanan}}$  Pix4Dmapper programında hesaplanan hacim miktarını,  $V_{\text{SİLO}}$  ise SİLO'ların teknik kapasitesinde belirtilen hacim miktarını göstermektedir.

SİLO'ların hacim hesaplaması büro çalışmasında ikinci olarak 3 DF Zephyr programında yapılmıştır. Pix4Dmapper programında yapılan işlemlerin benzeri 3 DF Zephyr programında da uygulanmış ve sırasıyla taban çapı, saçak yüksekliği ve tepe yüksekliği ölçülmüştür.

İlk olarak 3 DF Zephyr programı ile elde edilen 3 boyutlu modelde taban çapı birkaç ayrı noktadan hesaplanmış ve ortalama 13.05 m olarak bulunmuş olup, bu sonuca dıştan dışa ölçüm ile ulaşılmıştır. Hacmi hesaplanacak SİLO'ların teknik verilerine göre 65 mm sac kaplama ve 10 cm şerit mastikler bulunmaktadır. Bu veriler her iki taraftan 3 DF Zephyr programı ile elde edilen dıştan dışa ölçüm sonucundan çıkarılarak silonun taban çapı 12.72 m olarak hesaplanmış ve yapılan hesaplama SİLO teknik kataloğunda yer alan taban çapı ile kıyaslanarak -0.11 m hata payına sahip olduğu görülmüştür.

Saçak yüksekliği 3 DF Zephyr programında zemin noktasından 15. Ring bölümünün üst sınırına kadar olan yükseklik olarak kabul edilerek saçak yüksekliği 12.96 m olarak hesaplanmış ve yapılan hesaplama SİLO teknik kataloğunda yer alan saçak yüksekliği ile kıyaslanarak +0.28 m hata payına sahip olduğu görülmüştür.

Tepe Yüksekliğinin bulunmasında ise 3 DF Zephyr programında SİLO'nun en üst kısmında bir adet nokta atılmış ve kotu incelenmiştir. Bu işlem ile atılan noktanın kotu 1608.20 olarak hesaplanmıştır. Aynı hesaplama işlemi esnasında SİLO'nun taban kotunun ise 1591.64 olduğu görülmüş olup, tepe noktasının yüksekliği iki kotun farkı alınarak 16.56 m olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama sonucu SİLO teknik kataloğunda yer alan tepe yüksekliği ile kıyaslanarak +0.27 m hata payına sahip olduğu görülmüştür.

3 DF Zephyr programı ile elde edilen taban çapı, saçak yüksekliği ve tepe yüksekliği ölçülerinden faydalanılarak yukarıda (1)'de belirtilen silindir prizma hacim formülü ve (2)'de dik konik prizma hacim formülünde kullanılarak SİLO'nun hacmi hesaplanmış ve  $1.765,54 m^3$  olarak tespit edilmiştir. Yapılan hesaplama sonucu SİLO teknik kataloğunda yer alan kapasite verisi ile kıyaslanarak  $-16.46 m^3$  hata payına sahip olduğu görülmüştür. 3 DF Zephyr programında elde edilen hacim hesabının doğruluk oranı aşağıda (5)'te belirtilen doğruluk oranı formülü ile hesaplanmıştır;

$$\text{Doğruluk Oranı} = \frac{V_{\text{Hesaplanan}} \cdot 100}{V_{\text{SİLO}}} \quad (5)$$

$$\text{Doğruluk Oranı} = \frac{(1.765.54 m^3) \cdot 100}{(1.782 m^3)}$$

$$\text{Doğruluk Oranı} = \%99.07$$

Yukarıdaki eşitlikten Doğruluk Oranı = %99.07 olarak hesaplanmıştır.

Formülde belirtilen  $V_{\text{Hesaplanan}}$  3 DF Zephyr programında hesaplanan hacim miktarını,  $V_{\text{SİLO}}$  ise SİLO'ların teknik kapasitesinde belirtilen hacim miktarını göstermektedir.

Hacim hesaplaması büro çalışmasında üçüncü olarak ise Agisoft Metashape programında yapılmıştır.

Metashape programında, Pix4Dmapper ve 3 DF Zephyr programlarında yapılan uygulamaların benzeri yapılmış ve sırasıyla taban çapı, saçak yüksekliği ve tepe yüksekliği hesaplanmıştır.

İlk olarak Agisoft Metashape programı ile elde edilen 3 boyutlu modelde taban çapı birkaç ayrı noktadan hesaplanmış ve ortalama 13.20 m olarak bulunmuş olup, bu sonuca dıştan dışa ölçüm ile ulaşılmıştır. Hacmi hesaplanacak SİLO'ların teknik verilerine göre 65 mm sac kaplama ve 10 cm şerit mastikler bulunmaktadır. Bu veriler her iki taraftan Agisoft Metashape programı ile elde edilen dıştan dışa ölçüm sonucundan çıkarılarak silonun taban çapı 12.87 m olarak hesaplanmış ve yapılan hesaplama SİLO teknik kataloğunda yer alan taban çapı ile kıyaslanarak +0.04 m hata payına sahip olduğu görülmüştür.

Saçak yüksekliği Agisoft Metashape programında zemin noktasından 15. Ring bölümünün üst sınırına kadar olan yükseklik olarak kabul edilerek saçak yüksekliği 13.00 m olarak hesaplanmış ve yapılan hesaplama SİLO teknik kataloğunda yer alan saçak yüksekliği ile kıyaslanarak +0.32 m hata payına sahip olduğu görülmüştür.

Tepe Yüksekliğinin bulunmasında ise Agisoft Metashape programında SİLO'nun en üst kısmında bir adet nokta atılmış ve kotu incelenmiştir. Bu işlem ile atılan noktanın kotu 1608.65 olarak hesaplanmıştır. Aynı hesaplama işlemi esnasında SİLO'nun taban kotunun ise 1591.79 olduğu görülmüş olup, tepe noktasının yüksekliği iki kotun farkı alınarak 16.86 m olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama sonucu SİLO teknik kataloğunda yer alan tepe yüksekliği ile kıyaslanarak +0.57 m hata payına sahip olduğu görülmüştür.

Agisoft Metashape programı ile elde edilen taban çapı, saçak yüksekliği ve tepe yüksekliği ölçülerinden faydalanılarak yukarıda (1)'de belirtilen silindir prizma hacim formülü ve (2)'de dik konik prizma hacim formülünde kullanılarak SİLO'nun hacmi hesaplanmış ve  $1.855,67 m^3$  olarak tespit edilmiştir. Yapılan hesaplama sonucu SİLO teknik kataloğunda yer alan kapasite verisi ile kıyaslanarak  $+73.67 m^3$  hata payına sahip olduğu görülmüştür. Agisoft Metashape programında elde edilen hacim hesabının doğruluk oranı aşağıda (5)'te belirtilen doğruluk oranı formülü ile hesaplanmıştır;

$$\text{Doğruluk Oranı} = \frac{V_{\text{Hesaplanan}} \cdot 100}{V_{\text{SİLO}}} \quad (5)$$

$$\text{Doğruluk Oranı} = \frac{(1855.67 m^3) \cdot 100}{(1782 m^3)}$$

$$\text{Doğruluk Oranı} = \%104.07$$

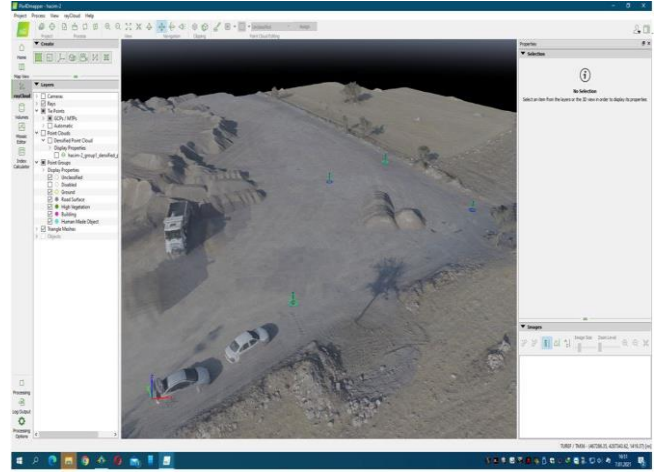
Yukarıdaki eşitlikten Doğruluk Oranı = %104.07 olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen hacim miktarı SİLO teknik kataloğunda belirtilen hacim miktarından fazla olması nedeniyle yüzdelik orandan %4.07 fazla olan kısım hata payı olarak kabul edilmiş ve yüzdelik dilimden farkı alınarak doğruluk oranı %95.87 olarak hesaplanmıştır.

Formülde belirtilen  $V_{\text{Hesaplanan}}$  Agisoft Metashape programında hesaplanan hacim miktarını,  $V_{\text{SİLO}}$  ise SİLO'ların teknik kapasitesinde belirtilen hacim miktarını göstermektedir.

Çalışma Kapsamında ikinci hacim hesaplama işlemi ise dolgu alanında yapılan hacim hesabı işlemidir.

Arazi çalışmaları sonucu elde edilen iki ayrı uçuş verileri büro ortamında 3 boyutlu modellerin üretilmesi aşamasında kullanılmıştır. 3 boyutlu modellerin elde edilmesi ve hacim hesabının yapılması için Pix4Dmapper, Agisoft Metashape ve 3DF Zephyr programları kullanılmıştır. Söz konusu programlarda çalışma alanı boş iken ve çalışma alanına malzeme taşındıktan sonra elde edilen veriler kullanılarak 2 ayrı yüzey modellemesi yapılmış ve Sayısal Yükseklik Modelleri elde edilmiştir. 3 boyutlu modellerden Pix4Dmapper programı ile elde edilen veriye ait görüntü Şekil 10'da gösterildiği üzere verilmiştir.



Şekil 10. Pix4Dmapper Programı İle Oluşturulan Çalışma Alanına Ait 3 Boyutlu Model.

Ancak Pix4Dmapper, Agisoft Metashape ve 3 DF Zephyr programları yazılımsal olarak tek yüzey üzerinden hacim hesaplama yeteneğine sahiptir. Ancak dolgu alanında yapılan çalışma kapsamında 2 ayrı Sayısal Yükseklik Modelinin üstü üste çakıştırılarak hacim hesaplaması yapılacak olması nedeniyle Sayısal Yükseklik Modeli verileri Global Mapper programında değerlendirilmiş ve hacim hesaplamaları yapılmıştır.

Yapılan hacim hesaplamaları aşağıda Tablo 4'te gösterildiği üzere verilmiş ve çalışma alanına taşınan malzeme hacmi ile kıyaslanması gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4. Dolgu Alanı Hacim Hesabı İşleminde Büro Çalışması ile Elde Edilen Değerler.

	Pix4Dmapper	Agisoft Metashape	3 DF Zephyr
Hacim ( $m^3$ )	43.20	45.44	44.79
Malzeme Hacmi ( $m^3$ )	41.79	41.79	41.79
FARK ( $m^3$ )	1.41	3.65	3.00

Pix4Dmapper programında çalışma alanının boş hali ve çalışma alanına malzeme taşınmasının ardından oluşturulan Sayısal Yükseklik Modellerinin Global Mapper programında değerlendirilmesi ile Tablo 2'de gösterildiği üzere çalışma alanına taşınan malzemenin toplam hacmi  $43.20 m^3$  olarak hesaplanmıştır. Arazi çalışması esnasında tonaj hesabı ile elde edilen veriler yardımıyla (4)'de gösterildiği üzere malzemenin toplam

hacmi  $41.79 m^3$  olarak tespit edilmiş ve Tablo 4'de gösterildiği üzere verilmiştir. Pix4Dmapper programı ile elde edilen toplam hacim ile malzeme hacmi arasında  $+1.41 m^3$  fark tespit edilmiştir. Elde edilen veriler aşağıda (6)'da belirtilen hata payı formülünde değerlendirilmiştir;

$$\text{Hata Payı} = \frac{V_{\text{fark}} \cdot 100}{V_{\text{OFIS}}} \quad (6)$$

$$\text{Hata Payı} = \frac{(43.20 - 41.79 m^3) \cdot 100}{41.79 m^3}$$

$$\text{Hata Payı} = \%3.37$$

Yukarıdaki eşitlikten Hata Payı = %3.37 olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama sonucu Pix4Dmapper programında elde edilen hacim miktarının yoğunluk formülü ile elde edilen sonuçtan fazla çıktığı görülmüş olup elde edilen hata payı yüzdelik dilimden çıkarılarak Pix4Dmapper programında doğruluk oranı %96,63 olarak tespit edilmiştir. Formülde belirtilen  $V_{\text{Fark}}$  Pix4Dmapper programında elde edilen modeller yardımıyla Global Mapper programında hesaplanan hacim miktarı ile yoğunluk formülü ile elde edilen hacim miktarı arasındaki farkı,  $V_{\text{OFIS}}$  ise taşınan malzemenin yoğunluk formülü ile elde edilen hacim miktarını göstermektedir.

Arazi çalışması ile elde edilen veriler büro çalışması esnasında ikinci olarak Agisoft Metashape programında değerlendirilmiştir.

Agisoft Metashape programında çalışma alanının boş hali ve çalışma alanına malzeme taşınmasının ardından oluşturulan Sayısal Yükseklik Modellerinin Global Mapper programında değerlendirilmesi ile Tablo 2'de gösterildiği üzere çalışma alanına taşınan malzemenin toplam hacmi  $45.44 m^3$  olarak hesaplanmıştır. Arazi çalışması esnasında tonaj hesabı ile elde edilen veriler yardımıyla (4)'te gösterildiği üzere malzemenin toplam hacmi  $41.79 m^3$  olarak tespit edilmiş olup, Tablo 2'de gösterildiği üzere verilmiştir. Agisoft Metashape programı ile elde edilen toplam hacim ile malzeme hacmi arasında  $+3.65 m^3$  fark tespit edilmiştir. Elde edilen veriler aşağıda (6)'da belirtilen hata payı formülünde değerlendirilmiştir;

$$\text{Hata Payı} = \frac{V_{\text{fark}} \cdot 100}{V_{\text{OFIS}}} \quad (6)$$

$$\text{Hata Payı} = \frac{(45.44 - 41.79 m^3) \cdot 100}{41.79 m^3}$$

$$\text{Hata Payı} = \%8.73$$

Yukarıdaki eşitlikten Hata Payı = %8.73 olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama sonucu Agisoft Metashape programında elde edilen hacim miktarının yoğunluk formülü ile elde edilen sonuçtan fazla çıktığı görülmüş olup, elde edilen hata payı yüzdelik dilimden çıkarılarak Agisoft Metashape programında doğruluk oranı %91,27 olarak tespit edilmiştir. Formülde belirtilen  $V_{\text{Fark}}$  Agisoft Metashape programında elde

edilen modeller yardımıyla Global Mapper programında hesaplanan hacim miktarı ile yoğunluk formülü ile elde edilen hacim miktarı arasındaki farkı,  $V_{\text{OFIS}}$  ise taşınan malzemenin yoğunluk formülü ile elde edilen hacim miktarını göstermektedir.

Büro çalışmasında üçüncü olarak 3 DF Zephyr programı kullanılmıştır.

3 DF Zephyr programında çalışma alanının boş hali ve çalışma alanına malzeme taşınmasının ardından oluşturulan Sayısal Yükseklik Modellerinin Global Mapper programında değerlendirilmesi ile Tablo 2'de gösterildiği üzere çalışma alanına taşınan malzemenin toplam hacmi  $44.79 m^3$  olarak hesaplanmıştır. Arazi çalışması esnasında tonaj hesabı ile elde edilen veriler yardımıyla (4)'te gösterildiği üzere malzemenin toplam hacmi  $41.79 m^3$  olarak tespit edilmiş Tablo 2'de gösterildiği üzere verilmiştir. 3 DF Zephyr programı ile elde edilen toplam hacim ile malzeme hacmi arasında  $+3.00 m^3$  fark tespit edilmiştir. Elde edilen veriler aşağıda (6)'da belirtilen hata payı formülünde değerlendirilmiştir;

$$\text{Hata Payı} = \frac{V_{\text{fark}} \cdot 100}{V_{\text{OFIS}}} \quad (6)$$

$$\text{Hata Payı} = \frac{(44.79 - 41.79 m^3) \cdot 100}{41.79 m^3}$$

$$\text{Hata Payı} = \%7.18$$

Yukarıdaki eşitlikten Hata Payı = %7.18 olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama sonucu 3 DF Zephyr programında elde edilen hacim miktarının yoğunluk formülü ile elde edilen sonuçtan fazla çıktığı görülmüş olup elde edilen hata payı yüzdelik dilimden çıkarılarak 3 DF Zephyr programında doğruluk oranı %92,82 olarak tespit edilmiştir. Formülde belirtilen  $V_{\text{Fark}}$  3 DF Zephyr programında elde edilen modeller yardımıyla Global Mapper programında hesaplanan hacim miktarı ile yoğunluk formülü ile elde edilen hacim miktarı arasındaki farkı,  $V_{\text{OFIS}}$  ise taşınan malzemenin yoğunluk formülü ile elde edilen hacim miktarını göstermektedir.

Çalışma kapsamında yapılan hacim hesaplamaları ve Literatürde Yılmaz vd. (2018) ile Kaya vd. (2019) tarafından yapılan çalışmalar ile de belirtildiği üzere İHA verilerinin hacim hesaplarında kullanılabilirliğinin hız, maliyet ve hassasiyet yönlerinden sağladığı avantajlar sayesinde yol projeleri, kadastral detay ölçümleri, kübaj hesabı vb. mühendislik projelerinde rahatlıkla kullanılabilir olduğu kanaatine varılmıştır.

#### 4. SONUÇLAR

Gelişen teknolojik gelişmeler ışığında sivil ve askeri alanda İHA kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Erişilmesi zor ve insan sağlığı açısından riskli bölgelerde sağladığı kolaylık, işlemlerin zaman açısından kısa sürelerde gerçekleştirilmesi, hassasiyet ve ekonomik yönlerden sağladığı imkanlar sayesinde mühendislik işlemlerinde İHA'ların kullanımı son yıllarda hızla artmaktadır.

Mühendislik projelerinde hacim hesaplamaları son derece önemli işlemler arasında yer almaktadır. Hacim



hesaplamaları günümüzde maden işletmelerinde, inşaat çalışmalarında, yol projeleri gibi çeşitli işlemlerde kullanılmaktadır.

Çalışma kapsamında fotogrametrik yöntem ile hacim hesabı araştırması yapılmış ve hacmi bilinen yapılar ve dolgu alanında hacim hesaplama işlemlerinde İHA verilerinin kullanılabilirliği araştırılmıştır. İHA ile elde edilen veriler 3 ayrı modelleme yazılımlarında değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çalışma kapsamında ilk olarak hacmi bilinen tarımsal depolama tesisi SİLO'ların hacim hesabı yapılmıştır. Yapılan arazi ve büro çalışmaları neticesinde elde edilen sonuçlar SİLO'ların teknik kataloğunda belirtilen hacim kapasitesiyle karşılaştırılmıştır. Arazi çalışmasında elde edilen veriler büro çalışması esnasında 3 ayrı yazılım programında değerlendirilmiştir. Verilerin Pix4Dmapper yazılımında değerlendirilmesiyle SİLO'ların hacim miktarında elde edilen doğruluk oranı %99.07, 3 DF Zephyr programında SİLO'ların hacim miktarında elde edilen doğruluk oranı %99.07 ve Agisoft Metashape programında SİLO'ların hacim miktarında elde edilen doğruluk oranı %95.87 olarak hesaplanmıştır. 3 programda elde edilen doğruluk oranının ise ortalama %98 olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında ikinci olarak ise dolgu alanında hacim hesaplaması yapılmıştır. Yapılan arazi ve büro çalışmaları neticesinde elde edilen sonuçlar çalışma alanına getirilen malzemenin tonaj hesabı ve yoğunluk formülü ile elde edilen toplam hacmi karşılaştırılmıştır. Arazi çalışmasında elde edilen veriler büro çalışması esnasında 3 farklı yazılım programında değerlendirilmiştir. İlk olarak verilerin Pix4Dmapper yazılımında değerlendirilmesiyle dolgu alanında gerçekleştirilen hacim hesaplaması işleminde doğruluk oranı %96.63, ikinci olarak verilerin 3 DF Zephyr programında dolgu alanı hacim miktarında elde edilen doğruluk oranı %92.82 ve üçüncü olarak verilerin Agisoft Metashape programında dolgu alanı hacim miktarında elde edilen doğruluk oranı %91.27 olarak hesaplanmıştır.

Çalışma sonucunda 3 programda elde edilen doğruluk oranının ise ortalama %93.57 olduğu tespit edilmiştir.

Özellikle hacmi bilinen yapılarda İHA verileri ile elde edilen hacim değerlerinin yüksek doğruluk sağladığı görülmüştür. Dolgu alanlarında ise hacmi hesaplanacak malzemenin aynı yoğunlukta olmaması, geometrik olarak düzgün bir yüzey şeklinde olmaması gibi nedenlerden dolayı İHA verileri ile yapılan hacim hesaplamalarının doğruluk oranının hacmi bilinen yapılara göre daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle dolgu alanlarında İHA verileri ile yapılacak hacim hesaplarında aynı yoğunluğa sahip homojen objelerde daha yüksek doğruluk oranına sahip olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca İHA'ların uçuş süresi, rüzgârlı, yağmurlu veya karlı havalarda uçuş yapılamaması ile iletişim ve veri akışının kesilmesi gibi dezavantajları nedeniyle uygun uçuş şartlarının sağlanmasının gerekli olduğu görülmüştür.

## Bilgilendirme/Teşekkür

“Hacim Hesaplarında İnsansız Hava Aracı (İHA) Verilerinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması” adlı çalışmam boyunca danışmanım olarak araştırmalarımı yönlendiren, bilgi ve birikimlerini çalışmam boyunca esirgemeyen, vizyonu ile ufkumuzu aydınlatan çok saygı değer hocam Prof.Dr. H. Murat Yılmaz'a ve Çalışma kapsamında sağladıkları destekten dolayı Ruhbaş Tarım Ürünleri Lisanslı Depoculuk A.Ş. ortaklarından sayın Şaban Yılmaz'a teşekkür ederim.

