

TÜRKİYE

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI DERGİSİ

E-ISSN 2687-6094

Turkish Journal of
Unmanned Aerial Vehicles

Cilt/Volume: 3
Sayı/Issue: 1
Haziran/June
2021





Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi



Dergi Hakkında

Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi; İHA gelişimi, kullanımı ve yer bilimleri ile 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/mihad>

İletişim

tiha@mersin.edu.tr / ayasinyigit@mersin.edu.tr / aulvi78@gmail.com



Turkish Journal of Unmanned Aerial Vehicles

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/mihad>

Contact

tiha@mersin.edu.tr / ayasinyigit@mersin.edu.tr / 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 Osman ORHAN

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

EDİTÖR KURULU / EDITORIAL BOARD

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

DANIŞMA KURULU / ADVISORY BOARD

- **Prof. Dr. İbrahim YILMAZ**,
iyilmaz@aku.edu.tr,
Afyon Kocatepe University
- **Assoc. Prof. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK**,
yilmazturk@aksaray.edu.tr,
Aksaray University
- **Dr. Mehmet Ali DERELİ**,
madereli@gmail.com
Giresun University
- **Dr. Resul ÇÖMERT**,
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

Res. Asst. Halil İbrahim ŞENOL, Harran University
hzenol@harran.edu.tr

Mizanpaj

Res. Asst. Abdurahman Yasin YİĞİT, Mersin University
avasinyyigit@mersin.edu.tr

Res. Asst. Yunus KAYA, Harran University
yunuskaya@harran.edu.tr

İçindekiler

Contents

Araştırma Makaleleri; Research Articles;

Sayfa/Page No	Makale Adı ve Yazar Adı Article Name and Author Name
1-6	<i>Investigation of the Performance of Different Pixel-Based Classification Methods in Land Use/Land Cover (LULC) Determination</i> (Farklı Piksel Tabanlı Sınıflandırma Yöntemlerinin Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü Belirlemedeki Performansının İncelenmesi) Nizar POLAT & Yunus KAYA
07- 16	<i>Türkiye'nin İnsansız Hava Aracı (İHA) İhracat Rekabet Gücünün Analizi</i> (Analysis of Turkey's Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Export Competitiveness) Erdem ATEŞ
17-22	<i>Hale Sınıfı İnsansız Hava Aracı Teknolojisi ve Konvansiyonel (Geleneksel) Savaşta Yeri</i> (Hale Class Unmanned Aerial Vehicle Technology and Its Place in Conventional (Traditional) Warfare) Abdurrahmna TOPAL, Mücahit AKPINAR & Hüseyin BEYHAN
23- 27	<i>Kültürel Mirasın Fotogrametrik Yöntemle 3B Modellenmesi: Karabıyık Köprüsü Örneği</i> (3D Modeling of Cultural Heritage with Photogrammetric Method: The Case of Karabıyık Bridge) Alperen ERDOĞAN, Adem KABADAYI & Emine Saka AKIN

Derleme Makaleleri; Review Articles;

S. No	Makale Adı (Tr./En.) ve Yazar Adı
28-35	<i>Türk Hukuk Mevzuatında Sivil İnsansız Hava Araçları Hukukunun Güncel Durumu</i> (Current Status of Civil Unmanned Aerial Vehicles Law in Turkish Legal Legislation) Şafak FİDAN & Ali ULVİ



Investigation of the Performance of Different Pixel-Based Classification Methods in Land Use/Land Cover (LULC) Determination

Nizar Polat¹ , Yunus Kaya*¹ 

¹Harran University, Faculty of Engineering, Department of Geomatic Engineering, Sanliurfa, Turkey

Keywords

Photogrammetry
Land cover land use
Supervised classification
Unmanned Aerial Vehicles

ABSTRACT

With the development of photogrammetry and remote sensing techniques, data collection has become easier. However, due to the large size of the data collected, extracting meaningful data from the data set has become a popular topic. Nowadays, the development of digital image processing techniques has contributed to the determination of land cover land use (LCLU) through digital images. In this study, a supervised classification was made over the orthophoto view to distinguish different land object classes in a campus area. The purpose of the study is to examine the performance of the three popular supervised classification techniques that are maximum likelihood, minimum distance, and mahalanobis distance methods. In the study, a confusion matrix was produced, and overall accuracy and overall kappa were calculated with manually generated ground truth data. According to results, the highest overall accuracy was calculated for maximum likelihood classification with a rate of 84.5 % and the minimum distance method has the lowest overall accuracy (43%). The research denotes that due to the lack of spectral information the supervised classification methods generate omission and commission errors. This fact has a direct effect on overall accuracy calculation.

Farklı Piksel Tabanlı Sınıflandırma Yöntemlerinin Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü Belirlemedeki Performansının İncelenmesi

Anahtar Kelimeler

Fotogrametri
Arazi örtüsü arazi kullanımı
Denetimli sınıflandırma
İnsansız hava araçları