## Yazarların Katkısı

Yapılan hacim hesaplama çalışmaları kapsamında arazi ve büro çalışmaları yazar Vahit Şahin tarafından yürütülmüş olup, kontrol işlemleri yazar Prof.Dr. H. Murat Yılmaz tarafından gerçekleştirilmiştir.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## KAYNAKÇA

- Aktaş H, Çınar M C, Birdal A C & Türk T (2016). İnsansız Hava Araçları (İHA) İle Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesinde Yaygın Kullanılan Yazılımların Karşılaştırılması. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Becker C, Rosinskaya E, Hani N, d'Angelo E & Strecha C (2018). Classification of Aerial Photogrammetric 3D Point Clouds. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 84, 287-295.
- Gençerk E Y (2016). İnsansız Hava Aracı Fotogrametrisi Uygulaması ile İnşaat Projesi İmalat Durumunun Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaya Y, Şenol H İ, Memduhoğlu A, Akça Ş, Ulukavak M & Polat N (2019). Hacim Hesaplarında İHA Kullanımı. Osmanbey Kampüsü Örneği. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 1(1), 07-10.
- Özemer I & Uzar M (2016). İHA İle Fotogrametrik Veri Üretimi. VI. UZAL-CBS Sempozyumu, Adana.
- Saripalli S, Montgomery J F & Sukhatme G S (2003). Visually Guided Landing of an Unmanned Aerial Vehicle. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 19(3), 371-380.
- Seki M (2017). İnsansız Hava Araçlarının Hacim Hesaplarında Kullanılabilirliği. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon.

- Takeuchi D & Nakanishi S (2019). An Artificial Neural Network Model to Estimate Grain Size on a River Bed From UAV Photographs and DEMs.
- Tercan E (2018). Karayolu Ölçmelerinde İnsansız Hava Araçlarının Kullanılması: Okurcalar Şehir Merkezi Örneği. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(2), 649-660.
- Torun A (2017). İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektöründe Trend: İHA Fotogrametrisi Bakışıyla. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Özel Sayı, 35-52.
- Ulvi A (2018). Analysis of the Utility of the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in Volume Calculation by Using Photogrammetric Techniques. International Journal of Engineering and Geosciences, 3(2), 43-49.
- Ulvi A, Yakar M, Yiğit A Y & Kaya Y (2020). İHA ve Yersel Fotogrametrik Teknikler Kullanarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 Boyutlu Nokta Bulutu ve Modelinin Üretilmesi. Geomatik Dergisi, 5(1), 19-26.
- Uysal M, Toprak A S & Polat N (2015). İnsansız Hava Araçları İle Sayısal Arazi Modeli Üretimi. VIII. TUFUAB Teknik Sempozyumu, Konya, Türkiye.
- Yakar M & Doğan Y (2017). Silifke Aşağı Dünya Obruğunun İHA Kullanılarak Üç Boyutlu Modellenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, özel sayı, 94-101.
- Yakar M, Toprak A S, Ulvi A & Uysal M (2015). Konya Beyşehir Bezariye Hanının(Bedesten) İHA ile Fotogrametrik Teknik Kullanılarak Üç Boyutlu Modellenmesi. 15. Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Yakar M, Yılmaz H M & Mutluoğlu H M (2009). Hacim Hesaplamalarında Laser Tarama ve Yersel Fotogrametrinin Kullanılması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Yakar M, Yılmaz H M & Mutluoğlu O (2010). Comparative Evaluation of Excavation Volume by TLS and Total Topographic Station Based Methods. Lasers in Engineering 19(5-6), 331-345.
- Yanmaz E, Yahyanejad S, Rinner B, Hellwagner H & Bettstetter C (2017). Drone Networks: Communications, Coordination, and Sensing. Ad Hoc Networks, doi: 10.1016/j.adhoc.2017.09.001.
- Yılmaz H M & Yakar M (2008). Computing of Volume of Excavation Areas by Digital Close Range Photogrammetry. Arabian Journal for Science and Engineering 33(1A), 63-79.
- Yılmaz H M, Mutluoğlu Ö, Ulvi A, Yaman A & Bilgilioğlu S (2018). İnsansız Hava Aracı ile Ortofoto Üretimi ve Aksaray Kampüsü Örneği. Geomatik Dergisi, 3(2), 129-136.



© Author(s) 2021.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



## Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tiha>

e-ISSN 2687-6094



### Suçlu Drone Saldırılarına Karşı Polisin Zor Kullanma Yetkisi

Enver Kaşlı\*<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Ankara Emniyet Müdürlüğü

#### Anahtar Kelimeler

Drone,  
Suçlu Drone,  
Kasıtlı Drone,  
İnsansız Hava Aracı (İHA),  
Zor Kullanma,  
Polis,  
İdari Sorumluluk,  
Kusur Sorumluluğu.

#### ÖZ

Drone olarak bilinen uzaktan yönetilebilen insansız hava araçları, suç failleri tarafından kötü niyetli olarak da kullanılabilir. Suçlu drone saldırıları olarak adlandırılan hukuka aykırı drone uçuşları, hukuka aykırılık yönünden farklı düzeyde ihaller oluşturmaktadır ve en yüksek risk de terör saldırıdır. Yakın dönemde dünyanın farklı bölgelerinde drone saldırılarıyla birçok suçun işlendiğine ilişkin haberler bulunmaktadır. Suçlu drone saldırılarını önlemek veya saldırı başlamışsa sonlandırmak için kullanılan sistemlere drone savunma sistemleri denilmektedir ve bu sistemlerin kullanımının yasal dayanağını zor kullanma yetkisi oluşturmaktadır. Drone savunma sistemleri; tespit ve etkisiz hale getirme olmak üzere temelde iki işlevi yerine getirmektedir. Her sistem farklı teknikleri kullanmakta ve uygulama açısından çeşitli sınırlılıkları bulunmaktadır. Suçlu drone saldırıları neticesinde ortaya çıkabilecek zararların giderilmesinde sorumluluk yönünden çeşitli tartışmalar yaşanması mümkündür. Bu çalışmada drone savunma sisteminin olmaması, etkisiz olması veya zararı engellemeye yeterli olmaması durumunda ortaya çıkan zararlarla ilgili olarak idarenin kusur sorumluluğu olduğu kanaatine varılmıştır.

### Police Use of Force Against Criminal Drone Attacks

#### Keywords

Drone,  
Criminal Drone,  
Malicious Drone,  
Unmanned Aerial Vehicle  
(UAV),  
Use of Force,  
Police,  
Administrative Liability,  
Fault Liability.

#### ABSTRACT

Drone which is an aircraft can be controlled from the ground may be used for criminal activities by criminals. The illegal drone flights named criminal drone attacks constitutes different legal levels of violations and the highest risk of violation is terrorist attacks. There has been many news about the crimes committed by the criminal drones in different countries recently. The anti-drone systems are used to prevent and give up the criminal drone attacks and the legal basis of these systems is police use of force power. The functions of anti-drone systems are basically to detect and take down the criminal drones. The anti-drone systems use different techniques and all systems have practical limitations. The liability of harms emerged after criminal drone attacks may cause legal discussions. This study claims that the situations of lack of anti-drone systems, the nonqualified anti-drone systems or nonqualified to prevent harm constitutes fault liability of administration.

\* Sorumlu Yazar (\*Corresponding Author)

Kaynak Göster / Cite this article (APA);

(kaslienver@gmail.com) ORCID ID 0000-0001-7738-1233

Kaşlı E (2021). Suçlu Drone Saldırılarına Karşı Polisin Zor Kullanma Yetkisi. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 3(2), 49-54.

## 1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji sayesinde kolluk hizmetleri yürütülürken “drone” olarak bilinen uzaktan yönetilebilen insansız hava araçlarının kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Polislik faaliyetleri açısından incelendiğinde toplumsal olaylar, trafik, sınır güvenliğinin sağlanması, asayiş suçlarında kaçan şüphelilerin takip edilmesi, afette ve acil durumlarda ulaşılması zor yerlerde durum analizi, terörle mücadele, yüksek riskli kapalı alan uygulamaları vb. birçok amaçla izleme ve öldürücü olmayan silahlarla zor kullanma yetkisi kapsamında farklı ülkelerde drone kullanıldığı görülebilmektedir.

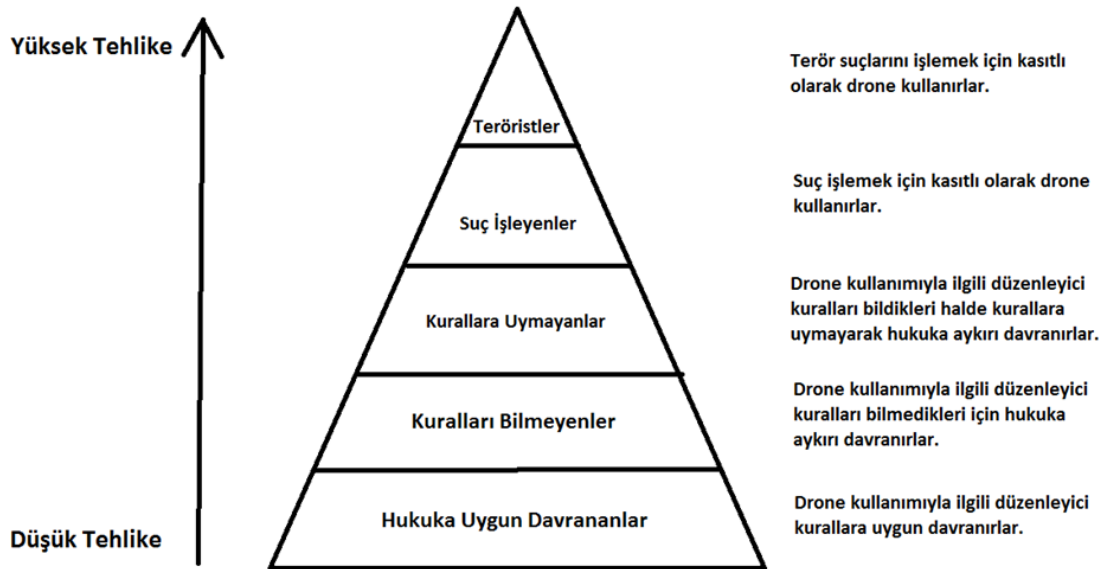
Teknolojik gelişmeler, hayatı kolaylaştırdığı gibi suç failleri tarafından kötü niyetlerle de kullanılabilir. Drone teknolojisinin polislik hizmetlerine sağladığı kolaylıklarla birlikte suçlu drone saldırıları gibi yeni ve büyük bir güvenlik sorunu da ortaya çıkmaktadır. Yakın dönemde dünyanın farklı bölgelerinde drone saldırılarıyla birçok suçun işlendiğine ilişkin haberlere bakıldığında<sup>1</sup> polis açısından önümüzdeki günlerde en önemli güvenlik riskleri arasında suçlu drone saldırıları olduğunu söylemek mümkündür.

Suçlu drone saldırılarını başlamadan önlemek veya saldırı başlamışsa sonlandırmak için polisin drone savunma sistemi kullanmasının yasal dayanağını zor kullanma yetkisi oluşturmaktadır. Zor kullanma yetkisi kapsamında polis, kişiler veya eşya üzerinde kuvvet uygulayabilmektedir. Suçlu drone saldırılarının tespit edilmesi ve etkisiz hale getirilmesinde geleneksel zor kullanma araçları yerine yeni teknolojik araçlardan faydalanılmaktadır. Bu çalışmada öncelikle suçlu drone saldırılarından bahsedilecek, daha sonra suçlu drone saldırılarına karşı polisin zor kullanma yetkisi incelenecektir. Suçlu drone saldırılarına karşı zor kullanmanın yetersiz kalması durumunda sorumluluk açısından değerlendirmeler yapılacak çalışma sonuç kısmıyla tamamlanacaktır.

## 2. SUÇLU DRONE SALDIRILARI

Drone teknolojisinin gelişmesi daha küçük ve kabiliyetli drone üretimini kolaylaştırdığı gibi drone kullanımını da yaygınlaştırmaktadır. Drone kullanımının taşıdığı tehlike potansiyeli; drone kaydı, uçuş izni, pilotluk kaydı gibi konularda yeni kurallar ortaya çıkarmıştır ve bu kuralların ihlal edilmesi durumunda yaptırım uygulanması gerekmektedir. Drone kullanımıyla ilgili hukuka aykırı durumlar kabahat veya suç oluşturabilmektedir. Kabahat düzeyinde hukuka aykırılık durumunda, suçtan daha az tehlike ortaya çıkacağını söylenebilir. Dolayısıyla drone kullanımıyla ilgili hukuka aykırılık durumlarını beş gruba ayırmak mümkündür:

- Hukuka Uygun Davrananlar: Drone kullanımıyla ilgili düzenleyici kurallara uygun davranırlar.
- Kuralları Bilmeyenler: Drone kullanımıyla ilgili düzenleyici kuralları bilmedikleri için hukuka aykırı davranırlar. Bu kişilere, kabahatler hukuku hükümlerine göre yaptırım uygulanır.
- Kurallara Uymayanlar: Drone kullanımıyla ilgili düzenleyici kuralları bildikleri halde kurallara uymayarak hukuka aykırı davranırlar. Bu kişilere, kabahatler hukuku hükümlerine göre yaptırım uygulanır.
- Suç İşleyenler: Suç işlemek için kasıtlı olarak drone kullanırlar. Bu kişilere, ceza hukuku hükümlerine göre yaptırım uygulanır.
- Teröristler: Terör suçlarını işlemek için kasıtlı olarak drone kullanırlar. Bu kişilere, ceza hukuku hükümlerine göre yaptırım uygulanır.



Şekil 1. Drone Kullanımıyla İlgili Hukuka Aykırılık Durumları ve Tehlike Düzeyleri

<sup>1</sup> Suçlu drone saldırılarına yönelik örnek olaylar için bkz. Sütçüoğlu ve Alay, 2019; Balkan, 2019

Drone teknolojisi kolluk personeline birçok fayda sağladığı gibi suçlular tarafından da kullanılabilir. Uzaktan yönetilerek mekan açısından avantaj sağlaması, belirli bir miktarda yükü taşıyarak hedefe götürebilmesi, ucuz maliyetli ve kolayca temin edilebilmesi gibi nedenlerden dolayı suç faileri(teröristler dahil) drone saldırıları düzenleyebilmektedir(Ak ve Avaner, 2019: 45). Failin kasıtlı suç işlemek amacıyla kullandığı drone, bu çalışmada “suçlu drone” olarak adlandırılmaktadır. Suçlu drone yerine “kasıtlı-kötü niyetli drone(malicious drone)” şeklinde kullanımlar da bulunmaktadır(Police Executive Research Forum, 2020:61). Bununla birlikte bu çalışma kapsamında kabahat düzeyinde ihlal oluşturan izinsiz yer ve zamanda yapılan drone uçuşları da “suçlu drone saldırıları(kasıtlı drone saldırıları)” kapsamına dahil edilerek geniş anlamda kullanılmaktadır.

Drone saldırıları hakkındaki tartışmalarda terör örgütü üyeleri tarafından yapılan terör faaliyetlerine<sup>2</sup> odaklanıldığı görülmekteyse(Geç ve Erciyes, 2020:37; Balkan, 2019: 12) de suçlu drone saldırıları; terör suçlarının yanı sıra kasten yaralama(TCK m.86), cinsel taciz(TCK m.105), konut dokunulmazlığının ihlali(TCK m.116), özel hayatın gizliliğini ihlal(TCK m.134), kişisel verilerin kaydedilmesi(TCK m.135), verileri hukuka aykırı olarak ele geçirme(TCK m.136)(Kahveci ve Can, 2017: 530), gibi birçok suç için yapılabileceği değerlendirilmektedir. Suçlu drone saldırılarında drone üzerindeki yük, işlenecek suçun niteliğine göre değişebilmektedir. Mesela kasten yaralama suçunda drone doğrudan hedefe yönlendirilerek zarar vermesi sağlanabilir, verileri hukuka aykırı olarak ele geçirme suçu açısından drone üzerinde kamera olması yeterlidir, terör suçlarında ise drone tarafından belirli bir insan grubu üzerine veya bölgeye atılmak üzere patlayıcı madde yüklenebilir. Suçlu drone saldırıları, bir drone tarafından yapılabileceği gibi drone sürüsü tarafından gerçekleştirilebilmesi mümkündür.

Suç işlenmesini önlemek ve kamu düzenini korumakla görevli polis tarafından suçlu drone saldırılarına müdahale edilmesi görevinin gereğidir. Ancak bir drone uçuşunun; hukuka uygun olarak icra edilip edilmediğini, kabahat veya suç düzeyinde ihlal oluşturup oluşturmadığını, bir drone üzerinde tehlikeli yük olup olmadığını anlamak uygulama açısından çok kolay değildir. Drone uçuşunun hukuka uygun olması için uçuşun yasak olmayan bir yerde ve zamanda gerekli kayıtlar ve izinler alınarak yapılması gerekmektedir(Yardımcı, 2019: 75-77). Yasaklanan bir bölgede ve zamanda drone uçuşu yapılmasının her durumda suç işlemeyi amaçladığını söylemek mümkün olmasa da kabahat oluşturan uçuşa da polisin müdahale yetkisi bulunduğu değerlendirilmektedir. Dolayısıyla bu müdahale polisin durdurma yetkisinden(PVSK m.4/A) veya meşru savunma hakkından(TCK m.25) doğmaktadır. Durdurma, hareket halindeki kişi ve araçların geçici bir süreyle hareketsiz hale getirilmesidir. Polis durdurma yetkisine dayanarak kişileri ve araçları önleyici veya adli amaçlı durdurabilmektedir. Meşru savunma, bir kişinin kendini veya üçüncü kişiyi haksız saldırıdan korumak için yaptığı savunma olarak tarif

edilmektedir(Demirbaş, 2016: 283-293). Suçlu drone saldırılarına yönelik durdurma işlemi veya meşru savunma yapılırken başvurulan teknikler ise zor kullanma yetkisine dayanmaktadır.

### 3. SUÇLU DRONE SALDIRILARINA KARŞI POLİSİN ZOR KULLANMASI

Suçlu drone saldırılarını başlamadan önlemek veya saldırı başlamışsa sonlandırmak için polisin başvuracağı araçların yasal dayanağını, zor kullanma yetkisi oluşturmaktadır. Zor kullanma yetkisi çoğu durumda kişiler üzerinde kullanılırken suçlu drone saldırılarının önlenmesinde ve sonlandırılmasında kişi yerine eşya üzerinde kullanılmaktadır. Anayasada herkesin; kişiliğine bağlı, dokunulmaz, devredilmez, vazgeçilmez temel hak ve hürriyetlere sahip olduğu(Anayasa m.12) ve bu temel hak ve hürriyetlerin, ancak kanunla sınırlanabileceği düzenlenmiştir(Anayasa m.13). Polisin zor kullanma yetkisi; kişinin yaşam hakkı ve maddi-manevi varlığı, mülkiyet hakkı gibi temel hak ve hürriyetleri sınırlayabildiği için polisin zor kullanma yetkisinin kullanım usulüne ilişkin temel düzenlemeler Polis Vazife ve Salahiyet Kanunu(PVSK) m.16’da yer almaktadır.

“Zor kullanma” yerine kuvvet kullanma, güç kullanma, silah kullanma, zor ve silah kullanma gibi farklı kavramlar da kullanılabilir. Zor kullanma yetkisi; adli ve idari kolluk faaliyetlerinin kanuna uygun olarak yürütülebilmesi amacıyla kişiler veya eşya üzerinde kanuna uygun olarak direnmenin mahiyetine ve derecesine göre ve dirençleri etkisiz hale getirecek şekilde kademeli olarak bedeni kuvvet, maddi güç ve son çare olarak ateşli silahların kullanıldığı bir süreci ifade etmektedir.

Görevini yapan polise karşı direnilmesi halinde direnişi kırmak için zor kullanma yetkisine başvurulmaktadır. Zor kullanma yetkisi, sadece görev için ve görev esnasında kullanılabilen istisnai bir yetkidir. Polislik faaliyetlerinin büyük bir kısmında zor kullanma yetkisine ihtiyaç olmamaktadır. Kanuna göre zor kullanma için gerekli kanuni şart, görevini yapan polise karşı direnmesidir. Kanunda belirtilen bu şart zorunluluk ilkesi olarak da adlandırılmaktadır. Direnme oluşturan bir fiil yoksa zor kullanmaya da gerek yoktur. Daha düşük düzeyde zor kullanma, direnmeyi sonlandırmışsa daha yüksek düzeyde zor kullanmaya gerek yoktur. Yasaklı bir bölgede ve zamanda drone uçuşu yapılması durumunda polisin görevi, hukuka aykırı uçuşu durdurma ve bu uçuş, zor kullanma yetkisi için zorunlu olan direnme ve meşru savunma açısından saldırı olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

Suçlu drone saldırılarının önlenmesi amacıyla kullanılan teknik araçlar; drone savunma sistemleri, anti/karşı drone sistemleri gibi farklı şekillerde adlandırılmaktadır. Drone savunma sistemleri; tespit ve etkisiz hale getirme(müdahale) olmak üzere temelde iki işlevi yerine getirmektedir(Geç ve Erciyes, 2020:38). Polis tarafından suçlu drone saldırılarına karşı zor kullanma yetkisinin bir yönü teknolojiyle(kartal gibi

<sup>2</sup> Makalenin yazarı, PKK terör örgütünün 2019 yılında Hakkâri ili Çukurca ilçesinde maket uçak olarak bilinen drone ile

gerçekleştirdiği saldırının hedefleri arasında olmuştur. Saldırı neticesinde hiç kimse zarar görmemiştir.

hayvanların kullanılması hariç) ilgiliyken diğer yönü hukukla ilgilidir. Suçlu drone saldırılarının tespit ve etkisiz hale getirilmesi için kullanılan araçlar, PVSK m.16 kapsamında zor kullanma kademeleri arasında sayılan maddi güç içinde değerlendirilebilir. Kanuna göre “maddî güç; polis direnen kişilere karşı veya eşya üzerinde bedenî kuvvetin dışında kullandığı kelepçe, cop, basınçlı ve/veya boyalı su, göz yaşartıcı gazlar veya tozlar, fizikî engeller, polis köpekleri ve atları ile sair hizmet araçlarını” ifade etmektedir(PVSK m.16). Drone savunma sistemleri kapsamında kullanılan araçlar, kanunda açıkça sayılan maddi güç unsurlarından olmasa bile kanunda geçen “sair hizmet araçları” kapsamına girdiği değerlendirilmektedir.

İzinsiz yer ve zamanda yapılan drone uçuşlarının tespit etmek için RF yayını yapan radarlar, görüntü analiziyle tespit yapan elektro-optik sistemler, kızıl ötesi, akustik ve birden fazla yöntemin bir arada kullanıldığı sistemlere başvurulmaktadır(Genç ve Erciyes, 2020:38-39; Sütçüoğlu ve Alay, 2019: 5-6). Drone tespit sistemleri, önleyici nitelikli zor kullanma yetkisinin özel bir görünümüdür. Önleyici nitelikli zor kullanma, direnişi kırma amaçlı zor kullanmadan farklı olarak doğrudan hiç kimse veya hiçbir eşya üzerinde uygulanmamaktadır. Bu uygulamalara örnek olarak günlük hayatta rastlanabilecek trafik uygulaması öncesinde gelen araçların durmasını sağlamak için yolun araç, duba, kapan vb. kapatılması, çok sayıda insanın katıldığı faaliyetlerde bariyerler kullanılarak tedbir alınması verilebilir.