ÖZET

Fotogrametri ve uzaktan algılama tekniklerinin gelişmesiyle birlikte veri toplama daha kolay hale gelmiştir. Ancak toplanan verilerin büyük olması nedeniyle, veri setinden anlamlı veriler çıkarmak son zamanlarda popüler bir araştırma konusu haline gelmiştir. Günümüzde dijital görüntü işleme tekniklerinin geliştirilmesi, arazi örtüsü arazi kullanımının (LCLU) dijital görüntülerle belirlenmesine katkıda bulunmuştur. Bu çalışmada, bir kampüs alanındaki farklı arazi nesne sınıflarını ayırt etmek için ortofoto görüntü üzerinden denetimli sınıflandırma yapılmıştır. Çalışmanın amacı, en popüler denetimli sınıflandırma yöntemlerinden Maksimum Olabilirlik (Maximum Likelihood), Minimum Mesafe (Minimum Distance) ve Mahalanobis Uzaklık (Mahalanobis Distance) sınıflandırma tekniğinin performansını incelemektir. Çalışmada, bir karışıklık matrisi (confusion matrix) oluşturulmuş ve manuel olarak oluşturulan kesin referans verileri ile genel doğruluk ve genel kappa değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlara göre, en yüksek genel doğruluk %84,5 oranı ile Maksimum Olabilirlik sınıflandırmasında elde edilmiştir. Minimum Mesafe yöntemi ise en düşük genel doğruluğa (%43) sahiptir. Araştırma, spektral bilgi eksikliğinden dolayı denetimli sınıflandırma yöntemlerinin atlama ve atama hataları (omission and commission) gösterdiğini göstermektedir. Bu durum, genel doğruluk hesaplaması üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir.

* Sorumlu Yazar (*Corresponding Author)

(nizarpolat@harran.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-6061-7796
(*yunuskaya@harran.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-2319-4998

1. INTRODUCTION

With the development of photogrammetry and remote sensing technology, the data collection process from the earth-surface has become easier. However, this situation brought about another problem. The ease of data collection has caused the amount and dimensions of data to grow. Digital image processing methods are preferred to extract meaningful information from the collected data. Thanks to the recent advances in digital image processing techniques, it has become possible to extract details from large-scale data. Turner et al. (2012) used the Structure from Motion (SfM) technique for geometric correction and mosaicking of UAV photography.

Determination of LCLU, the spatial distribution of land, and their determination at the local and regional scales are important for monitoring changes (Gholami et al., 2010). Due to the easy data collection process with photogrammetry and remote sensing methods, images that covering large areas are obtained in a short time (El-Alahmadi & Hames, 2009; Ulvi et al., 2019; Sarı et al., 2020). Although remote sensing images provide information about very large areas, their spatial resolution is relatively low. Unmanned Aerial Vehicles (UAV), which have been used in many areas recently (Ulvi et al., 2020; Kaya & Polat, 2019; Yiğit & Uysal, 2019; Ulukavak et al., 2019; Şenol et al., 2019; Kaya et al., 2019), can also be used to classify areas in the region. Comert et al. (2019) utilized UAV images for the landslide mapping model. This study revealed that landslides mapped by using UAV data have an accuracy rate higher than 86% according to the number of landslides and 83% according to the landslide area. Kim and Ryu (2020) created a sedimentary surface map based on UAV and object-based image analysis (OBIA). Brooke and Clutterbuck (2020) have proposed a methodology for examining archaeological sites with UAVs that do not have obvious surface features. Louargant et al. (2017) used the spectral information potential of images captured with UAV to differentiate crop-weed discrimination.

Compared to satellite images, UAVs that view smaller areas have a much higher spatial resolution. It is more advantageous to use UAV images especially in settlements where the spatial distribution changes frequently. Due to the small pixel dimensions, the UAV images better reflect the characteristics of the study area. Classification methods should be used to obtain meaningful results from these images. Supervised classification methods include maximum likelihood (Strahler, 1980; Foody et al., 1992; Otukey and Blaschke, 2010), minimum distance (Kranz, 1993; Srivastava, 2006; Kabadayı et al., 2020, Yiğit et al., 2020), and mahalanobis distance (Moraes et al., 2002; Gemperline & Boyer, 1995; Mei et al., 2016; Galeano et al., 2015; Şasi & Yakar, 2018; Kaya & Yiğit, 2020) methods are frequently used in the literature. Yang and Everitt (2010), used supervised classification methods to map the broom gentian infestation. Asad and Bais (2019) used maximum likelihood classification to detect the herbicide found in agricultural land. Zhenkun et al. (2013), using the maximum likelihood classification to determine winter wheat and corn areas, achieved 96% and 90% success,

respectively. Kavzaoğlu and Colkesen (2010) used the maximum likelihood and decision trees method to classify the 2009 dated Landsat ETM+ image. Taddia et al. (2020) applied NDVI and maximum likelihood classification approaches using UAV images to map submerged seaweeds. Woo et al. (2020) used Spectral Angle Mapper (SAM) and maximum likelihood approaches to detect burned lands through UAV images. Milas et al. (2016) used maximum likelihood and Support Vector Machine (SVM) classifiers to classify a UAV image acquired using a red-green-blue (RGB) camera over the Old Woman Creek National Estuary Research Reserve in Ohio, USA. Duarte et al. (2018) used four different classifiers (maximum likelihood, minimum distance, parallelepiped, and neural network) to classify the high-resolution images obtained by UAV. Zisi et al. (2018) made maximum likelihood, minimum distance, and object-based image classifier classification over UAV images with multispectral cameras to determine the weed distribution within a field. Hassan et al. (2011) used maximum likelihood, minimum-to-distance, and parallelepiped classifier to generate a land use/land cover (LULC) map of a test area. Ahmed et al. (2015) revealed that the maximum likelihood method is better than the Mahalanobis Distance method for classifying tobacco areas in Pakistan. Yadav et al. (2019) used a UAV image with a five-band multispectral camera to detect volunteer cotton (*Gossipium hirsutum*) growing in a cornfield. In the study, the Mahalanobis Distance classification and maximum likelihood approaches were used for five-band stacked image classification, and 92% and 86% overall accuracy were obtained, respectively.

In this study, the success of three different classification methods proposed to distinguish the buildings in the campus area from each other was examined.

2. METHODOLOGY

2.1. Study Area

Harran University Osmanbey Campus has been chosen as the study area. The study area covers an area of approximately 650m x 450m (Fig. 1). The UAV flight plan and other parameters are not covered by this study, but It can be said that the orthophoto of the study area has only red green and blue bands and generated with a 25 cm spatial resolution.

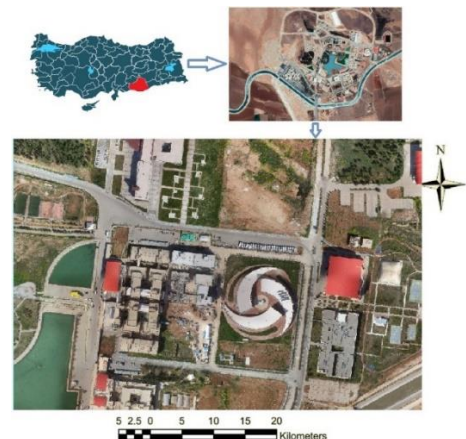


Figure 1. Study area

2.2. Maximum Likelihood Classification

The maximum likelihood classification technique is the most widely used technique in the literature (Paola, 1994; Paola & Schowengerdt, 1995; Erbek et al., 2003; Richards & Richards, 1999; Yiğit & Uysal; 2019; 2020; Liang et al., 2020; Huynh & Nguyen, 2020). Suppose we have two different classes, 'i' and 'j'. If the probability of a pixel in 'X' position belonging to class i is higher than that of class j, the pixel is assigned to class i, vice versa (Ahmed et al., 2015). The input data is considered to have a normal distribution pattern and the discriminator for the MLC model is defined as:

$$g_i(x) = \ln p(w_i) - \frac{1}{2} \ln |C_i| - \frac{1}{2} (x - m_i)^t C_i^{-1} (x - m_i) \quad (1)$$

Where $g_i(x)$ = ith class discriminant function
 $p(w_i)$ = Probability that class ω_i has occurred
 $|C_i|$ = Determinant of class i's covariance matrix
 x = A pixel's n-dimensional matrix of Digital Number values (where n is the total number of bands)
 m_i = Mean vector
 t = transpose of the base matrix

2.3. Mahalanobis Distance Classification

The mahalanobis distance statistic is a measure of distance that considers correlation in the data using the precision matrix (Villaseñor, 2019). The mahalanobis distance is used for spectral matching, to detect outliers during calibration or prediction, or to detect extrapolation of the model during analyzes (Mark & Workman, 2010). To be able to compute the mahalanobis distance, first, the variance-covariance matrix C is constructed:

$$C_x = 1 / ((n-1)) (X_c)^T (X_c) \quad (2)$$

where X is the data matrix containing n objects in the rows measured for p variables. X is the column-centered data matrix (Maesschalck et al., 2000). In the case of two variables, x1 and x2, the variance-covariance matrix. Mahalanobis distance is defined as:

$$MD_i = \sqrt{(x_i - \bar{x}) C_x^{-1} (x_i - \bar{x})^T} \quad (3)$$

2.4. Minimum Distance Classification

Minimum distance classification is a simple supervised classification method that uses the center point to represent a specific class in the training set. Euclidean distance between pixel values and the center of gravity is considered when determining the class. The pixel with the shortest distance from the class is assigned to that class (Sathya & Deepa, 2017). Minimum distance is defined as:

$$\min. dist. = \sqrt{(Dv - Mt)^2} \quad (4)$$

where DV is: Digital value of each pixel
 mt is mean value of each class

3. RESULTS

The orthophoto of the field was used as input data in the study. Supervised classification was made with all three classification methods over orthophoto. The orthophoto of the study area is shown in Figure 2. The results of maximum likelihood classification, mahalanobis distance classification, and minimum distance classification methods are shown in Figures 3, 4 and 5, respectively. Tables 1 shows the accuracy assessment results for the three classification maps generated from orthophoto.



Figure 2. Orthophoto of the study area.

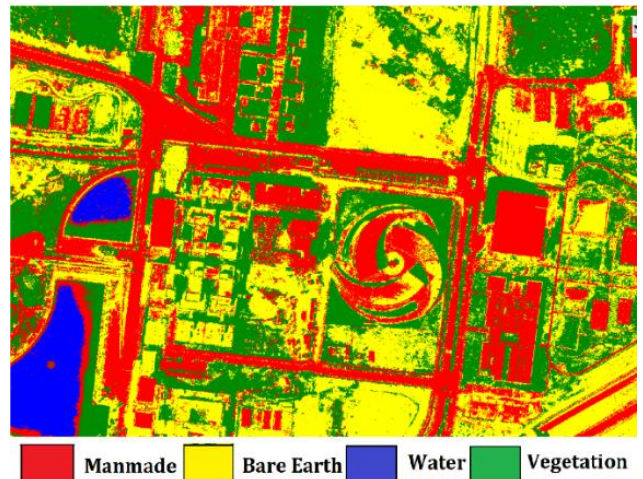


Figure 3. Maximum likelihood classification for study area.