Kamu düzeninin korunması için suçlu drone uçuşlarının tespit edilmesi yeterli değildir. Bu hukuka aykırı uçuşların sonlandırılması için etkisiz hale getirmeye yönelik tekniklere de başvurulmaktadır. Bilindiği üzere drone uçuşları otonom olarak veya uzak bir noktadan operatör tarafından yapılabilmektedir. Otonom uçuşlarda drone, operatör müdahalesi olmadan hareket edebilmektedir. Drone uçuşları operatör tarafından yönlendirildiğinde ise operatör ve drone arasında çift yönlü bir iletişime ihtiyaç duyulmaktadır. Bu iletişim, sıklıkla radyo frekansları veya uydu haberleşme sistemi üzerinden sağlandığı gibi alternatif yöntemler üzerine çalışmalar devam etmektedir(Ural, 2018: 6). Suçlu drone saldırıları etkisiz hale getirilirken RF karıştırma/kesme yöntemiyle drone ile operatör arasındaki iletişim kesilmektedir(Genç ve Erciyes, 2020: 39; Sütçüoğlu ve Alay, 2019:6). Yine hem otonom uçuşlarda hem operatör tarafından yönlendirilen uçuşlarda drone konum bilgisi çok önem taşımaktadır. Drone uçuşlarında konum bilgisi birbirinin tamamlayıcı olan GPS, GNSS ve INS aracılığıyla elde edilmektedir(Ural, 2018: 16). Suçlu drone saldırılarını sona erdirmek için GPS ve GNSS sinyalleri karıştırılarak drone uçuşu sonlandırılabilir(Genç ve Erciyes, 2020:39; Sütçüoğlu ve Alay, 2019: 6). Suçlu drone saldırıları etkisiz hale getirilirken drone uçuşunun yanlış bir noktaya yönlendirilmesini sağlayan yanıltma sinyali, drone kameralarının görüntü almasını engelleyen köreltme, lazerle yakmak suretiyle suçlu drone uçuşunu engelleyen lazer yöntemi, drone elektronik sistemlerine zarar veren yüksek güçlü mikrodalga, drone pervanelerine dolanarak uçuşu engelleyen ağ, mühimmat ve çarpışan drone gibi farklı yöntemlerle de etkisiz hale getirilebilmektedir(Genç ve Erciyes, 2020: 39-40;

Sütçüoğlu ve Alay, 2019: 6-7). Suçlu drone saldırılarında tek bir drone kullanılabileceği gibi drone sürüsü olarak bilinen çok sayıda drone kullanımı mümkündür. Drone sürüleri kullanılırken tek amaç veya farklı amaçlar gerçekleştirilebilmektedir(Ural, 2018:39). Saldırı esnasında suçlu drone sürülerinin kullanılması tehlike düzeyini çok daha artırabilmektedir. Drone savunma sistemlerinin teknolojik sınırlılıkların dolayı suçlu drone saldırılarına karşı polis zor kullanma yetkisi, sorumluluk hukuku yönünden yeni tartışmalara açıktır.

#### 4. SUÇLU DRONE SALDIRILARINA KARŞI ZOR KULLANMANIN YETERSİZ KALMASI DURUMUNDA SORUMLULUK

Yasaklı bir bölgede ve zamanda drone uçuşu yapılmasının her durumda suç işlemeyi amaçladığını söylemek mümkün olmasa da kabahat oluşturan uçuşa da polisin müdahale yetkisi bulunduğu değerlendirilmektedir. Böyle bir drone uçuşuyla karşılaşan polis tarafından yapılan müdahalenin polisin durdurma yetkisinden(PVSK m.4/A) veya meşru savunma hakkından(TCK m.25) hangisine dayandığı tartışılabilir. Polis müdahalesinin durdurma yetkisinden kaynaklandığının kabul edilmesi halinde zor kullanma yetkisinde fiil, kanunun hükmü ve amirin emrini yerine getirme nedeniyle hukuka uygun olurken(TCK m.24), meşru savunma hakkına dayanılması halinde zor kullanma fiili, meşru savunma nedeniyle hukuka uygun olmaktadır(TCK m.25). Zor kullanma yetkisini düzenleyen PVSK m.16’ya göre iki tür zor kullanma hali mevcuttur. Birinci tür zor kullanma, polis görevini yaparken direnişle karşılaşması halinde, bu direnişi kırmak amacıyla ve kıracak ölçüde kullanılan yetkidir(PVSK m. 16/1). İkinci tür zor kullanma ise meşru savunma koşullarının varlığı halinde kullanılan yetkidir(PVSK m. 16/6). Polis tarafından direnmeyi sonlandırmak ve meşru savunma amaçlı zor kullanılması hukuken farklı hükümlere tabidir. Meşru savunma amaçlı zor kullanılması polis açısından; yetkinin kullanılmasına karar verme, zor kullanma araçları, yetkinin kapsamı, yetki kullanılırken uyulması gereken kurallar, yetkide sınırın aşılması yönünden polise daha fazla hukuki güvence sağladığı dikkate alındığında yasaklı bölgede ve zamanda drone uçuşuna yapılan müdahalede meşru savunma hükümleri uygulanmasının, bu noktada gerekirse hata hükümlerinin(TCK m.30) de uygulanabileceği düşünülmektedir.

Drone teknolojilerinin hızla gelişmesiyle birlikte drone saldırılarında yeni yöntemlere başvurulduğu gibi suçlu drone saldırılarını etkisiz kılacak sistemler ve hukuki düzenlemeler aynı hızda gelişmemektedir. Drone saldırılarını tespit etmek ve suçlu drone saldırılarını etkisiz hale getirmek için kullanılan araçların uygulama açısından çeşitli sınırlılıkları bulunmaktadır. Drone savunma sistemlerinin sınırlılıklarını sıralamak gerekirse; drone tespitinde kullanılan radarlar mesafe olarak kısıtlı bir alanda etkili olabilmektedir, drone ile kuşlar karıştırılabilmektedir, drone yapısı radar tespiti için uygun olmayabilmektedir, drone otonom uçuş yapıyorsa RF tespiti mümkün olmamaktadır, görüntü işleme tekniğini kullanan sistemlerde ise gökyüzünde çok dar alanlar kontrol edilebilmektedir. Benzer kısıtlılıklar hukuka aykırı uçuşların sonlandırılması için

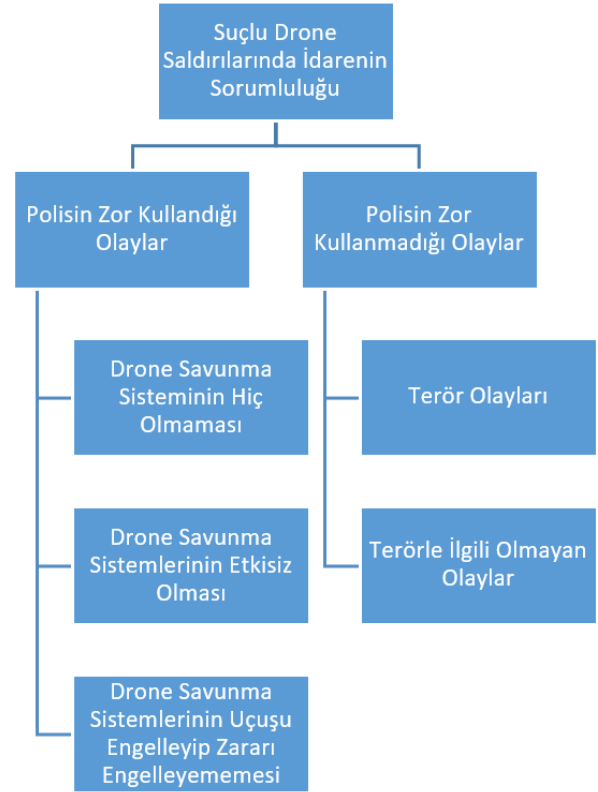
etkisiz hale getirmeye yönelik teknikler açısından da geçerlidir. RF kesme veya karıştırma otonom drone uçuşlarında etkili değildir, yanıtma sinyali gönderilmesi durumunda drone başka bir noktaya yönlendirildiği için meskun mahallerde tehlike tam olarak yok edilmemekte sadece yeri değiştirilmektedir, ağ atma tekniğinde ise suçlu drone uçuşunun anlık olarak takip edilmesi ve avcı drone teknik özelliklerinin suçlu drone teknik özelliklerinden daha güçlü olması gerekmektedir(Genç ve Erciyes, 2020:38-40; Sütçüoğlu ve Alay, 2019: 5-8). Drone hızının artması da tespit ve müdahale sürecinde risk düzeyini artırabilmektedir.

Zor kullanma yetkisinde orantılılık ilkesine uyulması gerekmektedir. Orantılılık ilkesine göre zor kullanma yetkisi, direnmeyi sona erdirebilecek veya meşru savunma halinde saldırıyı def edecek şekilde kullanılabilir(makul kuvvet). Zor kullanmaya direnme veya saldırı sona ermesine rağmen devam edilmesi durumunda “aşırı kuvvet” sorunu ortaya çıkarken(Mesloh vd, 2008:9) zor kullanmanın direnmeyi ve saldırıyı def edememesi durumunda zor kullanmanın yetersiz kalması(yetersiz kuvvet) sorunu ortaya çıkmaktadır. Suçlu drone saldırılarının, teknolojiye bağlı olarak hızlı bir şekilde değişmesi polis tarafından zor kullanılırken suçlu drone saldırılarına karşı polisin zor kullanmasının teknik olarak yetersiz kalmasına neden olabilmektedir. Zor kullanmanın yetersizliği; drone savunma sisteminin hiç olmaması, drone savunma sistemlerinin etkisiz olması, drone savunma sistemlerinin uçuşu engelleyip zararı engelleyememesi durumlarında ortaya çıkacaktır. Dolayısıyla bir olayda zor kullanmanın yetersiz kaldığından bahsedebilmek için polis tarafından suçlu drone karşı zor kullanılmalı ve bu zor kullanma, saldırıyı def etmek için yeterli olmamalıdır. Zor kullanma araçlarının yetersiz kalması durumunda suçlu drone, hedeflediği suçu işleyebileceği gibi drone savunma sistemlerinden kaynaklanan eksikler nedeniyle de çeşitli zararların ortaya çıkması mümkündür. Zor kullanmanın yetersiz kalması durumunda ortaya çıkan zararların giderilmesinde idarenin sorumluluğu doğmaktadır. İdarenin sorumluluğunun; drone savunma sisteminin hiç olmaması, drone savunma sistemlerinin etkisiz olması ve drone savunma sistemlerinin uçuşu engelleyip zararı engelleyememesi durumlarında hizmetin kötü işleme nedeniyle kusur sorumluluğuna dayandığı düşünülmektedir.

Drone savunma sistemlerinde farklı tekniklerden faydalandığından bahsedilmişti. Bazı sistemlerde yasaklı bölgede ve zamanda drone uçuşu engellenebilmekte ancak zararın ortaya çıkma riski devam etmektedir. Mesela RF karıştırma ve kesme yöntemli sistemler kullanıldığında drone uçuşu engellenebilmekte ancak drone üzerinde zarar verici bir yük bulunması halinde her durumda drone güvenli bir bölgeye indirilememektedir. Böyle bir durumda drone savunma sistemi, zarar riskini ortadan kaldırmak yerine zararın yerini değiştirmektedir. Suçlu drone güvenli bir bölgeye indirilmek isteniyorsa ağ savunması veya tehlikenin havada etkisiz hale getirilmesi için çarpışan drone gibi yöntemlerden faydalanmak gerekmektedir. Başka bir durumda ise RF karıştırma ve kesme amaçlı kullanılan jammer cihazlarının çalıştırılması durumunda radyo frekans yöntemiyle çalışan tüm haberleşme kesintiye uğrayabilmektedir. Dolayısıyla öngörülemeden veya

öngörülebilir ancak önlenemeyen zararlar açısından cezai sorumluluğun zorunluluk hali kapsamında kalabileceği değerlendirilmektedir.

Polis tarafından zor kullanılmayan olaylarda suçlu drone saldırısından dolayı idarenin sorumluluğu açısından terör olaylarının farklı değerlendirildiğini belirtmek gerekir. Terör suçlarından veya terörle mücadeleden doğan zararların giderilmesinde idarenin sorumluluğu kabul edilmektedir. Bununla birlikte terör olayı olarak nitelendirilmeyen durumlarda ortaya çıkan zararlarda suç işleyen failin kişisel sorumluluğu ile idarenin kusursuz sorumluluğu açısından farklı değerlendirmelerin yapılabileceği düşünülmektedir.



Şekil 2. Suçlu Drone Saldırılarındaki İdarenin Sorumluluğu

## 5. SONUÇLAR

Drone olarak bilinen uzaktan yönetilebilir insansız hava araçlarının, kullanımı her geçen gün yaygınlaştığı gibi suç failleri tarafından kötü niyetlerle de kullanılabilir. Suçlu drone saldırıları olarak adlandırılan hukuka aykırı drone uçuşları, hukuka aykırılık yönünden farklı düzeyde ihlaller oluşturmaktadır ve bu konuda en yüksek risk de terör saldırılarıdır. Dünyanın farklı bölgelerinde drone kullanılarak işlenen suçlara ilişkin haberler, polis açısından önümüzdeki günlerde en önemli güvenlik riskleri arasında suçlu drone saldırılarının olduğunu göstermektedir.

Suç işlenmesini önlemek ve kamu düzenini korumakla görevli polis, suçlu drone saldırılarına da görevinin gereği olarak müdahale etmek zorundadır. Bu müdahale polisin durdurma yetkisinden veya meşru savunma hakkından doğmaktadır. Suçlu drone saldırılarını başlamadan önlemek veya saldırı başlamışsa sonlandırmak için polisin kullanacağı drone savunma sistemlerinin yasal dayanağını ise zor kullanma yetkisi

oluşturmaktadır. Drone savunma sistemleri; tespit ve etkisiz hale getirme olmak üzere temelde iki işlevi yerine getirmektedir. Suçlu drone saldırılarının tespit ve etkisiz hale getirilmesi için kullanılan araçlar, zor kullanma kademeleri içinde maddi güç içinde değerlendirilebilir.

Drone teknolojisinin hızlı gelişimine bağlı olarak drone saldırılarında yeni yöntemlere başvurulma ihtimali arttığı gibi suçlu drone saldırılarını etkisiz kılacak teknolojiler ve hukuki düzenlemeler aynı hızda gelişmemektedir. Drone saldırılarını tespit etmek ve suçlu drone saldırılarını etkisiz hale getirmek için kullanılan drone savunma sistemlerinin uygulama açısından önemli sınırlılıkları bulunmaktadır. Zor kullanmanın yetersiz kalması durumunda ortaya çıkan zararların giderilmesinde idarenin sorumluluğu doğmaktadır. Sonuç olarak drone savunma sisteminin olmaması, etkisiz olması veya zararı engellemeye yeterli olmaması durumunda ortaya çıkan zararlarla ilgili olarak idarenin kusur sorumluluğu olduğu kanaatine varılmıştır.

#### **Yazarların Katkısı**

Bu çalışmada tüm katkı yazara aittir.

#### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Bu çalışmada yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### **Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı**

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

#### **KAYNAKÇA**

Ak T & Avaner T (2019). Silahlı İnsansız Hava Araçlarının Uluslararası Alanda ve İç Güvenlikte Sevk ve İdaresine İlişkin Hukuki Saptamalar. Savunma Bilimleri Dergisi, 18(36), 43-66.

Balkan S (2019). Devlet Dışı Silahlı Aktörler ve Terör Örgütlerinin Yeni Aracı İHA. SETA.

Demirbaş T (2016). Ceza Hukuku Genel Hükümler. 11. Baskı Seçkin, Ankara.

Genç Y M & Erciyes E (2020). İnsansız Hava Araçları (İHA) Tehditleri ve Güvenlik Yönetimi. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 2(2), 36-42.

Kahveci M & Can N (2017). İnsansız Hava Araçları: Tarihçesi, Tanımı, Dünyada ve Türkiye'deki Yasal Durumu. Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(4), 511-535.

Mesloh C, Henych M & Wolf R (2008). Less Lethal Wepaon Effectiveness, Use of Force and Suspect-Officer Injuries. Florida Gulf Coast University.

Police Executive Research Forum (2020). Drones: A Report on the Use of Drones by Public Safety Agencies-and a Wake-Up Call about the Threat of Malicious Drone Attacks. Washington, DC: Office of Community Oriented Policing Services.

Polis Vazife ve Salâhiyet Kanunu (PVSK). T.C. Resmi Gazete. 14/7/1934, 2751.

Sütçüoğlu Ö & Alay M (2019). Anti-Drone Savunma Sistemleri. STM Teknolojik Düşünce Merkezi.

Türk Ceza Kanunu(TCK). T.C. Resmi Gazete. 12/10/2004, 25611.

Ural H (2018). Sürü Halinde Görev Yapan İnsansız Hava Araçları ve Teknolojileri. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Uzmanlığı Tezi, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ankara.

Yardımcı G (2019). İnsansız Hava Araçlarına Türk Mevzuatından Bir Bakış. Journal of Aviation, 3(1). 61-80.



© Author(s) 2021.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





## Devletlerin Değişen Güvenlik Algısında İnsansız Hava Araçları

Muhammed Ali Yetgin\*<sup>1</sup>, Mithat Baştuğ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Karabük Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Sosyal Hizmetler Programı, Karabük, Türkiye

<sup>2</sup>Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uluslararası İlişkiler Ana Bilim Dalı, Karabük, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

Güvenlik,  
Devlet Güvenliği,  
İHA,  
SİHA,  
Devlet Terörizmi,  
Soğuk Savaş,  
İnsan Hakları.

### ÖZ

Güvenlik kavramı uluslararası ilişkiler disiplininin en önemli kavramı olmakla birlikte insanlık tarihi ile sürekli gelişimini devam ettirmiştir. Bu gelişim içerisinde güvenlik kavramının tanım sorunu ortaya çıktığı gibi güvenliğin kapsamının belirsiz olması da güvenliğin sağlanması için gerekli olan araçların sürekli olarak değişmesine neden olmuştur. Değişen araçlar içerisinde ise özellikle 9/11 sonrası terör ve terörizm ile mücadele kapsamında aktif şekilde kullanılan İnsansız Hava Araçları (İHA) olmuştur. İHA'ların ileri teknoloji ürünü olması hem bilimin gelişmesine hem de siber uzayın aktif kullanılmasına etki etmiştir. Devletlerin güvenliklerini etkileyen terör faktöründen hariç olarak; sınır sorunları, düzensiz göçmenlerin takibi, orman yangınlarının erken tespiti ve tarım alanlarının daha verimli ilaçlanması gibi hizmetlerinde İHA'lar üzerinden gerçekleştirildiği ortaya konulmuştur. Bu durum, İHA'ların sadece çatışma, keşif, gözlem ve saldırı amaçlı kullanılmadığını göstermiştir. Çalışmada betimsel analiz yöntemi uygulanmıştır. İHA'ların sebep olduğu insan hakları ihlalleri, sivil ölümler ve diğer ulus devletlerin sınırlarına girmesi gibi konular yanında; devletlerin iç hukuku, uluslararası hava hukuku ve uluslararası sözleşmeler bağlamında İHA'ların hukuki statüsü de tartışılmıştır. Bu kapsamda Amerika Birleşik Devletleri ve Çin Halk Cumhuriyeti'nin insan hakları ihlalleri ve hukuki yönlü tartışmalar araştırmada yer almıştır.

## Unmanned Aerial Vehicles in the Changing Security Perception of States

### Keywords

Security,  
State Security,  
UAV,  
SİHA,  
State Terrorism,  
Cold War,  
Human Rights.

### ABSTRACT

Although the concept of security is the most important concept of the international relations discipline, it has continued its continuous development with the history of humanity. In this development, the definition problem of security emerged, and the uncertainty of the scope of security caused the tools necessary to ensure security to change constantly. Among the changed vehicles, Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) were actively used in the fight against terrorism and terrorism, especially after 9/11. UAVs are high-tech products that have affected both the development of science and the active use of cyberspace. Excluding the terrorist factor that affects the security of states; It has been revealed that services such as border problems, tracking irregular migrants, early detection of forest fires, and more efficient spraying of agricultural lands are carried out through UAVs. This has shown that UAVs are not only used for combat, reconnaissance, observation, and attack purposes. In the study, the descriptive analysis method was applied. In addition to human rights violations, civilian deaths, and entry into the borders of other nation-states caused by drones; The legal status of UAVs is also discussed in the context of the domestic law of states, international air law, and international conventions. In this context, human rights violations and legal debates of the United States of America and the People's Republic of China took place in the research.

## 1. GİRİŞ

İnsanın ontolojik ihtiyaçları içerisinde bulunan barınma, yiyecek ve korunma ihtiyacı insanlık tarihiyle birlikte gelişmiş ve gelişimini de hâlâ devam ettirmektedir. Ontolojik olarak bütün ihtiyaçların en başında ise güvenlik ve korunma ihtiyacı gelmektedir. Temel ihtiyaç ve gereksinimlere olan ilginin artması, tarihsel süreçte güvenliğin daha çok ön plana çıkmasına neden olmuştur. Uluslararası ilişkiler disiplininde önemli bir çalışma sahası olan güvenlik, her dönemde kendisine yeni tanımlar bulmuş ve bu tanımlar kapsamında yeni parametreler gelişmiştir. Örneğin, Thomas Hobbes için güvenlik doğa hali ve toplum hali olarak ikiye ayrılmış; doğa hali güvensiz bir ortamı ifade ederken, toplum hali ise güvenliğin egemen olduğu bir alanı tanımlamıştır (Emeklier, 2011). Hobbes'a göre doğa halinin güvensiz olarak tanımlanmasındaki temel etken insanın doğasında kötülük, bencillik ve çıkar duygularının olmasıdır. John Locke'a göre güvenlik; devletin meşruiyet ve sınırları koruma kapsamında, bireylerin temel hak ve özgürlüklerinin korunması temelinde şekillenmiştir (Emeklier, 2011).

Devletlerin geliştirdiği güvenlik politikaları sadece askeri tehditlerin bertaraf edilmesi olarak değerlendirilmesi yanlış olacağı gibi savaşları önlemek ve insanların mutluluk ve refahının sağlanması için de gereklidir. Özellikle I. Dünya Savaşı ve II. Dünya Savaşı sonrasında uluslararası güvenliğin sağlanması ve korunması adına oluşturulan sistemler ve organizasyonlara olan ihtiyaç sürekli artmıştır. Kurulan bu sistemler ve organizasyonlar, temel aktör olarak devletleri ele alırken, devlet dışı aktörler geri planda bırakılmıştır. 9/11 saldırılarından sonra güvenliği etkileyen aktörler arasına devlet dışı aktörlerde eklenmiştir. Bu bağlamda ekseriyetle terörle mücadele kapsamında devletler, insan kaynaklarının kullanımı dışında son teknolojik ürünler olan (Unmanned Aerial Vehicle- UAV) İnsansız Hava Aracı (İHA) sistemlerini aktif şekilde kullanmaya başlamışlardır. Devletlerin ciddi bir teknolojik birikimi sonucu ortaya çıkarmış oldukları İHA sistemlerine büyük talep olmasının altında yatan en büyük etken ise personelin sahada olmamasının yanında etkili ve ucuz maliyetli bir şekilde operasyonun gerçekleştirilmesi olmuştur. İHA'ların kullanımı da beraberinde İHA'ların hukuki statüsünün belirsiz olması ve insan hakları ihlalleri tartışmalarını getirmiştir.

## 2. GÜVENLİK KAVRAMININ TARİHSEL GELİŞİMİ VE GÜVENLİĞİN İHA'LAR ÜZERİNE ETKİSİ

Güvenlik kavramı devletlerin varlıklarını devam ettirebilmek için her zaman önemli bir kavram olmuştur. Tarihin akışına bakacak olursak; güvenlik, devletlerin varoluşundan çok daha önce, ilk insanların da temel kaygısı olmuştur. İlk insanlarda hayatta kalma, barınma ve temel ihtiyaç maddelerinin muhafazası güvenlik için en temel olgu iken, tarihin akışında konjonktürün değişmesiyle bilginin korunması önem kazanmıştır.

Güvenlik; etimolojik olarak Latince se (olmaksızın) ve cura (endişe) kelimelerinin birleşmesinden meydana gelmiştir (Arends, 2009). İngilizcede 'tasasız, kedersiz' anlamında kullanılıp, Latince 'securitas' kelimesinden türemiştir (Kardaş, 2014). Güvenlik kavramı ilk

insanlığın varlığından itibaren varlığını sürdürdüğü gibi, bu süre zarfında da kendi içerisinde dönemlere ayrılmıştır. Arends, bu dönemi Atinalılar dönemi, Romalılar dönemi ve modern ulus devletin kuruluş belgesi olan 1648 Westphalia Anlaşmasıyla başlayan yeni güvenlik anlayışı olarak sınırlamıştır (Arends, 2009). Hobbes'a göre güvenlik, insanları yabancıların saldırılarından ve birbirlerine zarar vermelerinden engelleyen, mutluluk içinde yaşayabilmelerine olanak sağlayan ve bu düzeni sağlayabilmek için bütün gücün tek bir kişi ile olmaksızın bir heyete devriyle sağlanması gerektiğini savunmuştur (Hobbes, 2016). Burada süper güçlerle donatılmış ve temel hedefi güvenliği sağlamakla birlikte aynı çatı altında barış ve huzurla yaşamayı sağlamak için bir topluluğun kurulması gerekliliğine değinilmiştir.

1648 Westphalia Anlaşmasıyla birlikte modern ulus devletlerin kurulmasıyla güvenlik konusu güç, diplomasi, taktik ve strateji gibi konuları kapsayan geniş bir yelpaze konumuna gelmiştir. Güç unsuru uluslararası ilişkiler disiplininde başat konular arasında yer alırken, güvenlik unsuruyla birlikte incelendiği zaman her iki kavramında birbirini tamamlayan konular olduğu görülmektedir. Güç kavramı uluslararası ilişkiler teorilerinde birden farklı şekilde tanımlanmış, araç mı amaç mı olduğu sorusu disiplini meşgul etmesine rağmen, gücün ortaya çıkmasının temelinde güvenlik konusu yer almıştır. Gücün elinde bulunması, güvenliğe yaklaşımın da değişmesine neden olmuştur. Bu yaklaşım temel olarak uluslararası ilişkilerdeki temel kuramların ortaya çıkması ve her birinin farklı yorumlanmasından kaynaklanmaktadır. Son 20 yılda devletlerin, sınır, bölge ve uluslararası güvenliği sağlamak ve korumak adına yumuşak gücü yoğun şekilde kullanmaktadır. Yumuşak güç; askeri unsurları içermeyen fakat siyasi, sosyal, ekonomik ve kültürel unsurlara etki eden bir gücü tanımlamaktadır (Vuving, 2019).

Güvenlik kavramının uluslararası toplumu ilgilendirmesi ve gündeme gelmesi 1789 Fransız Devrimi sonrasında "Yurttaş Hakları Bildirgesi" ile olmuş ve güvenliğin temel insan hakkı olduğu belirtilmiştir (Kardaş, 2014). Benzer durum, I. ve II. Dünya Savaşları sonunda da gündeme gelmiştir. Bu doğrultuda, insan haklarına dayalı güvenlik olgusu, Milletler Cemiyeti ve Birleşmiş Milletler şartında da yer alarak hukuki statüsünü tamamlamıştır (Kardaş, 2014).

Uluslararası ilişkiler disiplininde, kuramsal açıdan güvenliğin ilk kez kullanılması 1952 yılında Arnold Wolfers'in National Security as an Ambiguous Symbol makalesi ile ortaya çıkmış, güvenliğin objektif ve sübjektif durumları ele alınmıştır (Tanrısever, 2011). Wolfers'in kavramsallaştırmasına göre güvenlik; kazanılmış olan değerlere karşı bir tehdidin oluşmaması şeklinde açıklanmıştır (Tanrısever, 2011). Fransa'nın I. Dünya Savaşındaki tutumundan örnek verilecek olursa, bazı devletlere karşı mütevazı ve daha yumuşak tepki verirken, bazı devletlere karşı ise sert ve doğrusal olmayan şekilde tepki verdiğini belirtmiştir (Wolfers, 1952). Devletlerin ve bireylerin güvenlik yaklaşımı Soğuk Savaş dönemi öncesi gibi tek bir tehdit unsuru olmamakla birlikte, günümüzde farklılık ve çeşitlilik göstermektedir (Köker, 2021). Bu farklılıkların içerisinde ise en belirgin olanı terör ve terörizm konusu olmuştur.

Terör ve terörizm, geçmişten günümüze kadar bireylerin ve devletlerin güvenlik algılarını etkilemiş olmakla birlikte 21.yy. ile daha farklı bir boyuta geçerek uluslararası güvenliğinde şekillenmesine neden olmuştur (Yetgin & Baştuğ, 2021). Etimolojik olarak Latince 'terrere' kelimesinden gelen terör; korkutmak, ürkütme veya sindirmek anlamına gelmektedir (Saraçlı, 2007). Terörizm ise savaş ya da diplomasiyle elde edilemeyen sonuçları elde etmek, bunu gerçekleştirirken şiddet ve şiddet tehditlerini araç olarak kullanarak; insanlar üzerinde büyük etkiler bırakan ve panik yaratan eylemler bütünüdür. Bu tanımlamalar doğrultusunda terörizm, insanların siyasi tercihlerini etkilemek ve değiştirmek için yapıldığı ve genellikle siyasi mesajlar ve hedefleri içerdiği görülmektedir.

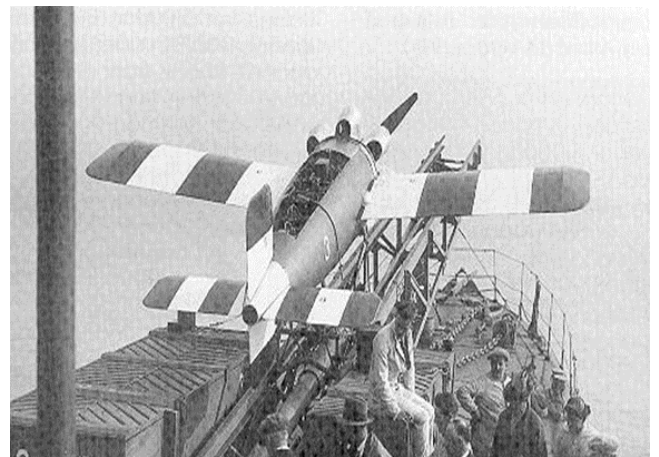
Terör, devletlerin ve bireylerin güvenlik algılarını değiştiren bir unsur olduğu kadar diğer faktörlerde (göç, enerji, ticari anlaşmalar, yer altı zenginlikleri, ideoloji, vd.) güvenliğinin şekillenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. 1947 yılında ABD'de çıkarılan Ulusal Güvenlik kavramıyla birlikte, güvenlik kavramı boyutunu ve kavram haritasını genişletmiştir (Birdişli, 2011). Ulusal güvenliğinin kavram haritasını oluşturan iki önemli anahtar kavram bulunmaktadır. Bunlardan birincisi tehditler diğeri ise ulusal çıkarlardır. En kompleks yapıda bulunan tehditler kavramına değinmeden önce ulusal çıkar kavramının açıklanmasında fayda vardır. Kavramın ilk kullanımına 1930'lu yıllarda ekonomik bunalımda güçlü ulusaltı ve baskı gruplarının maddi çıkarlarını korumak için gerçekleştirilen eylemlerde görmek mümkündür (Birdişli, 2011).

Ulusal güvenlik kavramını etkileyen en kompleks yapı ise tehditler konusudur. Tehdit konusu bugün de muğlak bir konu olarak gizemini korumaktadır. Bu muğlaklık, devletlerin çıkarları ekseninde şekillendiği gibi uluslararası kamuoyunu da derinden etkileyen unsurları da bünyesinde barındırmaktadır. Devletlerin çıkarları ortak olabileceği gibi farklıda olabilmektedir. Bugün devletler ulusal güvenliklerini ikili anlaşmalar, politikalar, bölgesel çatışmalar ve ideolojik savaşlar üzerinden şekillendirmektedir. Devletlerin güvenlik parametrelerini etkileyen tehditler bugün sinyal istihbaratı, sınır sorunları ve göç meselesi konusunu da kapsamaktadır. Devletlerin çok fazla tehdit unsuru içerisinde varlıklarını devam ettirmesi, alınan önlemleri ve bu önlemlerinde maliyetlerini artırmaktadır. Örnek olarak, Türkiye'nin sınırlarına baktığımız zaman tehdit unsurunun da çeşitlilik gösterdiği açıkça görülmektedir. İran ile yaşanan uyuşturucu kaçakçılığı, terör örgütleri ve düzensiz göçmen konuları hâkimken, Irak ve Suriye'de terör örgütleri meselesi ve düzensiz göçmen meselesi ön plana çıkmaktadır. Diğer bir komşumuz olan Yunanistan ile ise sınır sorunu, kıta sahanlığı sorunu, düzensiz göçmen meselesi ve adalar konusu tehdit unsuru olarak sayılmaktadır. Çeşitli tehdit unsurlarının bir arada bulunması, Türkiye'nin silahlı kuvvetlerine yük olmakla birlikte çok fazla askeri ekipman ve askeri personelin görevde bulunmasını gerektirmektedir. Bu durum çok fazla iş gücü ve büyük ekonomik zorlukları da beraberinde getirmektedir. Bu sebepten dolayı Türk savunma sanayisinin gelişmesi ile sınır sorunları, düzensiz göçmenlerin takibi, terör ve enerji güvenliğinin

sağlanmasında ucuz ve etkili bir yöntem olan İHA'lar aktif olarak kullanılmaktadır.

ABD'de Federal Havacılık İdaresi'nin genel kabul gören tanımına göre İHA, uçuş için kullanılan ve pilot bulunmayan, belli bir rota üzerinden otomatik olarak ilerleyen hava aracı olarak tanımlanmaktadır (Ekmekcioğlu & Yıldız, 2018). İHA'ların sağlıklı istihbarat verileri sağlamasından dolayı ulus devletler envanterlerinde İHA'lara genişçe yer vermek istemektedirler. İHA'ların bu kadar başarılı olmasının arkasında ise tarihsel bilgi birikimi yatmaktadır. Bu tarihsel bilgi birikimi, Pisagor'un tek kullanımlık buhar gücüyle yaklaşık 200 metre uçan güvercin projesine, yine aynı dönemde Çin'de dikey uçuş yapan kuş benzeri çizimlere ve 1400'lü yıllarda Leonardo da Vinci'nin hava jiroskopu çizimine dayanmaktadır (Demirkıran, 2010). Tarihte insansız hava araçları üzerine çokça bilim insanı katkı sağlamış olmakla birlikte, 1888 yılında İrlandalı Louis Brennan, bir kablo aracılığıyla uzaktan bir torpidonun ateşlenerek uçabileceğini kanıtlamıştır (Cuerno-Rejado vd., 2016). 1908'de Fransız subayı Rene Lorin radyo sinyalleri aracılığıyla kontrol edilebilen ve jet tahrikli bir uçan bomba önermiş fakat I. Dünya Savaşı'nın durumu ve teknolojik gelişme eksikliği nedeniyle sadece söylemde kalmıştır (Cuerno-Rejado vd., 2016).

Teknolojinin yetersiz olması İHA'ların gelişimine engel olmamakla birlikte başarısızlıklar devletlerin daha fazla yatırım yapmasına neden olmuştur. Örnek olarak İngiltere'nin işgal ettiği Irak'ta 1920'lerde başlayan ayaklanmalar ve daha sonrasında Mısır, Hindistan ve İrlanda gibi farklı bölgelerde de başlayan kitlesel eylemler İngiltere'nin İHA'lar üzerine çalışmasına neden olmuştur (Satia, 2014). İngiltere, Irak ve diğer Ortadoğu ülkelerinde hem maliyet olarak ucuz olmasından hem de bölgeyi sömürge olarak görmeye devam edip kontrol etme isteklerinden dolayı bu çalışmaya önem vermiştir (Satia, 2014). Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte İngiltere, ilk ciddi projeleri olan Larynx ve Ram'i ortaya çıkarmıştır (Kindervater, 2016).



Şekil 1. Larynx Projesi<sup>1</sup>

Larynx projesi (şekil-1) mekanik olarak kontrol edilebilen, belirlenen rotayı izledikten sonra ya hedefe dalma ya da bomba bırakma eylemlerini gerçekleştirmeyi hedefleyen bir proje iken, Ram ise insanlı bir uçaktan atılarak Larynx'den küçük ve

<sup>1</sup> Kaynak: [https://en.wikipedia.org/wiki/RAE\\_Larynx](https://en.wikipedia.org/wiki/RAE_Larynx)

operatörün kablosuz olarak kullanmasına olanak veren bir proje olarak ortaya çıkmıştır (Kindervater, 2016). Bu projeler çatışma ya da savaşın seyrinin değişmesine, maliyetlerin ve can kaybının düşmesine neden olduğu gibi, çatışma ya da savaşın daha uzun menzilli ve daha donanımlı ekipmanlar ile yürütülmesi yönünde savunma yatırımlarının artmasına neden olmuştur.

I. ve II. Dünya Savaşlarının yıkıcılığı, devletlerin tekrar savaş içerisinde bulunmalarını engellemek için birtakım güvenlik mekanizmaları çerçevesinde İHA çalışmaları durdurulmuştur. II. Dünya Savaşından sonra belirli bir süre çalışmaları durdurulan İHA'lar, ABD'nin tekrardan İHA'lar üzerine çalışmalarına başlamasıyla birlikte hareketlenmiştir. ABD, İHA'lar üzerinde radikal değişiklikler yaparak fotoğrafik görüntülerden, radardan ve diğer elektronik sinyallerden gelen verileri toplayarak bunu istihbarat verisi olarak hazırlamak ve sinyal istihbaratını gerçekleştiren ürün olarak kullanmaya başlamıştır (Kindervater, 2016). ABD'nin almış olduğu bu radikal karar aslında savaşın hem yapısını hem de temasını değiştirmiştir. Öyle ki atılan bu adım bilinen konvansiyonel savaşa alternatif bir savaş türü olan sinyal ve istihbarat savaşının doğmasına yardımcı olmuştur. İstihbarat, gözetleme ve keşif faaliyetleri her zaman savaşların en önemli araçları olmuştur. 1945'ten sonra artık geleneksel faaliyetlerin dışında istihbarat, keşif ve gözetleme faaliyetlerinde büyük değişikliklere gidilmiştir. Sinyal istihbaratı olarak kısaltılan (Signal Intelligence) SIGINT'in II. Dünya Savaşı sırasında büyük etkilerinin görülmesi, hem yeni ufukların açılmasına neden olduğu gibi barışın teminatı için sınırlandırılması hatta geliştirilmesi askıya alınmıştır (Lewin, 1981).



Şekil 2. Lockheed MQM-105 Aquila<sup>2</sup>

Sinyal İstihbaratının devletlere ciddi zararlar vermesi sonucunda 1960'larda casus uçak çalışmalarına başlanılmış, ilk örneği ise 1970 yılında ABD ordusu için geliştirilen ilk küçük insansız savaş uçağı Lockheed Aquila (Şekil-2) olmuştur (Demirkıran, 2010). Bu projelerden önemli bilgi birikimi elde edilmiş olsa da test aşamasında birden fazla uçağın düşmesi sonucu proje maddi olarak zor duruma girerek projenin durdurulması kararlaştırılmıştır (Demirkıran, 2010). Daha sonraki süreçlerde uçuş kontrol sistemlerinin stabilize edilmesi ve geliştirilmesiyle birlikte orta ve uzun menzilli İHA'lar pazar 'da yerini almıştır. Orta ve uzun menzilli İHA'larda ilk örneği İsrail tarafından geliştirilen Scout ve sonrasında geliştirilen Pioneer olmuştur (Demirkıran, 2010). Her ne kadar ABD ilk İHA konusunda ilk projesini maddi sorunlar yüzünden rafa kaldırmak durumunda kalmış olsa da U-2 uçağının fazla maliyetli keşif yapmasından dolayı projeye geri dönmüştür (Şekil-3). 1954 yılından itibaren ABD hava kuvvetleri Sovyet Rusya'yı gözetlemek ve denetlemek için bilim ve

teknolojiyi etkin bir şekilde kullanmış ve bu bağlamda stratejik keşif uçağı U-2 geliştirmiş olup Sovyetleri teknik olarak gözetlemişlerdir. U-2 keşif uçağı bünyesinde, yüksek teknolojiyi barındırmasına rağmen radarlara yakalanmayacak kadar yüksekte uçamaması ve maliyetinin 1 milyar dolar seviyesinde olmasından dolayı, maliyeti daha az olan ve yüksek irtifalarda seyir eden İHA'lar ve uydular üzerine çalışmalar patlama noktasına gelmiştir (Pedlow & Welzenbach, 1992).



Şekil 3. Lockheed U-2 Casus Uçağı<sup>3</sup>

Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System-GPS) ve uyduların yaygınlaşmaya başlaması İHA'ların daha özgür ve yer kontrol istasyonuna bağlı olmasını kaldırmaya başlamış ve özgürleşmesine neden olmuştur (Demirkıran, 2010). Uyduların aktif kullanılmasıyla birlikte İHA'ların kontrolleri uydulara aktarılmış ve böylece uzun (High Altitude Long Endurance-HALE) ve orta (Medium altitude long endurance -MALE) sınıfı İHA'lar ortaya çıkmaya başlamıştır. İHA'lar temelde askeri gereksinimlerden ve can kayıplarının azaltılması için üretilmeye başlanmış olsa da belli bir süre gözetleme ve istihbarat toplama amaçlı kullanılmıştır.



Şekil 3. Tadiran Mastiff İHA<sup>4</sup>

Daha sonrasında istihbarat ve gözetlemenin yansırı hızlı reaksiyon ve erken önleme yapabilmek adına ilk silahlı İHA (S-İHA) çalışmaları 1980'lerde İsrail devleti tarafından 1973 Yom Kippur Savaşı sonrasında ordunun ihtiyaçları kapsamında başlatılan bir proje ile olmuş ve ilk örneği olarak Tadiran Mastiff (şekil-4) ortaya çıkmıştır (Military Factory, 2019). ABD'de ise Amerikan Hava Kuvvetleri tarafından keşif ve gözetleme için kullanılan Predator silahlandırılmayla başlamıştır (Demirkıran, 2010).

<sup>2</sup>Kaynak: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed\\_MQM-105\\_Aquila](https://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed_MQM-105_Aquila)

<sup>3</sup>Kaynak: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed\\_U-2](https://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed_U-2)

<sup>4</sup> Kaynak: [https://en.wikipedia.org/wiki/Tadiran\\_Mastiff](https://en.wikipedia.org/wiki/Tadiran_Mastiff)



Şekil 5. General Atomics MQ-9 Reaper<sup>5</sup>

Predator'ün silahlanmasıyla ortaya çıkan B versiyonu, ilk kez 2000'lerde Arnavutluk'ta Sırp hedefleri üzerinde kullanılmıştır (şekil-5) (Cuerno-Rejado vd., 2016). Bu operasyon süresinde Predator'da dâhil olmak üzere 19 adet İHA'nın düşürülmesi üzerine, ABD yönetimi şaşkınlık yaşamış ve daha gelişmiş sistemlerin geliştirilmesi için çalışmalara başlamıştır (Çevikbaş, 2011). ABD Hava Kuvvetleri, 1998 yılında ilk uçuşunu gerçekleştirdiği ve aktif olarak 2001 yılından itibaren kullandığı Global Hawk'ı (Şekil-6) geliştirmiştir (Northrop Grumman, 2021).



Şekil 6. RQ-4 Global Hawk<sup>6</sup>

Küresel İHA pazarında başta ABD, Rusya, İngiltere, Fransa, Çin ve İsrail gibi devletlerin aktif olarak büyük bir pazar payına hâkimken, diğer devletler açısından bu durum güvenlik açısından sorun oluşmasına neden olmaktadır. Devletler dış politikaları gereği diğer devletlere stratejik ürünlerin satışını engelleyebilir veyahut satış sonrası bakımlarını yapmayarak baskı unsuru oluşturarak hedefleri doğrultusunda politikalar belirleyebilirler. Bu durum diğer devletlerin kendi bünyesi içerisinde stratejik ürünlerin üretilmesi için teşvik oluşturmaktadır. Örneğin, Türkiye, İHA pazarında kendisini kanıtlamış, İHA yelpazesini geliştirerek diğer devletlerle yarış içerisine girmiştir. 2017-2025 yılları arasında Ortadoğu İHA pazar payında Türkiye'nin payı, 2017 yılında 316 milyon dolar iken bu rakam 2025 yılında 888 milyon dolar olması tahmin edilmektedir

(Tübitak & İstka, 2020). Türkiye'de özel ve devlet kurumlarının üretmiş olduğu Baykar firmasının Bayraktar Akıncı, TB-2 ve Mini İHA, STM firmasının ürettiği Kargu, TUSAŞ'ın ürettiği Aksungur, Anka, Şimşek, Baykuş ve Gözcü, Vestel Savunma Sanayisinin ürettiği Karayel İHA'ları Türkiye'nin askeri kullanım için İHA ihtiyacının hemen hemen hepsini karşılamaktadır. Türkiye pazarındaki bu çeşitlilik savunma, önleme, gözetleme, istihbarat ve saldırı üzerine odaklanmış olup, Türk savunma sanayisinin gelişmesine katkı sağlamıştır.