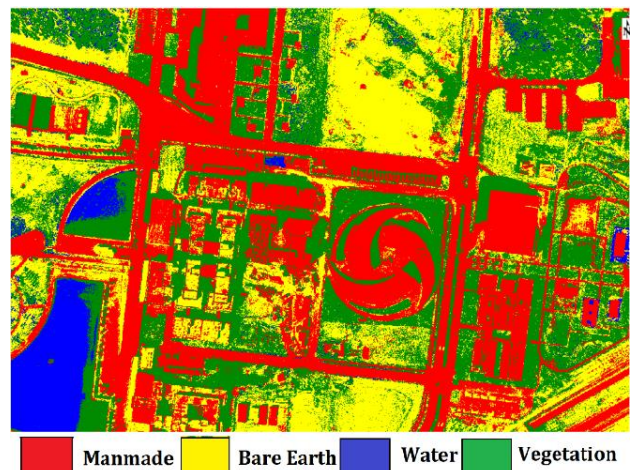


Figure 4. Mahalanobis distance classification for study area.

Table 1. Accuracy assessment results for the three classification methods

Classes	Classification Method					
	Minimum distance		Maximum likelihood		Mahalanobis distance	
	PA (%)	UA (%)	PA (%)	UA (%)	PA (%)	UA (%)
water	1.14	6.40	8.66	100.00	0.28	10.81
bare earth	13.39	54.39	99.41	91.50	97.51	93.56
vegetation	86.97	33.69	98.09	45.51	88.30	34.16
manmade	78.70	44.76	81.93	92.95	86.09	99.92
Overall Accuracy (%)	43.0		84.5		83.72	
Overall Kappa	0.15		0.76		0.75	

PA = producer's accuracy; UA = user's accuracy

Table 1 shows that all three methods give unsuccessful results in detecting water areas. When the field research was done, it was understood that the reason for this was the pollution in the water. This pollution may affect the classification. Also, since the lakes are artificial, the shores are shallower. This can create different classifications with deep water. While maximum likelihood and mahalanobis distance achieved high success in the detection of bare earth areas, the minimum distance method produced low accuracy. All three methods are successful in separating vegetation areas that are in the open areas. However, some shady regions are also classified as vegetation areas in three method.

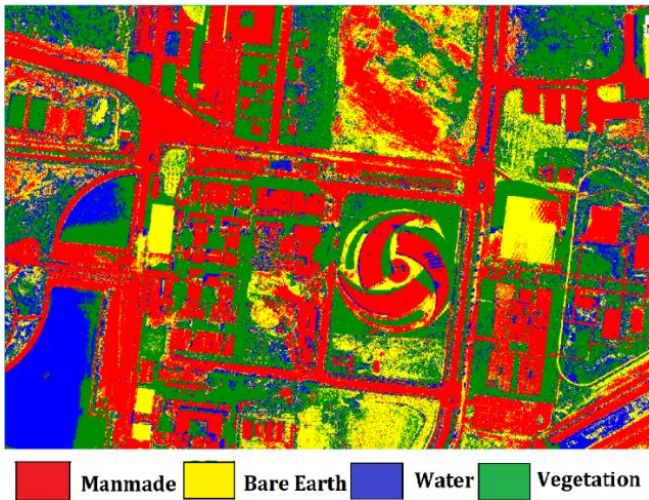


Figure 5. Minimum distance classification for study area.

4. CONCLUSION

UAV systems quickly found a place in many areas of life thanks to the advantages they provide. In this study, the classification of the study area was made using the orthophoto produced from the aerial images obtained by the UAV. Three different classification methods, which are mostly used in the classification of satellite images, were applied in a supervised approach. Then the generated classified images were compared with manually obtained ground truth values. As a result, the highest overall accuracy evaluated for the Maximum likelihood method with 84.5%. Since the data resolution is high, it is thought that the classification accuracy can be further increased by increasing the number of signatures and classes.

REFERENCES

- Ahmed A, Muaz M, Ali M, Yasir M, Ullah S & Khan S (2015). Mahalanobis distance and maximum likelihood-based classification for identifying tobacco in Pakistan. 7th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST), 255-260.
- Al-Ahmadi F S & Hames A S (2009). Comparison of four classification methods to extract land use and land cover from raw satellite images for some remote arid areas, Kingdom of Saudi Arabia. *Earth*, 20(1), 167-191.
- Asad M H & Bais A (2019). Weed detection in canola fields using maximum likelihood classification and deep convolutional neural network. *Information Processing in Agriculture*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.12.002>.
- Brooke C & Clutterbuck B (2020). Mapping heterogeneous buried archaeological features using multisensor data from unmanned aerial vehicles. *Remote Sensing*, 12(1), 41. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12010041>.
- Comert R, Avdan U, Gorum T & Nefeslioglu H A (2019). Mapping of shallow landslides with object-based image analysis from unmanned aerial vehicle data. *Engineering Geology*, 260, 105264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.105264>.
- De Maesschalck R, Jouan-Rimbaud D & Massart D L (2000). The mahalanobis distance. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 50(1), 1-18.
- De Oliveira Duarte D C, Zanetti J, Junior J G & das Graças Medeiros N (2018). Comparison of supervised classification methods of Maximum Likelihood, Minimum Distance, Parallelepiped and Neural Network in images of Unmanned Air Vehicle (UAV) in Viçosa-MG. *Revista Brasileira de Cartografia*, 70(2), 437-452.
- Erbek F S, Özkan C & Taberner M (2003). Comparison of maximum likelihood classification method with supervised artificial neural network algorithms for land use activities. *International Journal of Remote Sensing*, 25, 1733-1748.
- Foody G M, Campbell N A, Trodd N M & Wood T F (1992). Derivation and applications of probabilistic

- measures of class membership from the maximum-likelihood classification. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 58(9), 1335-1341.
- Galeano P, Joseph E & Lillo R E (2015). The Mahalanobis distance for functional data with applications to classification. *Technometrics*, 57(2), 281-291.
- Gemperline P J & Boyer N R (1995). Classification of near-infrared spectra using wavelength distances: comparison to the Mahalanobis distance and residual variance methods. *Analytical Chemistry*, 67(1), 160-166.
- Gholami A, Esfadiari M & Masihabadi M H (2010). The Survey and the Comparison of Maximum Likelihood, Mahalanobis Distance and Minimum Distance Methods in Preparing Landuse Map in the Western Part of Isfahan Province. *International Journal of Geological and Environmental Engineering*, 4(4), 118-121.
- Hassan F M, Lim H S & Jafri M M (2011). Cropcam UAV for land use/land cover mapping over Penang island, Malaysia. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 19(S), 69-76. ISSN: 0128-7680.
- Huynh H T, & Nguyen L (2020). Nonparametric maximum likelihood estimation using neural networks. *Pattern Recognition Letters*, 138, 580-586. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2020.09.006>
- Kavzoğlu T & Çölkesen İ (2010). Karar Ağaçları ile Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması: Kocaeli Örneği *Electronic Journal of Map Technologies*, 2(1), 447-454.
- 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), 7-10.
- Kaya Y & Polat N (2019). Building Modeling by UAV Images. 1. International Conference of Virtual Reality, 113-117, Şanlıurfa, Turkey.
- Kim K L & Ryu J H (2020). Generation of Large-scale Map of Surface Sedimentary Facies in Intertidal Zone by Using UAV Data and Object-based Image Analysis (OBIA). *Korean Journal of Remote Sensing*, 36(2_2), 277-292. DOI: <https://doi.org/10.7780/kjrs.2020.36.2.2.5>.
- Kranz H G (1993). Diagnosis of partial discharge signals using neural networks and minimum distance classification. *IEEE transactions on electrical insulation*, 28(6), 1016-1024.
- Liang S, Cheng J & Zhang J (2020). Maximum Likelihood Classification of Soil Remote Sensing Image Based on Deep Learning. *Earth Sciences Research Journal*, 24(3). <https://doi.org/10.15446/esrj.v24n3.89750>
- Louargant M, Villette S, Jones G, Vigneau N, Paoli J N & Gée C (2017). Weed detection by UAV: simulation of the impact of spectral mixing in multispectral images. *Precision Agriculture*, 18(6), 932-951. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-017-9528-3>.
- Mark H & Workman J (2010). *Chemometrics in spectroscopy*. Elsevier. ISBN: 978-0-12-374024-3.
- Mei J, Liu M, Wang Y F & Gao H (2015). Learning a mahalanobis distance-based dynamic time warping measure for multivariate time series classification. *IEEE transactions on Cybernetics*, 46(6), 1363-1374.
- Milas A S, Arend K, Mayer C, Simonson M A & Mackey S (2017). Different colours of shadows: classification of UAV images. *International Journal of Remote Sensing*, 38(8-10), 3084-3100. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1274449>.
- Moraes J C T B, Seixas M O, Vilani F N & Costa E V. (2002). A real time QRS complex classification method using Mahalanobis distance. In *Computers in Cardiology*, 201-204, Memphis, USA.
- Otukei J R & Blaschke T (2010). Land cover change assessment using decision trees, support vector machines and maximum likelihood classification algorithms. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12, 27-31.
- Paola J D & Schowengerdt R A (1995). A detailed comparison of backpropagation neural network and maximum-likelihood classifiers for urban land use classification. *IEEE Transactions on Geoscience and remote sensing*, 33(4), 981-996.
- Paola J D (1994). *Neural Network Classification of Multispectral Imagery*, Master's Thesis, University of Arizona, USA.
- Richards J A & Richards J A (1999). Remote sensing digital image analysis, 3, 10-38. Springer: Berlin. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-30062-2>, ISBN: 978-3-642-30062-2.
- Sathya P & Deepa V B (2017). Analysis of supervised image classification method for satellite images. *International Journal of Computer Science Research (IJCSR)*, 5(2), 16-19.
- Şenol H İ, Memduhoğlu A, Ulukavak M, Çetin B & Polat N (2019). Lazer Tarayıcı ve İnsansız Hava Aracı Kullanılarak Kızılkoyun Kral Kaya Mezarlarının 3 Boyutlu Belgenmesi.
- Srivastava D (2006). Making or breaking the heart: from lineage determination to morphogenesis. *Cell*, 126(6), 1037-1048.
- Strahler A H (1980). The use of prior probabilities in maximum likelihood classification of remotely