### 3. İHA ve S-İHA'LARIN TAKTİK ve STRATEJİK KULLANIMINDAN DOĞAN İNSAN HAKLARI İHLALLERİ ve HUKUKİ BOYUTU

İHA'ları etkin olarak kullanan devletlerin, teknik bilgi ve deneyimleri ile aktif çatışma bölgelerinde, yeterliliklerini kanıtlamak amacı ile bu araçları kullanmaları, uluslararası barışın şekillenmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu kapsamda, sivillerin hayat haklarının ihlal edilmemesi önemlidir. Kosova, Afganistan, Pakistan, Irak, Filistin, Lübnan, Suriye, Yemen ve Somali gibi devletlere karşı ekseriyetle terörle mücadele kapsamında İHA ve S-İHA saldırıları aktif şekilde kullanılmıştır. Devletler İHA ve S-İHA'ları ekseriyetle terör ve terörizm faaliyetlerinin önlenmesi için kullanmış olsalar da devlet terörizmine de katkı sağlayan bir araç olarak da kullanmışlardır. Örnek olarak Afganistan'a gerçekleştirilen saldırılarda terörle mücadele kapsamında S-İHA'lar tarafından vurulan hedeflerin yanlış istihbarat sonucu sivil yerleşim yerleri hedef alınarak büyük kayıplar verilmesine neden olduğu görülmüştür. Özellikle ABD'de bazı akademisyenler ve medya kuruluşları terörle mücadele kapsamında gerekirse sivil hedeflerinde yok edilmesi gerekliliğini savunması, ABD'nin terörle mücadele kapsamında dış operasyonları gerçekleştirmesini kolaylaştırmak adına önemli bir destek olmuştur (Yetgin & Baştuğ, 2021).

Devletler, terör ve terörizmi dış politikalarının belirlenmesinde kullanabildikleri gibi toplumlarının ve askeri politikalarının belirlenmesinde de kullanmayı çok iyi bilmektedirler. ABD yönetimi, bu çatışmanın normal bir savaşa benzemediğini belirterek kamuoyunda korkuları yönlendirmiş ve terör tehdidini daha büyük göstererek gerçekleşen insan hakları ihlallerinin gereklilik olarak halka sunmuş ve bunda da başarılı olmuştur (Yetgin & Baştuğ, 2021). Dönemin ABD başkanı Obama tarafından 2016 yılında çıkarılan başkanlık kararında hükümetin daha şeffaf olmasına adına İHA saldırıları sonucunda ölen sivillerin sayısının açıklama zorunluluğu getirmesine rağmen yine dönemin ABD eski Başkanı Trump tarafından gereksiz ve dikkat dağıtıcı olarak bulunmuş ve karar iptal edilmiştir (BBC Türkçe, 2019). ABD ile benzer bir politika izleyen diğer devlet ise Çin'dir. Çin Devlet Başkanı Xi Jinping'in İHA'ları savaş alanında modern savaş aletleri olarak göstermesi ve 2019'da yayınladığı Beyaz Kitap'ta uzun menzilli insansız hava araçlarına eğilimin artırılması gerektiği vurgulanmıştır (Alden vd., 2020).

<sup>5</sup> Kaynak: [https://tr.wikipedia.org/wiki/General\\_Atomics\\_MQ-9\\_Reaper](https://tr.wikipedia.org/wiki/General_Atomics_MQ-9_Reaper)

<sup>6</sup> Kaynak: [https://tr.wikipedia.org/wiki/RQ-4\\_Global\\_Hawk](https://tr.wikipedia.org/wiki/RQ-4_Global_Hawk)

Şekil 7. Wing Loong-27<sup>7</sup>

Çin'in İHA sistemleri üzerine gerçekleştirdiği projeler, İHA pazar payında yerini almak olduğu gibi diğeri de Uygur özerk bölgesinde sözde terörle mücadele kapsamında gözetim ve denetleme amaçlı olarak da kullanılmaktadır (Alden vd., 2020). Özellikle Çin, elektronik saldırı ve savunma kabiliyeti ve iletişim sistemlerini engelleyen Wing Loong II İHA'sını tanıtmış (şekil-7) ve ayrıca yüksek irtifada seyreden, keşif faaliyetleri yürüten ve akıllı mühimmatlar taşıyan Çin'in son teknolojik İHA'sı WJ-700'de faaliyetlerine başlamıştır (şekil-7) (ThinkTech STM Teknolojik Düşünce Merkezi, 2021).

Şekil 8. WJ-700 İHA<sup>8</sup>

İHA'ların kullanım yelpazesinin geniş olması, teknolojinin toplum ve devlet adına yararlı olabildiğini gösterdiği gibi aynı teknolojinin insan hakları sorununu ve İHA'ların hukuki boyutunun da tartışılmasına neden olmaktadır. Havacılığa yön veren birden çok anlaşma olmasına rağmen (Varşova, Roma, Paris ve Havana) en kapsamlı ve uluslararası rejim haline getiren Şikago Sözleşmesidir. İHA'lar üzerine ilk hukuki düzenleme 7 Aralık 1944'te Şikago Konferansı sonrasında Milletlerarası Sivil Havacılık Anlaşmasında alınmıştır. Bu konu, 6 Haziran 1945'te Türkiye'nin de taraf olduğu Milletlerarası Sivil Havacılık Anlaşması'nın 8 maddesinde Pilotsuz Hava Nakil Aracı başlığında açıklanmış olup, sivil hava vasıtalarını tehlikeye düşürmeyecek şekilde kontrol edilmesi gerekliliği taahhüt edilmiştir (Milletlerarası Sivil Havacılık Anlaşması, 1945). Yine aynı anlaşmanın 3. maddesi

devlet uçaklarını kapsamamakla birlikte, sivil hava araçlarını tehlikeye düşürecek ve uçuş güvenliğini bozacak eylemlerde bulunmamasını belirtmiştir (Milletlerarası Sivil Havacılık Anlaşması, 1945).

1947'den itibaren BM bünyesinde çalışmalarına devam eden sivil havacılık uzmanlık kuruluşu olan Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (International Civil Aviation Organization-ICAO), 2011'de yayınladığı 328-AN/190 numaralı genelgeyle İHA'lar için küresel birliktelik ve çalışabilirlik için devletlerin teşvik edilmesi ve desteklenmesi gerekliliğini vurgulamıştır (ICAO Circular 328, 2011). İHA'lar konusunda ortaya konulmuş yeterli ve ayrıntılı bir uluslararası metin bulunmaması birlikte İHA'ların askeri boyutuna ilişkin genel ve kapsayıcı düzenleme bulunmamaktadır (Kurt & Ün, 2015). İHA'lar üzerine hukuki düzenlemeler daha çok ulusal boyutta alınmaktadır. İHA teknolojisini yoğun bir şekilde kullanan ABD, İHA'lar üzerinde ilk yasal düzenlemesini 1982'de model uçakların İHA kategorisinde değerlendirilmesiyle gerçekleştirmiş ve uçak operatörleri için emniyet standartları getirmiştir (Dikmen, 2015).

1958 yılında imzalanan Federal Havacılık Yasası ile ulusal hava sahasının güvenli ve verimli kullanılabilmesi için bütün yetki ABD Federal Havacılık Dairesi (Federal Aviation Administration-FAA)'ya verilmiştir (FAA, 2021). FAA'nın İHA'lar üzerine en önemli ve kapsamlı düzenlemesi, 14 Şubat 2012'de FAA Modernizasyon ve Reform Kanunu (FMRA) olarak yapılmış, üç yıl içerisinde sivil İHA'ların ABD ulusal hava sahasına güvenli şekilde entegrasyonun sağlanacağı belirtilmiştir (Dikmen, 2015). FAA, sivil İHA kullanımına yönelik karar ve kanunlar çıkarmasına rağmen askeri maksatlı kullanılan İHA'lar üzerine herhangi bir düzenleme gerçekleştirmemiştir.

Ülkemizde ise havacılık düzenlemelerine ilişkin temel kanun ise 14 Ekim 1983 tarihinde yürürlüğe giren 2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunudur (Dikmen, 2015). Kanunun 1. maddesi devamlı ve hızlı şekilde ilerleyen, ileri teknolojinin uygulandığı ve sivil havacılık faaliyetlerinde ulusal çıkarların uluslararası ilişkilere uygun bir şekilde düzenlenmesini sağlamak hedef olarak belirlenmiştir (Türk Sivil Havacılık Kanunu, 1983). Kanun esasen sivil havacılık alanında birtakım düzenlemeleri kapsasa da askeri düzenlemeleri içerisinde barındırmaktadır. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından 30 Ekim 2013'te "İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Ayrılmış Hava Sahalarındaki Operasyonlarının Usul ve Esaslarına İlişkin Talimat (SHT-İHA)" başlığıyla ilk hukuki düzenleme yapılmıştır (SHT-İHA, 2013). SHT-İHA talimatının 1. maddesi kapsamında, sivil İHA operasyonları ve İHA sistemlerini kullanacak olan kişilerin sahip olması gereken nitelikler talimatlar kapsamında detaylıca anlatılmıştır (SHT-İHA, 2013).

İHA'lar üzerine gerekli hukuki düzenlemeler ve uluslararası anlaşmalar ekseriyetle sivil İHA'lar üzerinden gitmesine rağmen askeri amaçlı kullanılan İHA'ları denetleyecek ve belirli kuralları ortaya koyacak herhangi bir yasal düzenleme mevcut değildir. Askeri amaçlı İHA'lar için söylemler sivil İHA'lar için çıkarılan

<sup>7</sup> Kaynak: <https://www.savunmatr.com/savunma-sanayii/cezayirden-24-adet-wing-loong-2-siha-siparisi-h14621.html>

<sup>8</sup> Kaynak: <https://www.globaltimes.cn/page/202101/1212699.shtml>

kanun ve hükümlerin yorumlanmasıyla oluşmaktadır. Herhangi bir kanunun veyahut düzenlemenin olmaması bazı problemleri beraberinde getirmekle birlikte bu problemler insan hakları ihlalleri ve espionaj faaliyetleri üzerine şekillenmektedir. Son dönemde yaşanan İHA'ların devletler tarafından çokça kullanılmasında özellikle düşük maliyet ve askeri personelin can riskinin minimize edilmesinden kaynaklanmaktadır. Fakat gerçekleştirilen İHA keşif, gözetleme ve saldırıları insan haklarının ihlal edilmesine neden olabilmektedir.

9/11 saldırılarından sonraki süreçte ABD, BM Genel Kurulu'nu acil olarak 12 Eylül 2001'de toplamış ve 1368 sayılı kararı alınarak meşru müdafaa kapsamında her türlü terörizmle mücadele etmek için gerekli olan tedbirleri almaya hazır olduğunu belirtmiştir. Bu bağlamda terör potansiyeli oluşturan her türlü hedefin yerinde imhası için İHA ve SİHA'ları aktif şekilde kullanmaya başlamıştır (Örnek, 2012). İnsan Hakları İzleme Örgütü (Human Rights Watch-HRW) bu kapsamda gerçekleştirilen İHA saldırılarında belirlenen hedefler dışında saldırıda hayatını kaybeden insanlar için İHA saldırılarını gerçekleştiren CIA'ye hesap verilebilirlik adına uluslararası yasal gerekliliklere bağlı olması gerektiğini vurgulayan bir mektup yazarak dönemin ABD eski Başkanı Obama'ya ulaştırmışlardır (HRW, 2011). 2008-2010 yılları arasında ABD'nin Pakistan'da gerçekleştirdiği İHA saldırılarında 500 militan öldürülmüş olmakla birlikte bu saldırılarda 30 sivilin insan hayatını kaybettiği yine İnsan Hakları İzleme Örgütü tarafından mektupta ifade edilmiştir (HRW, 2011).

İHA kullanımında insan hakları ihlalleri yüksek kapasiteli kişisel veri toplama yönü ile de eleştirilere konu olmuştur. İHA'larda bulunan yüksek çözünürlüklü kameraların varlığı ve yüksek irtifalarda seyretmesinden dolayı tespiti zor olduğu gibi, beraberinde yüksek çözünürlüklü kameralarla kaydedilen görüntüler de ihlalin bir diğer boyutunu oluşturmaktadır. Çin, Covid-19 güvenliği adı altında yüksek kapasiteli ses ve görüntü verisi toplaması ve Sincan bölgesinde Uygurları izlemesi bu yönde insan hakları ihlalleri başında gelmektedir. Çin'de korona virüs sürecinde insansız hava araçları ile yüksek kapasiteli çekimler yapılmış (Han, 2020) ve akıllı görüntü okuma sistemleri, akıllı ses tarama sistemleri 5G teknolojisi bağlamında, insansız hava araçları ile birlikte uygulanmıştır (Yetgin & Turgut, 2021). Bu konudaki tartışmalar, "Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi kapsamında madde 5; Özgürlük ve Güvenlik Hakkı ve madde 8; Özel ve Aile Hayatına Saygı" (Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi, 2021) başlıkları kapsamında değerlendirilmektedir. Kurter (2020)e göre; "kendi aralarındaki federe yapı, konfedere yapı ve değişken geometri" olarak tanımlanan Avrupa (Kurter, 2020), konunun hukuki yönlerine yoğunlaşmaktadır.

ABD'nin de saldırıları ile bazı olaylarda yer aldığı İHA saldırıları sonucu Afganistan, Pakistan, Somali ve Yemen gibi devletlerden onbinlerce insanın mülteci konumuna düşmesine neden olan durum, İnsan Hakları Evrensel Beyannamesinde 3, 12, 13 ve 14. Maddelerin ihlalini ortaya çıkarmıştır.

#### 4. SONUÇLAR

Tarihsel olarak insanoğlu, bağımsız ve uçan nesnelere karşı her zaman ilgili ve meraklı olmuştur. Bu serüven içerisinde çeşitli araştırmalar ve çizimler ortaya konulmuş olmasına rağmen gerekli donanımsal bilgi ve teknoloji yetersizliği nedeniyle projeler gerçekleştirilememiştir. I. Dünya Savaşı İHA'ların gelişmesinde büyük etkilere neden olduğu gibi ilk örneklerinin de ortaya çıkmasına neden olmuştur. Savaşlar, tarih boyunca büyük teknolojik gelişmelerin ortaya çıkmasında aracı bir konumda olsa da yeni geliştirilen teknolojiler güvenlik kavramının sorgulanmasına ve çeşitlenmesine neden olmuştur. Her devlet kendi güvenlik paradigmasını savaşlardan çıkardığı derslerle ortaya koymaya çalışmıştır. Ekseriyetle savaş arenasında daha az maliyetli, kayıpları sifıra yakın indiren ve sessiz bir teknoloji ürünü arayışı içerisinde olmuşlar ve bu arayışlar, bilimin sürekli olarak kendisini katlayarak ilerlemesi sonucunda ilk İHA örnekleri ortaya çıkmıştır.

Türkiye, ulusal ve uluslararası barış ve güvenlik amacına yönelik (göçmenlerin sınır ihlalleri, kaçakçılık ve uyuşturucu ile mücadele, terörizm ve orman yangınları) konularda İHA'ları aktif şekilde kullanmaktadır. ABD ve Çin ise ulusal güvenliklerini korumak adına İHA'ları tehdit unsurlarının tamamını etkisiz hale getirilmesi adına kullanmaktadır. Bu durum ABD ve Çin için hem sivil kayıpların verilmesine hem de yüksek kapasiteli verilerin izinsiz şekilde toplanması ve işlenmesi nedeniyle uluslararası kamuoyunda eleştirilere maruz kalmaktadır.

Bugün İHA'lar sıcak çatışma bölgelerinde aktif şekilde kullanıldığı gibi barış zamanında da barışın bozulmaması adına faaliyetlerde de bulunmaktadır. Küreselleşme ile devletlerin güvenliğini etkileyen aktör ve faktörlerin artmasıyla birlikte İHA'lara olan ihtiyaç her gün artmaktadır. İhtiyacın artması bazı problemleri de beraberinde getirmektedir. Bu sıkıntıların başında özellikle İHA'ların hukuki boyutu ve gerçekleştirdikleri eylemler sonucunda ortaya çıkan insan hakları ihlalleri oluşturmaktadır. Devletler bu bağlamda herhangi bir iç hukuk veyahut ortak bir görüş bildirerek uluslararası hukukta düzenleme yoluna gitmemekle birlikte sessiz kalmayı tercih etmektedirler. Gerçekleştirilen insan hakları ihlalleri ise doğrudan bilinmemekle birlikte sadece ilgili devletin resmi kayıtlarının sızdırılması sonucu ortaya çıkabilmektedir. İnsan hakları ihlallerinin ortadan kaldırılabilmesi için öncelikli olarak iç hukuk düzenlemesi ve daha sonrasında geniş katılımli uluslararası hukuk metni oluşturulmalıdır. Oluşturulan hukuki metinler, insan hakları ihlallerini ve sivil kayıplarını engelleyemiyor ise uluslararası ayrımcılığa tabi tutulmalı ve bu bağlamda yaptırımlar ile işlenen suçların tazmini giderilmeli, gerekli kişilerin yargılanması ve iç hukuk ve uluslararası hukuka saygılı olması gerektiği kabul edilmelidir.

İHA'ların sorunları beraberinde getirdiği gibi birçok yeniliği ve olumlu yanlarını da beraberinde getirmektedir. Bugün İHA'lar Covid-19 pandemisinde ilaçların hızlı ve etkin şekilde ilgili noktalara teslimatında, taşımacılık hizmetlerinde, sınırların denetlenmesi, sığınmacı ve mültecilere karşı işlenen suçların kayıt altına alınarak servis edilmesinde önemli

görevler üstlenmektedir. Ayrıca sıcak havaların etkisiyle birlikte ortaya çıkan veyahut terör örgütlerinin saldırıları sonucu çıkan orman yangınlarına erken müdahale ile önlenmesinde çok önemli rollerde de bulunmaktadır. Öyle ki küresel ısınma ile dünyanın sıcaklık haritasındaki değişiklikler sonucunda büyük çaplı orman yangınları bütün dünyanın sorunu haline gelmiştir. Geliştirilecek olan yeni bir yazılım ile İHA'ların sahadan almış olduğu ısı haritaları, topografya haritası, rüzgârın hızı ve nem değerleri tek yazılımla anlık olarak analiz edilip erken müdahale sağlanabilmesinde önemli bir yenilik olacağı gibi İHA'ların yangın söndürme uçağı olarak kullanılması da İHA'ların etkinliğini daha da artıracaktır.

Teknolojinin sürekli olarak gelişmesi yeni ürünlerin ortaya çıkmasına neden olduğu gibi İHA'ların da gelecekte farklı konfigürasyonlar ile donatılmasıyla ve güç depolama birimlerindeki değişikliklerle birlikte uzun süre havada kalma seçeneğiyle gelecekte uyduların yerine geçebilecek potansiyele sahiptir. Uydulara göre daha az maliyetli ve kontrolü için gereken insan gücünün az olması sebebiyle tercih edilmesi kuvvetle muhtemeldir. İHA'ların çok farklı alanlarda (sağlık, askeri, istihbarat vd.) kullanılması beraberinde siber uzayın anarşik yapısında zarar görme ve saldırıya uğramasına neden olabilir. Bunun önlemesi için ülkelerin ortak bir deklarasyon yayımlayarak siber alanın hukuki statüsünü biran önce belirlemelidirler. Fakat devletler bu alanda ortak bir karar alamamaları durumunda siber güvenlik altyapılarını güçlendirerek herhangi bir sinyal ve elektronik saldırılara karşı İHA'larını koruyacak bir altyapı oluşturması gerekmektedir.

#### Yazarların Katkısı

**Muhammed Ali Yetgin:** Literatür taraması ve Araştırma; **Mithat Baştuğ:** Literatür taraması ve Araştırma

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmada yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

#### KAYNAKLAR

- Arends J F M (2009). Homeros' dan hobbes ve ötesine:" Güvenlik" kavramının Avrupa geleneğindeki boyutları. Uluslararası İlişkiler Dergisi, 6(22), 3-33.
- Birdişli F (2011). Ulusal güvenlik kavramının tarihsel ve düşünsel temelleri. Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 1(31), 149-169.
- Cuerno-Rejado C, Garcia-Hernandez L, Sanchez-Carmona A, Carrio A, Sanchez Lopez J L & Campoy P (2016). Historicalevolution of theunmannedaerialvehiclestothe present. Dyna, 91(3), 282-288, Doi: <http://dx.doi.org/10.6036/7781>.

- Çevikbaş A (2011). Müttefik Güç Harekâtı İnsani Müdahalelerin Bir İstisnası mıdır? NATO'nun Kosova'ya Yönelik Harekâtının Uluslararası Hukuk ve Askeri Bakış Açılıklarından Değerlendirilmesi. Savunma Bilimleri Dergisi, 10(2), 18-57.
- Dikmen M (2015). İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemlerinin hava hukuku bakımından incelenmesi. Savunma Bilimleri Dergisi, 14(1), 145-176.
- Ekmekcioğlu A & Yıldız M (2018). İnsansız Hava Araçlarının Askeri ve Sivil Alanlarda Kullanımı: ABD ve Türkiye Örnekleri ve Bazı Politika Önerileri. Türk İdare Dergisi, 486, 169-218.
- Emekler B (2011). Thomas Hobbes ve John Locke'un güvenlik anlayışlarının karşılaştırmalı bir analizi. Güvenlik Stratejileri Dergisi, 7(13), 99-123.
- Hobbes T (2016). Leviathan. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
- Kardaş T (2014). Güvenlik. Uluslararası İlişkilere Giriş içinde, 226-232, İstanbul, Küre Yayınları.
- Kindervater K H (2016). Theemergence of lethalsurveillance: Watchingandkilling in thehistory of dronetechology. Security Dialogue, 47(3), 223-238.
- Kurt Ş & Ün O (2015). İnsansız Hava Araçları (İHA) Üzerine Hava Hukuku Açısından Bir Değerlendirme. Erciyes Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 10(2), 195-213.
- Kurter O (2020). Avrupa ve Türkiye Arasında Yürürlükte Olan Ortak Gümrük Birliği Antlaşması Güncellenmesi Üzerine Bir Araştırma. International Journal of Arts and Social Studies, 3(5), 62-76.
- Lewin R (1981). A signal-intelligencewar. Journal of Contemporary History, 16(3), 501-512.
- Örnek S (2012). Onbir Eylül Olayları ve Afganistan Operasyonu. Yalova Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 1(1), 107-134.
- Pedlow G & Welzenbach D (1992). The Central IntelligenceAgencyandOverheadReconnaissance: The U-2 and OXCART Programs, 1954-1974. Washington, DC: HistoryStaff Central IntelligenceAgency, <https://www.archives.gov/files/declassification/is-cap/pdf/2014-004-doc01.pdf>, (Erişim Tarihi: 04.10.2021).
- Saraçlı M (2007). Uluslararası Hukukta Terörizm. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 11(1), 1049-1078.
- Satia P (2014). Drones: a historyfromthe British Middle East. Humanity: An International Journal of Human Rights, Humanitarianism, and Development, 5(1), 1-31.