- sensed data. Remote sensing of Environment, 10(2), 135-163.
- Taddia Y, Russo P, Lovo S & Pellegrinelli A (2020). Multispectral UAV monitoring of submerged seaweed in shallow water. Applied Geomatics, 12(1), 19-34.
- Turner D, Lucieer A & Watson C (2012). An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery, based on structure from motion (SfM) point clouds. Remote sensing, 4(5), 1392-1410. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs4051392>.
- Ulukavak M, Memduhoğlu A, Şenol H İ & Polat N (2019). The use of UAV and photogrammetry in digital documentation. Mersin Photogrammetry Journal, 1(1), 17-22.
- 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), 22-30.
- Villaseñor C (2019). Hyperellipsoidal Neural Network Trained with Extended Kalman Filter for Forecasting of Time Series. Artificial Neural Networks for Engineering Applications, 9-19, Academic Press. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818247-5.00011-3>.
- Woo H, Acuna M, Cho S, Jung G, Kim B, Ryu J, Woo C & Park J (2020). Application of Spectral Angle Mapping and Maximum Likelihood Classification Techniques to Evaluate Forest Fire Severity from UAV Multispectral Images in South Korea. Preprints.
- Yadav P K, Thomasson J A, Enciso J, Samanta S & Shrestha A (2019). Assessment of different image
- Kabadayı A, Kaya Y & Yiğit A Y (2020). Comparison Of Documentation Cultural Artifacts Using The 3d Model In Different Software. Mersin Photogrammetry Journal, 2(2), 51-58.
- Yiğit A Y, Orhan O & Ulvi A (2020). Investigation of The Rainwater Harvesting Potential at The Mersin University, Turkey. Mersin Photogrammetry Journal, 2(2), 64-75.
- Şasi A & Yakar M (2018). Photogrammetric modelling of hasbey dar'ülhuffaz (masjid) Using an unmanned aerial vehicle, International Journal of Engineering and Geosciences (IJEG), 3(1), DOI: 10.26833/ijeg.328919
- Kaya Y & Yiğit A Y (2020). Dijital El Kameraları Kullanılarak Kültürel Mirasın Belgelemesi. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 2(2), 33-38.
- Yiğit A Y & Uysal M (2020). Automatic Road Detection from Orthophoto Images. Mersin Photogrammetry Journal, 2(1), 10-17.
- Yiğit A Y & Uysal M (2019). Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yaklaşımı Kullanılarak Yolların Tespiti. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 1(1), 17-24.
- Ulvi A, Yakar M, Yiğit A & Kaya Y (2019). The Use of Photogrammetric Techniques in Documenting Cultural Heritage: The Example of Aksaray Selime Sultan Tomb. Universal Journal of Engineering Science, 7(3), 64-73.
- Sarı B, Hamal S N G & Ulvi A (2020). Documentation of complex structure using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry method and Terrestrial Laser Scanner (TLS). Türkiye Lidar Dergisi, 2(2), 48-54.



© 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



Türkiye'nin İnsansız Hava Aracı (İHA) İhracat Rekabet Gücünün Analizi

Erdem ATEŞ¹ 

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, İzmir, Türkiye

Anahtar Kelimeler

İHA
Dış ticaret
Uluslararası ticaret
İhracat rekabet gücü

ÖZ

İnsansız Hava Aracı (İHA) pilotu bulunmayan, uzaktan idare edilebilen ve uçabilen sistemler olarak tanımlanabilir. İHA'ların kullanımı günümüzde fazlasıyla yaygınlaşmış durumdadır. İHA başlangıçta askeri amaçlarla ortaya çıkmasına rağmen, özellikle son yıllarda birçok farklı alanda kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye İHA teknolojisinin önemini kavramış ve bu alanda üretici olan ülkelerden biridir. Türkiye'nin ürettiği İHA'ların ağırlıklı olarak askeri amaçlara hizmet etmeyi hedefledikleri görülmektedir. Türkiye ürettiği İHA ve SİHA'ları (Silahlı İnsansız Hava Aracı) bazı ülkelere ihraç etmektedir. İHA piyasasının hızla arttığı ve birçok ülkenin İHA'lara ilgi duyduğu düşünüldüğünde, bunun Türkiye'nin ihracatına ve ekonomik büyümesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışmanın amacı; Türkiye'nin İHA/SİHA ihracatının rekabet gücünü analiz etmektir. Analizde, 2002-2020 yılları arasında, küresel sınıflandırma sistemlerinden olan HS altı digit verileri kullanılmıştır. Analizde; Avrupa Komisyonu tarafından İHA sınıflandırılmasında yer alan altı ürün grubunun dört tanesi kullanılmıştır. Analize iki ürün grubunun dâhil edilmemesinin nedeni, bu ürün grupları içerisinde İHA ticaretinin payının çok düşük olacağı düşünülmüştür. Çalışmanın amacı; Türkiye'nin İHA ihracatının uluslararası rekabet gücünün belirlenmesidir. Çalışmada, bahsi geçen ürün grupları için Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlük Endeksleri (Balassa Endeksleri) Açıklanmış Rekabet Üstünlüğü Endeksleri (Vollrath Endeksleri) ve İhracatta Uzmanlaşma Endeksi (ES) hesaplanmıştır. Sonuç olarak; özellikle son yıllarda Türkiye'nin İHA alanında ihracat yoğunlaşmasının arttığı görülmüştür.

Analysis of Turkey's Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Export Competitiveness

Keywords

UAV
Foreign Trade
International Trade
Export competitiveness

ABSTRACT

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) can be defined as systems that do not have a pilot, can be managed remotely, and can fly. The use of UAVs is very widespread today. Although the UAV initially appeared for military purposes, it has started to be used in many different areas, especially in recent years. Turkey understands the importance of UAV technology and is one of the countries that is a manufacturer in this field. It is seen that the UAVs produced by Turkey are mainly aimed at serving military purposes. Turkey exports its UAVs and Siha (armed unmanned aerial vehicles) to some countries. Considering that the UAV market is growing rapidly, and many countries are interested in UAVs, it is thought that this will contribute to Turkey's exports and economic growth. The aim of the study is to analyze the competitiveness of Turkey's UAV/SIHA exports. The analysis used HS six-digit data from global classification systems between 2002-2020. In the analysis, four of the six product groups included in the classification of UAVs by the European Commission were used. The reason two product groups are not included in the analysis is because it is thought that the share of UAV trade within these product groups will be very low. The aim of the study is to determine the international competitiveness of Turkey's UAV exports. In the study, comparative advantage indices (Balassa Indices) explained competitive advantage indices (Vollrath indices) and export specialization Index (ES) were calculated for the mentioned product groups. As a result, Turkey's export concentration in the field of UAVs has increased, especially in recent years.

* Sorumlu Yazar (*Corresponding Author)

Kaynak Göster / Cite this article (APA);

* (erdem.ates@deu.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-1459-9555

Ateş E (2021). Türkiye'nin İnsansız Hava Aracı (İHA) İhracat Rekabet Gücünün Analizi. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 3(1), 07-16.

1. GİRİŞ

İnsansız Hava Aracı (İHA) pilotu bulunmayan, uzaktan kontrol edilebilen veya belirlenen bir rotada kendiliğinden uçabilen araçlara verilen isimdir (Kurt & Ün, 2015).

İHA'lar başlangıçta askeri amaçlara hizmet etmek amacıyla tasarlanmışlardır. Fakat özellikle son yıllarda sivil amaçlarla da yaygın olarak kullanılmaya başlanmışlardır. İHA'lar, askeri amaçlarla; keşif, gözetleme, takip, sınır ve kıyı güvenliğinin sağlanması ve saldırı amacıyla kullanılmaktadırlar. Silahlı İnsansız Hava Araçları (Unmanned Combat Aerial Vehicle) (SİHA-UCAV) belirlenen hedeflere saldırı düzenlemek için mühimmat taşıyabilen, belli bir komuta merkezinden idare edilen veya önceden belirlenen hedefleri otonom olarak imha edebilen İHA'lardır. Dünyada SİHA kullanan ülke sayısı hızla artmaktadır. 2010 yılında SİHA sahibi ülke sayısı 60 iken, 2019 itibariyle bu sayı 95'e yükselmiştir (Gettinger, 2020)

Sivil amaçlarla ise; tarımda uzaktan algılama uygulamaları, bitki ve ormanlardaki zararlı haşerelerin ve hastalıkların tespiti, kargo taşımacılığı, tarihi yapıların görselinin alınması ve 3D modelinin yapılması, hobi amaçlı fotoğraf çekimi, hava durumu tahmini, orman yangını, deprem, toprak kayması vb. doğal afetlerin öngörülmesi ve olay anında çalışmaların yürütülmesi, trafik sıkışıklarının ve kazaları engelleme amaçlı olarak trafik simülasyonlarının oluşturulması, bir proje için en uygun konumun seçilmesi ve şehir planlamasının yapılması vb. birçok amaçla kullanılmaktadırlar.

Günümüzde İHA kullanımı hızla artmaktadır. Bunun nedenlerinden bazıları; düşük maliyetle üretilebilmeleri, bakım-onarım ve yakıt gibi masraflarının az olması, insanların yapamayacağı ya da yapmalarının tehlikeli olacağı görevleri yerine getirebilmeleri, hassas ve kaliteli veri üretebilmeleri, düşük emisyonla sahip olmaları şeklinde sayılabilir (Yılmaz vd., 2018).

İHA'ların sınıflandırılması konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Literatürde İHA'ların sınıflandırılmasında iki görüşün ağır bastığı görülmüştür. Bunların birincisi; ağırlık, mesafe, hız, kanat sayısı vb. şeklindeki performans bazlı sınıflamadır. İkincisi ise, kullanım amaçlarına göre askeri, sivil, gözlem vb. bazlı yapılan sınıflamadır (Arjomandi, 2007)

Business Insider Intelligence'ın tahminlerine göre 2021 yılında dünya İHA satışları 12 milyar doları aşacaktır. Ayrıca 2016 yılından itibaren İHA satışlarının ortalama yıllık yüzde 7,6 oranında arttığı görülmüştür (Business Insider Intelligence, 2020). Bu verilerden anlaşılacağı üzere, İHA piyasası hızla büyümektedir. Türkiye'nin bu piyasadan yüksek pay alması hem ihracatını artırarak cari açığının azalmasına; hem de ekonomik büyümenin artmasına katkı verecektir.

Çalışmada İHA sınıflaması, ağırlık bazlı olarak yapılmıştır. Çalışmada İHA ihracatı incelendiği için, küresel ürün sınıflandırma sistemlerinden olan Uyumlaştırılmış Sistem (Harmonized System-HS) kullanılmıştır. Avrupa Komisyonuna göre İHA'lar altı ürün grubu altında yer almaktadır (European Commission, 2017). Bu ürün grupları ve çalışmada yer alıp almadığına ilişkin bilgiler Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 1. HS Sınıflamasına Göre İHA'ların Dahil olduğu Ürün Grupları Tablosu

Ürün Kodları ve İsimleri	Çalışmada Yer Alıp Almadığı
880211- "Yüksüz ağırlığı 2000 kg'ı geçmeyen helikopterler",	Yer Alıyor
880212- "Yüksüz ağırlığı 2000 kg'ı ile 15000 kg arasında olan helikopterler"	Yer Alıyor
880220-Yüksüz ağırlığı 2000 kg'ı geçmeyen uçaklar ve diğer uçaklar	Yer Alıyor
880230- "Yüksüz ağırlığı 2000 kg'ı ile 15000 kg arasında olan uçaklar ve diğer uçaklar"	Yer Alıyor
852580- "Televizyon kameraları, dijital kameralar ve video kamera kaydediciler"	Yer Almıyor
950330- "Üç tekerlekli bisikletler, scooterlar, pedallı arabalar ve benzeri tekerlekli oyuncaklar; oyuncak bebek arabaları, bebekler; diğer oyuncaklar, küçük boyutlu (ölçekli) modeller ve benzer rekreasyon modelleri, çalısır veya çalışmaz; her türden bulmaca"	Yer Almıyor

Çalışmada, Avrupa Komisyonunun sınıflandırmasına dahil olan iki ürün grubu analiz dışında tutulmuştur. Analize bahsi geçen iki ürün grubunun dâhil edilmemesinin nedeni bu ürün grupları içerisinde, İHA'larının payının düşük olmasının düşünülmesidir.