Tanrısever O F (2011). Güvenlik. Devlet ve Ötesi Uluslararası İlişkilerde Temel Kavramlar içinde, 107-123, İstanbul, İletişim Yayınları.

Vuving A L (2009). How softpowerworks. Asia-Pacific Center for Security Studies Honolulu United States, 1-20.

Wohlforth W C (2009). Realism and Security studies. In The Routledge Handbook of Security Studies, 9-20, Routledge.

Wolfers A (1952). National security as an Ambiguous symbol. Political science quarterly, 67(4), 481-502.

Yetgin M A & Baştuğ M (2021). Devlet Terörizmi Bağlamında Tarihsel Vakaların İç ve Dış Etkilerinin Analizi: BM Güvenlik Konseyi Üyeleri Örneği. İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 13(4), 955-980.

Yetgin M A & Turgut A (2020). Koronavirüs Döneminde Dijitalleşme ve İnsan Hakları İhlalleri: Güneydoğu Asya ve Uzakdoğu Örneği. IV. Uluslararası E-conder Kongresi, ISBN 978-975-6497-57-9

## Sözleşme ve Anlaşmalar

Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi, [https://www.echr.coe.int/documents/convention\\_tur.pdf](https://www.echr.coe.int/documents/convention_tur.pdf), (Erişim Tarihi: 11.10.2021).

İnsan Hakları Evrensel Beyanname, <https://www.hsk.gov.tr/Eklentiler/Dosyalar/9a3bf e74-cdc4-4ae4-b876-8cb1d7eeae05.pdf>, (Erişim Tarihi: 11.10.2021).

Milletlerarası Sivil Havacılık Anlaşması, 4749 no'lu kanun (05.06.1945), [http://mevzuat.shgm.gov.tr/umevzuat/kanun/474\\_9\\_Sayili\\_Kanun\\_sikago.pdf](http://mevzuat.shgm.gov.tr/umevzuat/kanun/474_9_Sayili_Kanun_sikago.pdf), (Erişim Tarihi: 08.10.2021).

Türk Sivil Havacılık Kanunu, 2920 no'lu kanun 14.10.1983, <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.2920.pdf>, (Erişim Tarihi: 10.10.2021).

İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Ayrılmış Hava Sahalarındaki Operasyonlarının Usul ve Esaslarına İlişkin Talimat (SHT-İHA), (30.10.2013), <http://web.shgm.gov.tr/tr/s/2021-insansiz-hava-araci-sistemlerinin-ayrilmis-hava-sahalarındaki-operasyonlarının-usul-ve-esaslarına-iliskin-talimat-sht-ih>, (Erişim Tarihi: 10.10.2021).

## İnternet Adresleri

Alden C, Fiala L, Krol E & Whittle R (2020). Wings along the BRI: exporting Chinese UAVs and security? <https://www.lse.ac.uk/ideas/publications/updates/wings-along-the-bri>. 3-12. (Erişim Tarihi: 1.12.2021).

Demirkıran Z K (Aralık 2010). Uçan Torpidodan Günümüze İnsansız Hava Araçlarının Gelişimi. TÜBİTAK Bilim ve Teknik, <https://e-dergi.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf?dergiKodu=4&cilt=44&sayi=719&sayfa=28&yaziid=31054>, (Erişim Tarihi: 28.09.2021).

Han B C (2020, 15 Nisan). Viral Olağanüstü Hal ve Yarının Dünyası. Terrabayt, <https://terrabayt.com/dusunce/viral-olaganustu-hal-ve-yarinin-dunyasi/>, (Erişim Tarihi: 05.12.2021)

HRW Q & A: US Targeted Killings and International Law (19.12.2011), <https://www.hrw.org/news/2011/12/19/q-us-targeted-killings-and-international-law#5.5%20How%20many%20people%20have%20US%20forces%20killed%20in%20targeted%20killings%20in%20recent%20years?>, (Erişim Tarihi: 11.10.2021).

HRW US: End CIA Drone Attacks (19.12.2011), <https://www.hrw.org/news/2011/12/19/us-end-cia-drone-attacks>, (Erişim Tarihi: 11.10.2021).

ICAO Circular (2011). Unmanned Aircraft Systems (UAS). [https://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328\\_en.pdf](https://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_en.pdf), (Erişim Tarihi: 10.10.2021).

İnsansız Hava Araçlarında Elektronik Harp Uygulamaları (2021). ThinkTech STM Teknolojik Düşünce Merkezi, [https://thinktech.stm.com.tr/uploads/docs/1619620343\\_stm-insansiz-hava-araclarinda-elektronik-harp.pdf](https://thinktech.stm.com.tr/uploads/docs/1619620343_stm-insansiz-hava-araclarinda-elektronik-harp.pdf), (Erişim Tarihi: 12.10.2021).

Tadiran Mastiff Unmanned Aerial Vehicle (UAV) (1981), [https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft\\_id=901](https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft_id=901), (Erişim Tarihi: 06.10.2021).

TÜBİTAK ve İSTKA (2020). Otonom ve Bağlantılı Araç Teknolojileri Geliştirme, Eğitim ve Test Altyapısı Projesi Raporu. <https://www.istka.org.tr/media/132494/otonom-ba%20%20Flant%20%20B1%20%20B1-ve%20%20onsans%20%20B1z-ara%20%20A7-ve-teknolojileri-i%20%20A7in-test-geli%20%20Ftirme-ve-e%20%20Fitim-altyap%20%20B1s%20%20B1-projesi-raporu.pdf>, (Erişim Tarihi: 06.10.2021)

Xiaoci D & Xuanzum L (13.01.2021). China's WJ-700 drone completes maiden flight, creates new drone combat pattern, <https://www.globaltimes.cn/page/202101/1212699.shtml>, (Erişim Tarihi: 04.12.2021).

URL-1 <https://www.northropgrumman.com/what-we-do/air/global-hawk/>, (Erişim Tarihi: 06.10.2021).

URL-2 <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-47475272>, (Erişim Tarihi: 06.10.2021).

URL-3 [https://www.faa.gov/about/history/brief\\_history/#birth](https://www.faa.gov/about/history/brief_history/#birth), (Erişim Tarihi: 10.10.2021).

URL-4 [https://en.wikipedia.org/wiki/RAE\\_Larynx](https://en.wikipedia.org/wiki/RAE_Larynx), (Erişim Tarihi: 05.12.2021).

URL-5 [https://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed\\_MQM-105\\_Aquila](https://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed_MQM-105_Aquila), (Erişim Tarihi: 05.12.2021).

URL-6 [https://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed\\_U-2](https://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed_U-2), (Erişim Tarihi: 05.12.2021).

URL-7 [https://en.wikipedia.org/wiki/Tadiran\\_Mastiff](https://en.wikipedia.org/wiki/Tadiran_Mastiff), (Erişim Tarihi: 05.12.2021).

URL-8 [https://tr.wikipedia.org/wiki/General\\_Atomics\\_MQ-9\\_Reaper](https://tr.wikipedia.org/wiki/General_Atomics_MQ-9_Reaper), (Erişim Tarihi: 05.12.2021).

URL-9 [https://tr.wikipedia.org/wiki/RQ-4\\_Global\\_Hawk](https://tr.wikipedia.org/wiki/RQ-4_Global_Hawk), (Erişim Tarihi: 05.12.2021).

URL-10 <https://www.savunmatr.com/savunma-sanayii/cezayir-den-24-adet-wing-loong-2-siha-siparisi-h14621.html>, (Erişim Tarihi: 05.12.2021).



© Author(s) 2021.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



## Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tiha>

e-ISSN 2687-6094



### SenseFly eBeeX İHA İle Üretilen Ortofotonun Konum Doğruluğunun İncelenmesi

Alper AKAR<sup>\*1</sup>, Özlem AKAR<sup>1</sup>, Halim Ferit BAYATA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Harita ve Kadastro Programı, Erzincan, Türkiye

<sup>2</sup> Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Erzincan, Türkiye

#### Anahtar Kelimeler

İHA,  
Ortofoto,  
Fotogrametri,  
GZK.

#### ÖZ

Son yıllarda insansız hava araçlarının (İHA), hem yüksek konumsal çözünürlükte hem de çok bantlı görüntü sağlaması sayesinde bu araçların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Klasik fotogrametrik haritalama yöntemlerine göre İHA' ların haritalama maliyetinin düşük olması, istenilen zaman ve sıklıkta görüntü elde edilebilmesi, kullanıcılar için bu araçların daha çok tercih edilmesini sağlamaktadır. Bunun yanında günümüzde İHA' lara gerçek zamanlı kinematik (GZK) konumlandırma sistemleri de takılabilmekte ve bu sayede hassas konum bilgisine sahip görüntüler elde edilebilmektedir. Bu da İHA ile üretilen fotogrametrik ürünlerin doğruluğunun, yersel ölçme yöntemleri ile elde edilen sonuçlara daha yakın olmasını mümkün kılmaktadır. Yapılan çalışmada Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Yalnızbağ Yerleşkesi için SenseFly eBeeX İHA ile üretilen ortofotonun konum doğruluğunun araştırılması amaçlanmıştır. Üretilen ortofotonun konum doğruluğu için çalışma alanına rasgele ve homojen olarak dağılmış 100 nokta, görüntü üzerinde işaretlenmiştir. Bu noktaların hem hâlihazır harita üzerinden hem de ortofoto üzerinden Y ve X koordinatları alınmış ve koordinat farklarından ortofotonun konum doğruluğu hesaplanmıştır. Sonuç olarak üretilen ortofotonun konum doğruluğu Y ve X yönlerinde  $m_y = \pm 1.0$  cm,  $m_x = \pm 0.8$  cm, yatayda ise  $m_k = \pm 1.3$  cm olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç bize üretilen ortofotonun birçok mühendislik projesinde altlık olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

### Investigation of Position Accuracy of Orthophoto Produced by SenseFly eBeeX UAV

#### Keywords

UAV,  
Orthophoto,  
Photogrammetry,  
Real-Time Kinematic.

#### ABSTRACT

In recent years, the use of unmanned aerial vehicles (UAV) has become increasingly widespread, thanks to providing both high spatial resolution and multi-band imagery. Compared to classical photogrammetric mapping methods, the low cost of mapping UAVs and the ability to obtain images at the desired time and frequency make these tools more preferred for users. In addition, real-time kinematics (RTK) positioning systems can be installed on UAVs, and images with precise location information can be obtained by this means. This makes it possible for the accuracy of photogrammetric products produced by UAVs to be closer to the results obtained by terrestrial measurement methods. In this study, orthophoto of Erzincan Binali Yıldırım University Yalnızbağ Campus was produced with SenseFly eBeeX UAV. In this study, it was aimed to investigate the position accuracy of the orthophoto produced by SenseFly eBeeX UAV for Erzincan Binali Yıldırım University Yalnızbağ Campus. For the location accuracy of the produced orthophoto, 100 points randomly and homogeneously distributed over the study area were marked on the image. The Y and X coordinates of these points were taken both on the current map and the orthophoto, and the position accuracy of the orthophoto was calculated from the coordinate differences. As a result, the position accuracy of the produced orthophoto was calculated as  $m_y = \pm 1.0$  cm,  $m_x = \pm 0.8$  cm in the Y and X directions, and  $m_k = \pm 1.3$  cm in the horizontal. This result has shown us that the orthophoto produced with the SenseFly eBeeX UAV can be used as a base in many engineering projects.

\* Sorumlu Yazar (\*Corresponding Author)

Kaynak Göster / Cite this article (APA);

<sup>\*</sup>(alperakar24@gmail.com) ORCID ID 0000-0003-4284-5928  
(oakar@erzincan.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-6381-4907  
(hfbayata@erzincan.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-8274-8888

Akar A, Akar Ö & Bayata H F (2021). SenseFly eBeeX İHA İle Üretilen Ortofotonun Konum Doğruluğunun İncelenmesi. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 3(2), 65-68.

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda, yüksek çözünürlükte ve çok bantlı görüntüler kullanılarak yapılan akademik çalışmalar ve üretilen projeler oldukça yaygınlaşmıştır. İHA' ların üretiminde yaşanan teknolojik gelişmelerin her geçen gün bu ihtiyacı karşılamaya başlamasının da etkisiyle, İHA' lara olan talep giderek artmaktadır. Günümüzde İHA' lar ormancılık, madencilik, haritacılık, tarım, fotogrametrik kadastro uygulamaları gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Shin vd., 2019, Werner vd., 2019, Marques Junior vd., 2020, Ulvi, 2018, Yakar vd., 2014; Manyoky, vd., 2011; Alptekin vd., 2019).

İHA' lar ile yapılan fotogrametrik çalışmalar, klasik hava fotogrametrisi ile yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlük olanakları sağladığı için kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır (Orhan vd., 2020; Avcı & Maraş, 2021). İHA' lar hava şartları müsait olduğu sürece herhangi bir çalışma alanına ait yüksek çözünürlükte görüntü almayı sağlayarak, uydu sistemleri ve klasik ölçme yöntemlerine nazaran maliyet ve zamandan kazanç sağlamaktadır. İHA' lar, uzaktan algılama ve uydu platformları ile karşılaştırıldıklarında, daha güncel haritalar üretilmesine imkân sağlamaktadır (Özcan, 2017; Erene & Yakar, 2012). Günümüzde İHA' larda gerçek zamanlı kinematik (GZK) konum üretebilen sistemlerin de olması, görüntülere daha hassas konum bilgisi tanımlanabilmesini sağlamaktadır. Bu sayede İHA kullanılarak üretilen fotogrametrik ürünlerin doğruluğu, yersel ölçme yöntemleri ile elde edilen doğruluk değerlerine yaklaşmıştır (Ulvi & Yakar, 2010; Remondino vd. 2011, Öztürk vd, 2017; Yılmaz vd., 2018).

Son yıllarda birçok kurum ve kuruluş tarafından CORS (Continuously Operating Reference Stations) olarak bilinen sabit GNSS referans istasyonu ağları kurulmuştur. Bu ağların kullanımının yaygınlaşması kullanıcılara anlık ve hassas konum elde etme gibi önemli faydalar sağlamaktadır. CORS sisteminde, veri aktarımı ve iletişim gerçek zamanlı hizmet verecek şekilde dizayn edilmiştir (Öcalan, 2015; Yakar vd., 2005; 2010). Türkiye'de CORS sistemi TUSAGA-Aktif ismiyle kurulmuş ve kullanıcılarına ağ-GZK mantığı ile hizmet vermektedir.

## 2. YÖNTEM

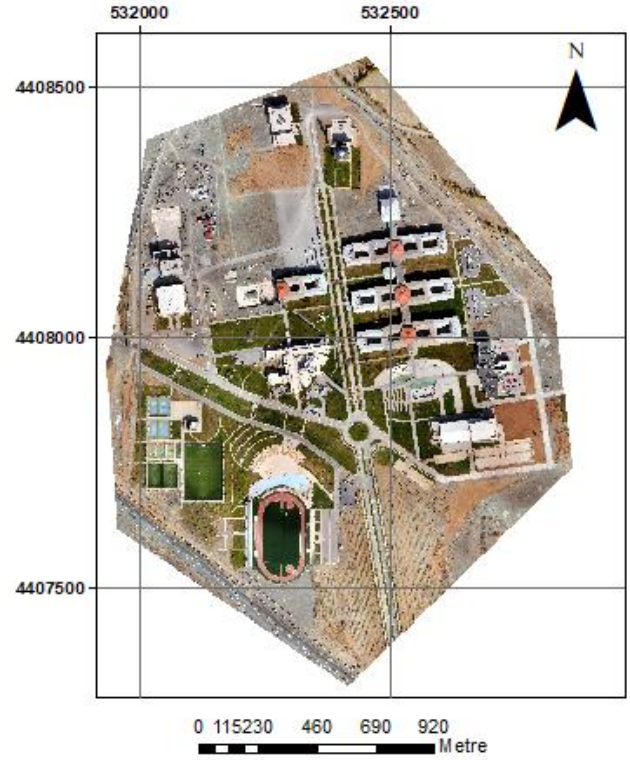
Çalışma alanına ait resimlerin çekimi öncesinde eMotion 3.2 programı kullanılarak çekim öncesi planlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Planlamada uçağın kalkış ve iniş yerlerinin seçimi, enine ve boyuna bindirme oranı, uçuş yüksekliği, çözünürlük bilgileri ve uçuş rota bilgileri yer almaktadır. Planlama sonrasında SenseFly eBeeX İHA ile resim çekim işlemi yapılarak arazi çalışması tamamlanmıştır. Çekim işleminin tamamlanmasının ardından resimler bilgisayara aktarılmıştır. PIX4Dmapper programı ile aktarılan resimler değerlendirilerek ortofoto üretilmiştir. Kampüs alanına ait hâlihazır harita üzerinden kampüs alanına homojen olarak dağılmış 100 adet nokta rasgele seçilerek noktaların konum bilgileri alınmıştır. Daha sonra ortofoto Arcgis programında açılarak seçilen referans noktalarının koordinatları ortofoto üzerinden de alınarak koordinatlar arasındaki fark değerleri

belirlenmiştir. Son olarak bu fark değerleri kullanılarak ortofotonun konum hassasiyeti hesaplanmıştır.

## 3. UYGULAMA

### 3.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Yalnızbağ Yerleşkesi seçilmiştir. Yerleşke Erzincan il merkezi sınırları içerisinde yer alıp il merkezine yaklaşık 13 km uzaktadır. Çalışma alanı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı

### 3.2. Kullanılan Veri ve Özellikleri

Çalışmada SenseFly eBeeX İHA kullanılmıştır. SenseFly eBeeX İHA 116 cm kanat açıklığına sahip 1.7 kg ağırlığındadır. İHA, bataryasıyla tek uçuşta 500 ha alanı ölçebilmektedir. GZK/HNK (hassas nokta konumlama) seçeneği ile yüksek konumsal doğruluk elde edilebilmektedir. İHA 40 ile 110 km aralığında hızla uçabilmekte, 12.8 m/s ye kadar rüzgârda uçuşunu gerçekleştirebilmektedir.

Resim çekim işlemine başlamadan önce eMotion programında uçuş planlaması yapılır. Planlamada iniş ve kalkış noktaları, çalışma alanının sınırları, enine ve boyuna bindirme oranları ve uçuş yüksekliği belirlenir. Seçilen bilgilere göre program çekeceği fotoğraf sayısını ve takip edeceği güzergâhı belirler. Güzergâh takibi İHA üzerindeki GNSS alıcısı sayesinde olmaktadır. Çalışma alanına ait resimler senseFly S.O.D.A. kamera ile çekilmiştir. Kamera 20 mega piksel çözünürlükte olup 10.6mm odak uzaklığına sahiptir.

### 3.3. Ortofoto Üretimi ve Doğruluk Analizi

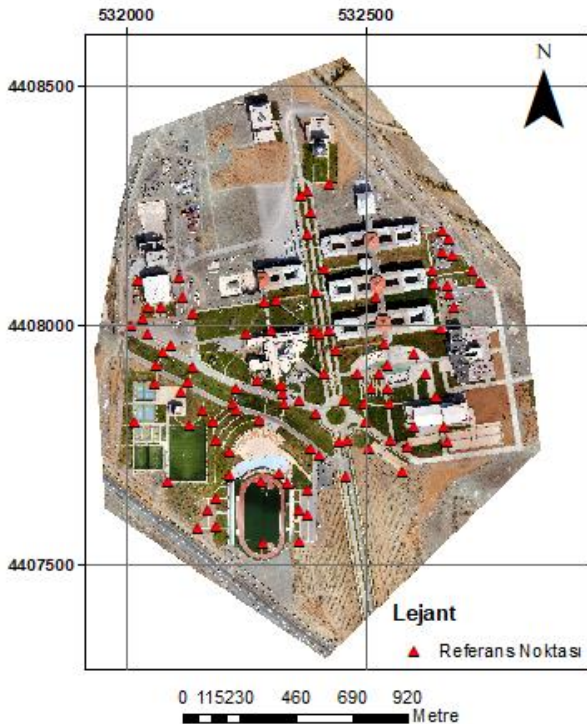
Çalışma alanı toplam 116.5 hektar alanı kapsamaktadır. İlk önce eMotion programında uçuş öncesi planlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Çekim alanı sınırları belirlendikten sonra çekimin 220m yükseklikten, %70 enine ve %70 boyuna bindirme oranı ile yapılması planlanmıştır.

Yapılan planlama İHA'ya eMotion programı üzerinden gönderilmiş ve TUSAGA-Aktif bağlantısı da sağlandıktan sonra uçuş işlemine geçilmiştir. Uçuş süresi 35 dakikada tamamlanmış olup toplamda 281 adet renkli hava fotoğrafının çekim işlemi gerçekleştirilmiştir.

Uçuş işlemi sonrasında veriler bilgisayara aktararak resimlerin değerlendirilmesi işlemine geçilmiştir. Resimler PIX4Dmapper programında değerlendirilerek ortofoto üretilmiştir. Değerlendirme sonrası yer örnekleme aralığı (YÖA/GSD) 5.61 cm olarak elde edilmiştir. Ortofoto üretildikten sonra kampüs alanına ait hâlihazır harita üzerinden homojen olarak dağılmış 100 adet nokta rasgele belirlenmiştir. Bu noktaların Y ve X değerleri kesin değer kabul edilmiştir. Daha sonra üretilen ortofoto ArcGIS programında açılarak koordinat okumaları ortofoto üzerinden de yapılmıştır. Hâlihazır harita üzerinden alınan noktalar referans noktası, ortofoto üzerinden alınan noktalarda test noktası olarak kabul edilerek referans ve test noktalarının koordinatlarının farkları hesaplanmıştır. Bu farklar kullanılarak konum hataları Y ve X yönlerinde sırasıyla  $m_y$ ,  $m_x$  ve yataydaki konum hatası  $m_k$  hesaplanmıştır (Eşitlik 1).

$$m_y = \sqrt{\frac{[\Delta y]^2}{n}} \quad m_x = \sqrt{\frac{[\Delta x]^2}{n}} \quad m_k = \sqrt{m_y^2 + m_x^2} \quad (1)$$

Aşağıdaki şekilde koordinat okuması yapılan noktalarının çalışma alanına dağılımı gösterilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Noktaların çalışma alanına dağılımı

### 4. BULGULAR

SenseFly eBeeX İHA ile Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Yalnızbağ Yerleşkesinin fotoğrafları çekilmiş ve ortofotosu üretilmiştir. Yerleşkenin hâlihazır haritası üzerinden seçilen noktaların koordinatları ile üretilen ortofotonun üzerinden seçilen aynı noktaların koordinat farkları kullanılarak üretilen ortofotonun konum hassasiyeti değerlendirilmiştir. Bu farklar kullanılarak hesaplanan konum hataları Y ve X yönlerinde sırasıyla  $m_y = \pm 1.0$  cm ve  $m_x = \pm 0.8$  cm olarak belirlenmiştir. Yataydaki konum hatası  $m_k = \pm 1.3$  cm olarak hesaplanmıştır.

### 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada SenseFly eBeeX İHA kullanılarak üretilen ortofotonun konum hassasiyeti irdelenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonrasında üretilen ortofotonun konum doğruluğu Y ve X yönlerinde sırası ile  $m_y = \pm 1.0$  cm,  $m_x = \pm 0.8$  cm, yatayda ise  $m_k = \pm 1.3$  cm olarak hesaplanmıştır. Elde edilen değerler harita üretiminde referans olarak kabul edilen Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nde belirtilen tecviz sınırları içerisinde kalmaktadır. Yönetmeliğe göre bu değerler 1/1000 ölçekli ortofoto harita üretimi için yeterlidir. Bu nedenle üretilen ortofotonun birçok mühendislik projesinde rahatlıkla kullanılacağı söylenebilir. Düşük maliyetli, hızlı, vektör veri üretilmesine imkân sağlaması yanında yüksek çözünürlükte güncel arazi görüntüsünü de sağlaması sayesinde insansız hava araçları, küçük alanların haritalanması çalışmalarında tercih edilebilir. Daha sonraki çalışmalarda yataydaki konum doğruluğunun yanı sıra düşeydeki konumsal doğruluk da incelenecektir.

### Bilgilendirme/Teşekkür

Ortofotonun üretilmesinde kullanılan hava fotoğraflarını tarafımıza sağlayan Paksoy Teknik Hizmetler Tic. Ltd. Şti. ye teşekkür ederiz.

### Yazarların Katkısı

Yazarlardan **Alper AKAR** arazi çalışmalarına, doğruluk analizine ve makale yazımına, **Özlem AKAR** ortofoto haritanın üretimine, doğruluk analizine ve makalenin yazımına, **Halim Ferit BAYATA'** da arazi çalışmalarına ve makalenin yazımına katkı sağlamışlardır.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## KAYNAKÇA

- Alptekin A, Çelik M Ö, Doğan Y & Yakar M (2019). Mapping of a Rockfall Site With an Unmanned Aerial Vehicle. *Mersin Photogrammetry Journal*, 1(1), 12-16.
- Avcı H & Maraş E E (2021). Dağlık, Engebeli Arazilerde İnsansız Hava Araçları İle Fotogrametrik Veri Üretiminde Doğruluk Araştırması: Yusufeli Barajı Örneği. *Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering*, 21(2), 382-398. <https://doi.org/10.35414/akufemubid.820829>
- Erener A & Yakar M (2012). Monitoring Coastline Change Using Remote Sensing and GIS Technologies. *Lecture Notes Inform Technol*, 30, 310-314.
- Manyoky M, Theiler P, Steudler D & Eisenbeiss H (2011). Unmanned aerial vehicle in cadastral applications. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII(1/C22), 57-62. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000041977>
- Marques Junior A, Maria De Castro D, Guimarães T T, Inocencio L C, Veronez M R, Mauad F F & Gonzaga Jr L (2020). Statistical assessment of cartographic product from photogrammetry and fixed-wing UAV acquisition. *European Journal of Remote Sensing*, 53(1), 27-39.
- Öcalan T (2015). GNSS Ağlarında GPS Hassas Nokta Konumlama (GPS-PPP) Tekniği Yaklaşımli Çözümler. Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 177.
- Özcan O (2017). İnsansız Hava Aracı (İHA) ile Farklı Yüksekliklerden Üretilen Sayısal Yüzey Modellerinin (SYM) Doğruluk Analizi. *Mühendislik ve Yer Bilimleri Dergisi*, 2(1), 1-7.
- Öztürk O, Bilgilioğlu B B, Çelik M F, Bilgilioğlu S S & Raşit U (2017). İnsansız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri İle Ortofoto Üretiminde Yükseklik ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması. *Geomatik Dergisi*, 2(3), 135-142.
- Remondino F, Barazzetti L, Nex F, Scaioni M & Sarazzi D (2011). UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling-current status and future perspectives. *International archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 38(1/C22), 25-31. doi:10.5194/isprsarchives-XXXVIII-5191-C5122-5125- 2011.
- Shin J, Seo W, Kim T, Park J & Woo C (2019). Using UAV Multispectral Images for Classification of Forest Burn Severity - A Case Study of the 2019 Gangneung Forest Fire. *Forests*, 10(11), 1025. <https://doi.org/10.3390/f10111025>
- Orhan O, Yakar M & Ekercin S (2020). An application on sinkhole susceptibility mapping by integrating remote sensing and geographic information systems. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(17), 1-17.
- Ulvi A & Yakar M (2010). An experimental study on preparing photogrammetric rolove plans of antique theatres. *International Journal of Physical Sciences*, 5(7), 1086-1092.
- Ulvi A (2018). Analysis of the Utility Of The Unmanned Aerial Vehiele (UAV) in Volume Caleulation by Using Photogrammetrie Teehniques. *International Journal of Engineering and Geoseienees*, 3(2), 43-49. <https://doi.org/10.26833/ijeg.377080>
- Werner T, Bebbington A & Gregory G (2019). Assessing impacts of mining: Recent contributions from GIS and remote sensing. *The Extractive Industries Society*, 6(3), 993-1012. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2019.06.01>
- Yakar M, Yıldız F & Yılmaz H M (2005). Tarihi ve Kültürel Mirasların Belgelenmesinde Jeodezi Fotogrametri Mühendislerinin Rolü. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 10.
- Yakar M, Yılmaz H M & Mutluoğlu O (2014). Performance of photogrammetric and terrestrial laser scanning methods in volume computing of excavation and filling areas. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 39, 387-394. <https://doi.org/10.1007/s13369-013-0853-1>
- Yakar M, Yılmaz H M & Mutluoğlu Ö (2010). Comparative evaluation of excavation volume by TLS and total topographic station based methods. *Lasers in Eng*, 19, 331-345.
- Yılmaz H M, Mutluoğlu Ö, Ulvi A, Yaman A & Bilgilioğlu S S (2018). İnsansız Hava Aracı ile Ortofoto Üretimi ve Aksaray Kampüsü Örneği. *Geomatik Dergisi*, 3(2), 129-136.



© Author(s) 2021.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



## Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tiha>

e-ISSN 2687-6094



### Eye of the farmer in the sky: Drones

Sabri Gül\*<sup>1</sup>, Yusuf Ziya Güzey<sup>1</sup>, Hakan Yıldırım<sup>1</sup>, Mahmut Keskin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hatay Mustafa Kemal University, Agricultural Faculty, Department of Animal Science, Hatay, Turkey

#### Keywords

Precision agriculture,  
Agriculture 5.0,  
Unmanned aerial vehicles,  
livestock management.

#### ABSTRACT

Mankind develops new technics and technologies constantly to have a better life. In this way, powerful machines and robotic systems replace human and animal labour in agriculture. Animal husbandry, which is a part of agricultural activity in our country, is mostly carried out in rural areas due to its nature. Goat breeding, in particular, is carried out in highlands, scrub and forest lands and under extensive conditions. Qualified shepherd employment is an important handicap in sheep and goat breeding. Agricultural enterprises are also faced with a manpower deficit due to the decrease in the rural population. Remote sensing systems have been developed and used for about 100 years to support and enhance agricultural activities. In this study, the importance of unmanned aerial vehicles in terms of animal husbandry is mentioned and it is emphasized that they should be taken into consideration in future agricultural projections.

### Çiftçinin Gökteki Gözü: Drone

#### Anahtar Kelimeler

Hassas tarım,  
Tarım 5.0,  
İnsansız hava aracı,  
Çiftlik yönetimi.

#### ÖZ

İnsanoğlu, daha iyi bir yaşama sahip olmak için sürekli olarak yeni teknikler ve teknolojiler geliştirmektedir. Böylelikle güçlü makineler ve robotik sistemler, tarımda insan ve hayvan işgücünün yerini almaktadır. Ülkemizde tarımsal faaliyetin bir parçası olan hayvancılık, doğası gereği daha çok kırsal kesimde yapılmaktadır. Küçükbaş hayvan yetiştiriciliği özellikle yaylalarda, maki ve ormanlık alanlarda ve geniş koşullarda yapılmaktadır. Koyun ve keçi yetiştiriciliğinde nitelikli çoban istihdamı önemli bir sorundur. Tarımsal işletmelerde kırsal nüfusun azalması nedeniyle insan gücü açığı ile karşı karşıyadır. Uzaktan algılama sistemleri, tarımsal faaliyetleri desteklemek ve iyileştirmek için 1930'lardan beri geliştirilmiş ve kullanılmaktadır. Bu çalışmada insansız hava araçlarının hayvancılık açısından öneminden bahsedilmiş ve gelecekteki tarımsal projeksiyonlarda dikkate alınması hususu vurgulanmıştır.

\* Sorumlu Yazar (\*Corresponding Author)

Kaynak Göster / Cite this article (APA);

(sabrighul@gmail.com) ORCID ID 0000-0001-6787-8190  
(yuzguzey@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-4900-6038  
(hakanyild@gmail.com) ORCID ID 0000-0003-3480-6013  
(mkeskin@mku.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-8147-2477

Gül S, Güzey Y Z, Yıldırım H & Keskin M (2021). Eye of the farmer in the sky: Drones. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 3(2), 69-77.

## 1. INTRODUCTION

Satellites have been scanning fields since 1930s, collecting data such as spectral reflection and temperature, and reporting to farmers. Crop health and water consumption of the plant can be understood through this information (Kulbacki et al., 2018).

Unmanned aerial vehicles (UAV) have been used in many areas in recent years. UAV is an aircraft that uses aerodynamic forces to hold a non-pilot vehicle in the air and is flown by an external pilot, either pre-programmed or by ground command (Xiang & Tian, 2011; Albani et al., 2017; Gonzalez-de Santos et al., 2017; de Castro et al., 2018).

Drones, which were previously invented and developed for hobby purposes, have become effective in many areas via the equipment such as cameras and sensors they carry, today. These vehicles are also used for gathering information and locating, have become indispensable for the defence industry. The use of drones was not limited to these areas, but also managed to enter other areas of life. The use of drones in agriculture is on the rise in disaster risk reduction (Luo et al., 2019), early warning systems (Ju et al., 2018; Hunt, 2014), crop production (Reinecke and Prinsloo, 2017, Söffker, 2019), fishing (Harris et al., 2019), forestry and wildlife protection (Chrétien and 2015; Aydemir, 2019). Drone technology provides a hi-tech transformation to the agricultural industry via real-time data collection such as soil and field analysis (Kulbacki, 2018), planting (Malamiri, 2021), crop spraying (Gonzalez-de-Santos, 2017), crop monitoring (Lottes, 2017), irrigation (Abbas et al., 2019), yield estimation and planning (Banhazi et al., 2009), and strategy based on processing (Alsalam et al., 2017).

These remote-controlled vehicles are among the tools preferred by ecologists for the analysis, evaluation and preparation of reports of the situation in the ecosystem. Although environmental activities are carried out with experts, they are one step ahead with the advantage of making fewer mistakes and being faster (Van Henten et al., 2002, Slaughter et al., 2008, Xiang & Tian, 2011; Xue et al., 2017, Alsalam et al., 2017, Albani et al., 2017; Lottes et al., 2017; Gonzalez-de Santos et al., 2017, de Castro et al., 2018).

Unmanned aerial vehicles came into use for agricultural purposes under the leadership of Japan in the 80s. Many countries including the USA, UK, China and New Zealand has adapted this technology afterwards, particularly in precision farming and herd management practices (Hunt et al., 2014; Tripicchio et al., 2015; Beloev, 2016; Hogan et al., 2017; Zhang et al., 2019). During these periods, drones and tractors were optimized by the integration of a GPS navigation system and obtained data for product management strategies (Wathes et al., 2008; Bramley, 2009).

Precision livestock management could be defined as an activity that uses engineering principles and technologies more effectively in animal farming (Frost et al., 1997; Wathes et al., 2008; Berckmans, 2008; Banhazi & Black, 2009). The systems used in this technology enables monitoring individual and group behaviours, the emergence of diseases, reproductive activities in the

herd and measuring variations between individuals and animal groups over time.

UAVs, equipped with advanced sensors, can capture high resolution spatial and temporal images with the Internet of Things (IoT) based detection systems. Various types of sensors are available for UAVs, depending on product parameters (Lagkas et al., 2018). Sensors can be diversified according to the payload and requirements of the drone. The main criteria here are weight, energy consumption and size.

## 2. DRONES

Four main UAV types, according to the classification for wing and propeller structures, are fixed-wing, single rotor, multiple rotor and hybrid. Evaluations for cost, power source, and base material could carry out for each class. However, vertical landing and take-off, durability and payload capacities are also important for animal husbandry purposes. Therefore, here is drone technology has been taken into consideration.

### 2.1. Drone Technology

#### 2.1.1. Hardware

A drone consists of a support structure, body, battery, rotors, sensors and a control board.

Communication can be established between the animal and the UAV with an RFID or a sensor box placed on the animal. The sensor box mostly contains a GPS module, sensor (e.g. 9-axis sensor), memory card (e.g. microSD), microchip and a communication protocol (e.g. SPI) and a battery (Krajnik et al., 2011).

#### 2.1.2. Software

Drone software not only provides communication but also helps the pilot to perform manoeuvres (Krajnik et al., 2011).

### 2.2. Pros of UAVs

**Limited restrictions:** An unmanned aircraft can move independently of physical constraints such as roads, paths or obstacles.

**Shorter travel distance:** The shortest distance between two points is a line. Similarly, UAVs can move linearly between two points. This movement pattern of course depends on the wing/rotor type of the drone.

**Use in the dark:** Compared to vehicles controlled by humans, autonomous UAVs can fly at default routes, even at near-zero visibility, such as in pitch darkness or thick fog.

**Saving on time and labour:** All activities such as counting, monitoring and gathering animals require extra labour and time.

**Cost:** Costs also decrease as a result of the reduced labour.

**Aerial photography:** Farmers will be able to get a bird's eye view of the desired area using drones.



### 2.3. Cons And Proposed Solutions

**Weather dependency:** Environmental factors such as strong winds, fog and rain can affect the use of drones. Moreover, raptors, trees, power lines are other obstacles that adversely affect or even block the flight of drones. A drone totters in the wind, cannot get a clear image. Simple measures can help to eliminate these obstacles. Otherwise, if a dropped drone becomes unusable or cannot be found in dense bushes, it will result in financial losses.

**Battery:** Battery technology limits the flight time of the drone. However, battery charging may not be available in the field. This will create a serious problem in day-long observations and herd management. One of the first measures to be taken in these cases is to have a spare battery. In addition, an appropriate solar panel with battery charger or solar panels placed on the drone can help overcome this problem.

**Pilot errors:** Using drones requires some skill and expertise. Moreover, knowledge of hardware is also required.

**Legal permit and authorization for flight:** In Turkey, a drone license is issued by the General Directorate of Civil Aviation and these activities are carried out under legal instructions like other countries (Tsiamis et al., 2019). However, no legal instructions and legislations are available for the use of drones in rural areas for animal husbandry. Legal regulations on this subject should be prepared as soon as possible.

**Drone prices:** The prices of drones are at a level that can bring serious costs to small businesses. Particularly high-quality sensors and cameras and additional equipment increase the costs even more. For high-income businesses, it is a profitable investment with a high initial cost. Including regions within the scope of investment and making them attractive with grants or other supports will solve the problem so that businesses at every level can benefit.

**Spare part and Service:** Service facilities in many agricultural tools and equipment are available on a regional basis. Drone spare parts and service networks, which are a new technology and are becoming widespread, will also expand depending on the need. Customer services can help to solve basic problems in the first place.

**Flight distance:** Flight time and distance of a drone are limited due to the battery and low signalling characteristics. These problems will hopefully be prevented shortly with the developing battery technology. Moreover, drones will be able to fly in wider areas with satellite connection. In this way, the farmer will be able to fly more comfortably and safely from high ground.

**Ethics and privacy:** Although animal husbandry is commonly carried out in rural areas, people may feel uncomfortable with a drone flying over. However, as flight safety can be violated by jammers, such devices are also open to pirate attacks.

**Payload:** Depending on the rotor type, a drone's payload can vary and the amount of that payload directly affects the battery life and therefore the flight distance. The payload capacity also depends on the sensors and processing technologies mounted on the drone.

**Farmer's bias:** Technology bias will appear as an obstacle to the integration of drones into agricultural activities.

**Connectivity:** Goat breeding is common in areas where wi-fi connection is weak or even not available at all. This situation also increases costs for the farmer.

**Data processing efficiency:** The software is of great importance in terms of data processing efficiency at all stages from planning the flight route to photo processing. Since UAV technology is a newly developing technology, efficient technologies in terms of data collection and processing should be developed.

### 2.4. Sensors to be attached to UAS

#### 2.4.1. Cameras

**Visible Light Sensors (RGB):** These are the most popular sensors used in agricultural practices. RGB sensors generate real colour using the base components (red, green and blue) of the spectrum (Barbedo & Koenigkan 2018; Maddikunta et al. 2020).

**Thermal:** It is a type of camera that detects changes in temperature using a long-wavelength infrared band and have much lower spatial resolution than other sensor types. Their general purpose is to locate living things as they have a higher temperature than their environment. Therefore, advantage of thermal cameras is that they can be used especially at night to detect farm animals or wild animals (Chabot et al., 2015; Linchant et al., 2015; Longmore et al., 2017; Miller et al., 2017; Witczuk et al., 2018).

**Multispectral:** These sensors capture images as bands at specific wavelengths in the infrared region (mostly vegetation) along with RGB bands and even thermal band (animals) and could be optimized with NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) so it will be possible to identify and count animals. (Terletzky et al., 2012). This type of sensors has lower spatial resolution than RGB ones (Chabot & Bird 2015).

**Hyperspectral:** Hyperspectral sensors capture images at a higher spectral resolution than multispectral sensors, at a certain wavelength range. This type of sensors enables the determination of diseases, animal counting and identification of breeds (Barbedo & Koenigkan 2018; Maddikunta et al. 2020).

**Video cameras:** These type of sensors, which are easy to use, provide a single output file and more suitable for movement detection and tracking individuals. Counting animals requires the use of high-resolution sensors (Chabot & Bird, 2015; Fang et al., 2016).

**LiDAR:** This type of sensors can be defined as a combination of light and radar technologies and provides information about the surface structure and distance through the laser beams it sends on the object (van der Merwe et al., 2020).

**Broadband colour-infrared:** It is a modification of RGB sensors. This type of sensors isolate near-infrared light in a single channel and capture visible light in the two remaining channels (Van der Merwe et al., 2020).

### 3. UAS

Typically, a UAS consists of UAV for take-off with propulsion systems, GPS systems and hardware, and sensors and cameras.

#### 3.1. Use of sensors and cameras in agriculture

Drones have served various purposes since the day they into our lives. Drones used for military purposes during the First World War also performed tasks such as tracking, espial and mapping. (Yeşilay & Macit, 2020). Depending on the developing technology, it serves in many areas of life today. With the increasing environmental awareness, studies in recent years focus on the protection of natural life (İsrail, 2011; Franke et al., 2012; Vermeulen et al., 2013; Mulero-Pa'zma'ny et al., 2014; Chabot & Bird, 2015; Lhoest et al., 2015; Linchant et al., 2015; Chre'tien et al., 2015-2016; Christie et al., 2016; Gonzalez et al., 2016; Witczuk et al., 2018). Aydemir (2019), stated that the sound of the drone induce hiding individuals to come visible and so make it easier to determine herd inventory. The researcher detected the safe approach distance with the drone as 30m and thermal cameras make it easier to locate wild goats. Therefore, accurate detection of population sizes will make it possible to plan sustainable wildlife hunting. Schroeder et al. (2020), reported that drones are more effective than humans in the behaviour and counting of Llamas. Brisson-Curadeau et al. (2017), stated that drones are more effective in the counting of sea birds. Bhusal et al. (2019), reported a 70-90% better classification rate for counting and identification of bird species. Hodgson et al. (2017), stated that drones are better than human in tracking natural life.

#### 3.2. Use of Drones in Plant Production

Drones and robotic systems are used extensively for various purposes in agriculture in many countries of the world (Cortes et al., 2004, Hussein & Stipanovic, 2007; Pimenta et al., 2008, Cheng & Savkin, 2009; Schwager et al., 2009, Cheng & Savkin, 2011, Savkin et al., 2015, Ju & Son, 2018). Various reports on crop harvesting and detection of disease by using sensors mounted on drones and robots are available (Mohanty et al., 2016). Some researches are as follows;

Afonso et al. (2019), detected dickeya and pectobacterium pathogens on potatoes at a rate of 95% using a combination of an algorithm they built and an image processing technique.

Tripicchio et al. (2015) reported a way to determine soil layers and properties by an image processing algorithm they built. Majeed et al. (2019) found that the algorithm they developed on the image processing technique to solve the problems in green twig pruning in vineyards is faster and more effective than the work done by humans. Polder et al. (2019) reported that the video image processing technique they developed to detect the Tulip Break virus that damages tulips is more effective than humans. Abbas et al. (2019) found that the problems can be solved easily with the algorithm and image processing technique developed to detect the problems in irrigation channels. Mitsuashi et al. (2019),

planned to use an algorithm developed in lettuce harvesting. As a result of the study, researchers reported a better detection of harvesting size in lettuce than human. Xie et al. (2019) determined the success of grading and classification according to the colour scale in carrots with the image processing technique as 96.67%. The image processing technique developed for the harvesting of products that have reached the appropriate size and colour in various plants can be safely used (Zapetony-Andersen & Lehnet 2019, Kennedy et al., 2019, Zhang et al., 2019). Söfker et al. (2019) determined that the image-processing model they developed to monitor vegetative growth and determine the water requirement in the corn plant can be applied safely.

All these researches prove that in almost every field of plant production, the cultivation and harvesting processes can be monitored or performed with camera and sensor systems mounted on drones or robots.

#### 3.3. Use of drones in livestock production

New paradigms have been developed on drones to ensure sustainability, reduce labour force, increase farm productivity and quality, and make future predictions in modern enterprises, where more sensitive agriculture is practised. Producers can monitor their facilities digitally and evaluate the data they obtain more objectively using this technology. Drones can display and process terrain data with their geolocation features and high-resolution cameras. (Gnip et al., 2008; Reinecke & Prinsloo, 2017; O'Mahony et al., 2019; Malamari et al., 2021).

Various studies on the use of drones in animal husbandry such as counting, detection and management (Chamoso et al., 2014; Longmore et al., 2017; Jung & Ariyur, 2017), health control (Webb et al., 2017), grazing behaviour (Nyamuryekunge et al., 2016) are available. Beyond this, patents of this technology have been received (Horton & Vorpahl, 2017a, 2017b; Trumbull & Myrtle, 2017).

Qiao et al. (2019) conducted an identification study in cattle based on the face identification system. They reported that with the model developed as a result of this study, the cattle were successfully identified at a rate of 88-91%. Andrew et al. (2019) stated that with the software they developed, cattle grazing on the pasture could be identified biometrically. Barbedo & LV (2018), Barbedo et al. (2019 and 2020) and Rivos et al. (2019) reported that tracking and localization of the herd and individuals can be performed easily with cameras mounted on drones. Li & Xing (2019) stated that herd management can be performed with aid of cameras mounted on drones and artificial neural networks and image processing technologies. Jung & Ariyur (2017) rounded up a herd using noising devices mounted on drones.

Livestock farming is one of the most promising emerging markets for the drone industry. Regardless of the herd size or the geographical condition of the pasture, the mobility of the livestock can be safely monitored with drones, particularly in highlands. The daily activities of each animal can be followed through the sensors and RFID tags, attached to the animals. For example, this will enable early diagnosis of findings such as critical

deviations from the animal's activity of the previous day, temperature change in the body, detection of sick or injured animals, and the possibility of a health problem in the animal.

Unmanned aerial vehicles not only save time but also increase property awareness. Although every farmer knows to produce in one way or another, they also continue traditional farming methods. Farmers generally do not do the economic analysis of the business and they may not have sufficient information about diseases. However, drone technology will enable precision agriculture and enable producers to access a large data pool that they can plan by analysing the factors that directly affect the business, such as economy, disease and weather. The investment cost of this technology may be high at first, but feedback would be much more profitable.

Agriculture is a sustainable resource. As a branch of agriculture, livestock breeding aims at the proper care and feeding of animals. The pasture animals go; herbs they eat, health protection, prevention of diseases, precautionary actions, processing and marketing of the products obtained are among the main functions of animal husbandry. However, shepherd's crises and rising costs can create problems in finding labour. In such cases, these problems will be avoided by using robots and drones. Considering that animals spend a long time in the fields, pastures, forest edges and rough terrain, it takes time and effort to track herds. Conventional monitoring methods are performed by humans based on the identification of animals with their natural characteristics. In addition, bushy and rough terrain may limit the shepherd's range of movement and observation. Such situations can cause an increase in labour with the risk of lost animals. Drones will be able to identify individuals geographically with tags attached to animals and so prevent damages. This observation of animals in the pasture using drones could be performed by different methods. If the herd is travelling to a point far from the shelter, the drone is carried by the shepherd and the observation may be done from high ground. If the herd is close to the shelter, an autonomous drone can track the herd throughout the day. Drones can detect the condition of pastures as well as tracking animals. Alternating grazing in large pastures may be possible in this way. In addition, it is possible to take herds to places where pastures are strong.

Drones' flight times and hardware technology are constantly being studied. Flight times and camera properties have been improved especially utilizing the recent successes in the defence industry. Programming drones will result in significant savings in labour and time on farms. Drones can fly and collect images within a specified route for this purpose. The location of each animal can be determined with the tags attached to the animals. Animal losses will be prevented in this way. Drones will be able to observe not only in pastures but also in paddocks. Drones can monitor the most common oestrous behaviours in cattle. This system can also be used to monitor chickens in free-range egg production and to eliminate external dangers.

### 3.4. Farm Security

Herd management can be performed with shepherd dogs, who are the assistant and guardian of the shepherd on a farm. In herds with a large number of animals, the number of dogs should also be higher. Although it is not an important issue, the housing of the shepherd dogs come with expenses. By detecting the unusual movements of animals in the pasture, drones can control external attacks and direct the herd by making noise. It can warn against security threats by making routine patrol flights over the farm. A consistent flow of information can be achieved with wide-angle views of the farm environment. Drones can also be used to detect trespassing predators and illegal activities. By identifying creatures around the farm, drones can help to investigate potential disturbances, shorten the response time and keep farm personnel safer.

## 4. RESULTS

Scientists, industrialists, technology experts and developers make serious investments and take steps to make people's lives easier. Robotic systems equipped with advanced technology are still being used in many branches of agriculture, which are the basis of human life. It will be possible/essential soon to expand this technology, which is built on certain frameworks, and to use it in all areas of agriculture in an integrated manner. Along with the increase in living standards, the ageing of the population engaged in agriculture and the difficulties in the labour, the use of drones in the field of animal husbandry, especially in rural areas, is important in terms of food, health protection and security measures. Drone technologies need to become more effective depending on the breeding system. Scientific studies should be carried out for the optimization of existing technology. While ensuring that the breeders receive the necessary training, courses such as smart agriculture, drone use and maintenance should be added to the curriculum at the institutions, faculties and colleges that provide agricultural education, and sufficient training should be made compulsory.

### Author contributions

All authors contributed equally to the study.

### Conflicts of interest

The author declare no conflicts of interest.

### Statement of Research and Publication Ethics

The author declare that this study complies with Research and Publication Ethics

## REFERENCES

- Abbas M, Ali H & Muhammad A (2019). Autonomous canal following by a micro-aerial vehicle using deep CNN. *IFAC PapersOnLine*, 52(30), 243-250.

- Afonso M, Blok PM, Polder G, M J, van der Wolf & Kamp J (2019). Blackleg detection in potato plants using convolutional neural networks. *IFAC PapersOnLine*, 52(30), 6-11.
- Albani D, Youssef A, Suriani V, Nardi, D, Bloisi DD (2017). A deep learning approach for object recognition with NAO soccer robots. 20. RoboCup International Symposium, 4 July, Leipzig, Germany.
- Alsalam BHY, Morton K, Campell D & Gonzalez F (2017). Autonomous UAV with vision based on-board decision making for remote sensing and precision agriculture. *EEE Aerospace Conference*, 3-11 March, 1-11.
- Andrew W, Greatwood C & Burghardt T (2019). Aerial animal biometrics: Individual friesland cattle recovery and visual identification via an autonomous UAV with on board deep inference. *arXiv:1907.05310v1*.
- Aydemir Ş (2019). Yaban keçisi envanterinde kullanılan yöntemlerden noktada sayım tekniği ile dron kullanımının karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği, Anabilim Dalı, 54.
- Banhazi TM & Black JL (2009). Precision livestock farming: a suite of electronic systems to ensure the application of best practice management on livestock farms. *Australian Journal of Multi-disciplinary Engineering*, 7(1), 1-14.
- Barbedo JGA & Koenigkan LV (2018). Perspectives on the use of unmanned aerial systems to monitor cattle. *Outlook on Agriculture*, 47(3), 214-222.
- Barbedo JGA, Koenigkan LV, Santos TT & Santos PM (2019). A study on the detection of cattle in UAV images using deep learning. *Sensors*, 19, 5436. doi:10.3390/s19245436.
- Barbedo JGA, Koenigkan LV, Santos PM & Ribeiro ARB (2020). Counting cattle in UAV images-dealing with clustered animals and animal/background contrast changes. *Sensors*, 20, 2126. doi:10.3390/s20072126.
- Beloiev IH (2016). A review on current and emerging application possibilities for unmanned aerial vehicles. *Acta Technologica Agriculturae*, 19, 70-76.
- Berckmans D (2008). Precision livestock farming (PLF). *Computers and Electronics in Agriculture*, 62(1), 1.
- Bhusal S, Bhattarai U & Karkee M (2019). Improving pest bird detection in a vineyard environment using super-resolution and deep learning. *IFAC - PapersOnLine*, 52, 18-23.
- Bramley RGV (2009). Lessons from nearly 20 years of Precision Agriculture research, development, and adoption as a guide to its appropriate application. *Crop & Pasture Science*, 60(3), 197-217.
- Brisson-Curadeau É, Bird D, Burke C, Fifield DA, Pace P, Sherley RB & Elliott KH (2017). Seabird species vary in behavioural response to drone census. *Scientific Reports*, 7, 17884. Doi:10.1038/s41598-017-18202-3.
- Carpenter SR, Caraco NF, Correll DL, Howarth RW, Sharpley AN & Smith V H (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications* 8(3), 559-568.
- Chabot D, Craik S R & Bird DM (2015). Population census of a large common tern colony with a small-unmanned aircraft. *PLoS ONE*, 10, e0122588.
- Chabot D & Bird DM (2015). Wildlife research and management methods in the 21st century: where do unmanned aircraft fit in?. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3, 137-155.
- Chamoso P, Raveane W, Parra V & González A (2014). UAVs Applied to the counting and monitoring of animals. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 291, 71-80.
- Cheng TM & Savkin AV (2009). A distributed self-deployment algorithm for the coverage of mobile wireless sensor networks. *IEEE Communications Letters*, 13(11), 877-879.
- Cheng TM & Savkin AV (2011). Decentralized control for mobile robotic sensor network self-deployment: Barrier and sweep coverage problems. *Robotica*, 29(2), 283-294.
- Chrétien LP, Théau J & Ménard P (2015). Wildlife multispecies remote sensing using visible and thermal infrared imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-1/W4, International Conference on Unmanned Aerial Vehicles in Geomatics*, 30 Aug-02 Sep, Toronto, Canada.
- Chrétien LP, Théau J & Ménard P (2016). Visible and thermal infrared remote sensing for the detection of white-tailed deer using an unmanned aerial system. *Wildlife Society Bulletin*, 40(1), 181-191.
- Cortes J, Martinez S, Karatas T & Bullo F (2004). Coverage control for mobile sensing networks. *IEEE Transactions on robotics and Automation*, 20(2), 243-255.
- De Castro AI, Jiménez-Brenes FM, Torres-Sánchez J, Peña JM, Borra-Serrano I & López-Granados F (2018). 3-D characterization of vineyards using a novel UAV imagery-based OBIA procedure for precision viticulture applications. *Remote Sensing*, 584, doi:10.3390/rs10040584.

- Fang Y, Du S, Abdoola R, Djuani K & Richards C (2016). Motion based animal detection in aerial videos. *Procedia Computer Science*, 92, 13-17.
- Franke U, Goll B, Hohmann U & Heurich M (2012). Aerial ungulate surveys with a combination of infrared and high-resolution natural colour images. *Animal Biodiversity and Conservation*, 35, 285-293.
- Frost AR, Schofield CP, Beulah SA, Mottram TT, Lines JA & Wathes CM (1997). A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. *Comput. Electron. Agric.* 17, 139-159.
- Gnip P, Charvat K & Krocan M (2008). Analysis of external drivers for agriculture. World conference on agricultural information and IT, LAAID AFITA WCCA 797-801.
- Gonzalez LF, Montes GA, Puig E, Johnson S, Mengersen K & Gaston KJ (2016). Unmanned aerial vehicles (UAVs) and artificial intelligence revolutionizing wildlife monitoring and conservation. *Sensors*, 16, 97. doi:10.3390/s16010097.
- Gonzalez de Santos P, Ribeiro A, Fernandez Quintanilla C, Lopez Granados F, Brandstoeffer M, Tomic S, Pedrazzi S, Peruzzi A, Pajares G & Kaplanis G (2017). Fleets of robots for environmentally safe pest control in agriculture. *Precis. Agric.*, 18, 574-614.
- Harris JM, Nelson JA, Rieucan G & Broussard W (2019). Use of unmanned aircraft systems in fishery science. *Transactions of the American Fisheries Society*. 148. 10.1002/tafs.10168.
- Hussein II & Stipanovic DM (2007). Effective coverage control using dynamic sensor networks with flocking and guaranteed collision avoidance. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 15 (4), 642-657.
- Hodgson JC, Mott R, Baylis SM, Pham PP, Wotherspoon S, Kilpatrick AD, Segaran RR, Reid, I, Terauds A & Koh LP (2018). Drones count wildlife more accurately and precisely than humans. *Methods in Ecology Evolution*, 9, 1160-1167.
- Hogan S, Kelly M, Stark B & Chen Y (2017). Unmanned aerial systems for agriculture and natural resources. *California Agriculture*, 5-14.
- Horton CV & Vorpahl SR (2017a). Agricultural drone for use in livestock feeding. U.S. Patent Application 20170086429. Available at: <https://patents.google.com/patent/US20170086429> (accessed date: 01 March 2021).
- Horton CV & Vorpahl SR (2017b). Agricultural drone for use in livestock monitoring. U.S. Patent Application 20170086428. Available at: <https://patents.google.com/patent/WO2017053135A1/en> (accessed date: 01 March 2021).
- Hunt ER Jr, Daughtry CST, Mirsky SB & Hively D (2014). Remote sensing with simulated unmanned aircraft imagery for precision agriculture applications. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 7, 4566-4571.
- Israel M (2011). A UAV-based roe deer fawn detection system. In: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Munich, Germany, 5-7 October, 51-55.
- Ju C & Son H (2018). Multiple UAV systems for agricultural applications: control, implementation, and evaluation. *Electronics*, 7(9), 162.
- Jung S & Ariyur KB (2017). Strategic cattle roundup using multiple quadrotor UAVs. *International Journal of Aeronautical and Space Sciences*, 18, 315-326.
- Kennedy C, Ila V & Mahony R (2019). A Perception Pipeline for Robotic. *IFAC PapersOnLine*, 52(30), 288-293.
- Krajník T, Vonásek V, Fišer D & Faigl J (2011). AR-Drone as a Platform for Robotic Research. In: *Obdržálek D, Gottscheber A. (eds) Research and Education in Robotics - EUROBOT 2011. Communications in Computer and Information Science*, 161, 172-186. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Kulbacki M, Segen J, Knieć, W, Klempous R, Kluwak K, Nikodem J, Kulbacka J & Serester A (2018). Survey of Drones for Agriculture Automation from Planting to Harvest. *INES 2018- 22nd IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems*, June 21-23. Las Palmas de Gran Canaria, Spain.
- Lagkas T, Argyriou V, Bibi S & Sarigiannidis P (2018). UAV IoT Framework Views and Challenges: Towards Protecting Drones as "Things". *Sensors*, 18, 4015. doi:10.3390/s18114015.
- Lhoest S, Linchant J, Quevauvillers S, Vermeulen C & Lejeune P (2015). How many hippos (HOMHIP): algorithm for automatic counts of animals with infra-red thermal imagery from UAV. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XL-3(W3), 355-362.
- Li, X & Xing L (2019). Use of unmanned aerial vehicles for livestock monitoring based on streaming K-means clustering. *IFAC PapersOnLine* 52(30), 324-329.
- Linchant J, Lisein J, Semeki J, Lejeune P & Vermeulen C (2015). Are unmanned aircraft systems (UAS) the future of wildlife monitoring? A review of accomplishments and challenges. *Mammal Review*, 45, 239-252.
- Longmore S, Collins R, Pfeifer S, Fox SE, Mulero-Pazmany M, Goodwin A, de Juan-Ovelar M, Knapen JH & Wich SA (2017). Adapting astronomical source detection software to help detect animals in thermal images

- obtained by unmanned aerial systems. *International Journal of Remote Sensing*, 38, 2623–2638.
- Lottes P, Hoferlin M, Sander S & Stachniss C (2017). Effective vision-based classification for separating sugar beets and weeds for precision farming. *Journal of Field Robotics*, 34(6), 1160–1178.
- Luo C, Miao W, Ullah H, McClean S, Par G & Min G (2019). Unmanned Aerial Vehicles for Disaster Management. 10.1007/978-981-13-0992-2\_7.
- Maddikunta PMR, Hakak S, Alazab M, Bhattacharya S, Gadekallu TR, Khan WZ, Pham QV. (2020). Unmanned Aerial Vehicles in Smart Agriculture: Applications, Requirements, and Challenges. *IEEE Sensors Journal*, 21, 17608-17619.
- Majeed Y, Karkee M, Zhang Q, Fu L & Whiting MD (2019). A study on the detection of visible parts of cordons using deep learning networks for automated green shoot thinning in vineyards. *IFAC PapersOnLine*, 52(30), 82–86.
- Malamiri HRG, Aliabad FA, Shojaei S, Morad M & Band SS (2021). A study on the use of UAV images to improve the separation accuracy of agricultural land areas. *Computers and Electronics in Agriculture* 184, 106079, 1-13.
- Miller JO, Adkins J & Tully K (2017). Providing aerial images through UAVs. Fact Sheet FS-1056. Available at: <https://drum.lib.umd.edu/handle/1903/19168> (accessed date: 01 April 2021).
- Mitsuashi T, Chida Y & Tanemura M (2019). Autonomous travel lettuce harvester using model predictive control. *IFAC PapersOnLine*, 52(30), 155–160.
- Mohanty SP, Hughes DP & Salathé M (2016). Using Deep Learning for Image-Based Plant Disease Detection. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1419.
- Mulero-Pázmány M, Stolper R, Essen L, Negro JJ & Sassen T (2014). Remotely piloted aircraft systems as a rhinoceros anti-poaching tool in Africa. *PLoS ONE*, 9, e83873.
- Nyamuryekung'e S, Cibils A, Estell R & Gonzalez A (2016). Use of an unmanned aerial vehicle-mounted video camera to assess feeding behavior of Raramuri Criollo cows. *rangel. Ecol. Manag.*, 69, 386–389.
- O' Mahony N, Campell S, Carvalho A, Krpalkova L, Riordan D & Walsh J (2019). 3D vision for precision dairy farming. *IFAC PapersOnLine*, 52(30), 312–317.
- Pimenta LCA, Kumar V, Mesquita RC & Pereira GAS (2008). Sensing and coverage for a network of heterogeneous robots. In 2008, 47th IEEE Conference on Decision and Control, 3947–3952.
- Polder G, van de Westeringh N, Kool J, Khan HA, Kootstra G & Niuwenhuizen A (2019). Automatic detection of tulip breaking virus (TBV) using a deep convolutional neural network. *IFAC PapersOnLine*, 52(30), 12–17.
- Qiao Y, Su D, Kong H, Sukkarieh S, Lomax S & Clark C (2019). Individual cattle identification using a deep learning based framework. *IFAC PapersOnLine*, 52(30), 318–323.
- Reinecke M & Prinsloo T (2017). The influence of drone monitoring on crop health and harvest size. 1st International Conference on Next Generation Computing Applications, 5-10.
- Rivas A, Chamoso P, González-Briones A & Corchado JM (2019). Detection of cattle using drones and convolutional neural networks. *Sensors*, 18, 2048. doi:10.3390/s18072048.
- Savkin AV, Cheng TM, Xi Z, Javed F, Matveev AS & Nguyen H (2015). Decentralized coverage control problems for mobile robotic sensor and actuator networks. John Wiley & Sons.
- Schroeder NM, Panebianco A, Musso RG & Carmanchahi P (2020). An experimental approach to evaluate the potential of drones in terrestrial mammal research: a gregarious ungulate as a study model. *Royal Society Open Science*, 7, 191482.
- Schwager M, Rus D & Slotine JJ (2009). Decentralized, adaptive coverage control for networked robots. *The International Journal of Robotics Research*, 28(3), 357–375.
- Slaughter DC, Giles DK & Downey D (2008). Autonomous robotic weed control systems: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 61, 63-78.
- Söffker D, Kögler F & Owino L (2019). Crop growth modelling a new data driven approach. *IFAC PapersOnLine*, 52(30), 132–136.
- Terletzky P, Ramsey RD & Neale CMU (2012). Spectral characteristics of domestic and wild mammals. *GIScience & Remote Sensing*, 49, 597–608.
- Tripicchio P, Satler M, Dabisias G, Ruffaldi E & Avizzano CA (2015). Towards smart farming and sustainable agriculture with drones. International Conference on Intelligent Environments, Prague, Czech Republic, 140-143. doi: 10.1109/IE.2015.29.
- Tsiamis N, Efthymiou L & Tsagarakis KP (2019). A comparative analysis of the legislation evolution for drone use in OECD countries. *Drones*, 3(75), 2-15. doi:10.3390/drones3040075.
- Trumbull TR & Myrtle SR (2017). Unmanned livestock monitoring system and methods of use. U.S. Patent Application 20170202185. Available at: <https://patents.google.com/pat>

- ent/WO2017127188A1/en (accessed date: 01 March June 2018).
- Van der Merwe D, Burchfield DR, Witt TD, Price KP & Sharda A (2020). Chapter One- Drones in agriculture. *Advances in agronomy*, ed. Sparks DL. 162, 1-30. Academic Press
- Van Henten EJ, Hemming J, Van Tuijl BAJ, Kornet JG, Meuleman J, Bontsema J & Van Os EA (2002). An autonomous robot for harvesting cucumbers in greenhouses. *Autonomous Robots*, 13, 241-258.
- Vermeulen C, Lejeune P, Lisein J, Sawadogo P & Bouche P (2013). Unmanned Aerial Survey of Elephants. *PLoS ONE*, 8, e54700.
- Wathesa CM, Kristensen HH, Aerts J-M & Berckmans D (2008). Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall?. *Computers and Electronics in Agriculture*, 64, 2-10.
- Webb P, Mehlhorn SA & Smartt P (2017). Developing protocols for using a UAV to monitor herd health. In *Proceedings of the 2017 ASABE Annual International Meeting*, Spokane, WA, USA, 16-19, July, 1700865.
- Witczuk J, Pagacz S, Zmarz A & Cypel M (2018). Exploring the feasibility of unmanned aerial vehicles and thermal imaging for ungulate surveys in forests - preliminary results. *International Journal of Remote Sensing*, 39, 15-16.
- Xiang H & Tian L (2011). Development of a low-cost agricultural remote sensing system based on an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV). In: *Biosystems Engineering*, 108 (2), 174-190, doi: 16/j.biosystemseng.2010.11.010.
- Xie W, Wang F & Yang D (2019). Research on carrot grading based on machine vision feature parameters. *IFAC PapersOnLine*, 52(30), 30-35.
- Xue Y, Wang T & Skidmore AK (2017). Automatic counting of large mammals from very high-resolution panchromatic satellite imagery. *Remote Sensing*, 9, 878.
- Yeşilay RB & Macit A (2020). Dünyada ve Türkiye'de drone ekonomisi: Geleceğe yönelik beklentiler. *Beykoz Akademi Dergisi*, 8(1), 239-251.
- Zapotezny-Andersen, P & Lehnert C (2019). Towards Active Robotic Vision in Agriculture: A deep learning approach to visual servoing in occluded and unstructured protected cropping environments. *IFAC PapersOnLine*, 52(30), 120-125.
- Zhang X, Fu L, Karkee M, Whiting MD & Zhang Q (2019). Canopy segmentation using ResNet for mechanical harvesting of apples. *IFAC PapersOnLine*, 52(30), 300-305.



© Author(s) 2021.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>