Çalışmanın amacı; Türkiye'nin İHA ihracatının uluslararası rekabet gücünün belirlenmesidir. Bu amaçla çalışmada rekabet gücü analizlerinde literatürde yaygın olarak kullanılan; Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlük Endeksleri (Balassa Endeksleri), Açıklanmış Rekabet Üstünlüğü Endeksleri (Vollrath Endeksleri) ve İhracatta Uzmanlaşma Endeksi (ES) kullanılmıştır.

Çalışmanın birinci kısmında; konuya ilişkin literatür taraması yer almaktadır. İkinci kısımda; İnsansız Hava Aracı başlığı altında İHA'lar ile ilgili kavramsal bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde; Türkiye'nin Ürettiği İHA/SİHA'lar başlığı altında, Türkiye'nin ürettiği İHA ve SİHA'lar hakkında bilgiler verilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde çalışmada kullanılan yöntem ve endeksler açıklanmıştır. Beşinci bölümlerinde ise; analiz sonucunda elde edilen bulgular açıklanmıştır. Son olarak ise; sonuç bölümünde analiz bulgularını toplulaştırılmış ve politika önerilerinde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR

Çalışmanın bu bölümünde, İHA'larla ilgili yapılmış olan akademik çalışmaların literatür taramasına yer verilmiştir. Özellikle son dönemlerde İHA'larla ilgili yapılmış olan akademik çalışmaların sayısının hızla artmış olduğu görülmüştür. Literatür taramasında, Türkiye'de İHA'lar ile yapılmış çalışmalara ve İHA'ların uluslararası ticaretteki yerini araştıran çalışmalara yer verilmiştir.

Kahvecioğlu ve Oktal (2014) çalışmasında, Türkiye'nin geliştirmekte olduğu İHA'ları ve Türkiye'de İHA üretiminin geleceği analiz edilmiştir. Sonuç olarak, Türkiye'nin bağımsız İHA sistemlerini geliştirmesinin, üretim maliyetlerini düşüreceği ve böylece Türkiye'nin İHA kullanımında daha özgür hareket edebileceği ön görülmüştür.

Kahveci ve Can (2017) çalışmasında, İHA'ların sivil kullanım alanları, amaçları ile Türkiye ve Dünya'daki mevzuata ilişkin durum tespiti yapılmıştır. Askeri amaçla kullanılan İHA'lar çalışmanın kapsamında yer almamıştır. Sonuç olarak; Türkiye ve Dünyada İHA'ların kötü amaçlarla kullanımının engellenmesi için tedbirler alınması gerektiği vurgulanmıştır. Fakat bu tedbirler alınırken İHA kullanımının kısıtlanmasına neden olunmaması gerektiği vurgulanmıştır.

Bakır (2019) çalışmasında, özellikle son yıllarda büyük gelişme gösteren ve bir ihracat kalemi haline gelen Türk İHA sektörü analiz edilmiştir. Sonuç olarak; savunma sanayinde dışa bağımlılığın azaltılması ve teknoloji üreticisi bir ülke olabilmek için İHA sektörünün son derece önemli olduğu vurgulanmıştır.

Yeşilay ve Macit (2019) çalışmasında, son dönemde büyük gelişme gösteren İHA'ların ekonomideki yeri analiz edilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak; İHA sektöründeki gelişmelerin günümüzde ve gelecekte ülke ekonomilerine olumlu etki yapacağı vurgulanmıştır.

Düz (2020) çalışmasında, Türkiye'nin İHA sektörünün tarihi, bugünü ve geleceği askeri, endüstriyel ve jeopolitik açıdan değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; Türkiye'nin İHA'lar ile hem askeri kapasitesini artırdığı hem de dünyada İHA sektöründe rekabetçi bir ülke olduğu belirtilmiştir.

Türk (2020) çalışmasında, Türkiye'nin İHA endüstrisi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, Türkiye'nin İHA endüstrisinde görülen sorunlar ve çözüm önerileri sunulmuş özellikle yapay zekanın geliştirilmesinin önemi vurgulanmıştır.

Şen ve Akarşlan (2020) çalışmasında, İHA'ların saldırı potansiyeli ve İHA'lara karşı alınabilecek tedbirler analiz edilmiştir. Sonuç olarak; Türkiye üzerinden örnekler verilerek, İHA'ların saldırı potansiyelinin yüksek olduğu ve İHA'lara karşı savunma tedbirlerinin alınmasının özellikle terörle mücadele kapsamında son derece önemli olduğu vurgulanmıştır.

Literatür taramasında, Türkiye'nin İHA ihracat ve ithalatını analiz eden ve dış ticaret analizlerinde yaygın olarak kullanılan endekslerle yapılmış bir çalışmanın bulunmadığı görülmüştür. Çalışmanın bu boşluğu doldurma anlamında literatüre katkı vereceği düşünülmektedir.

3. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI

İnsansız hava aracının, uzlaşmış bir tanımı bulunmamaktadır. Yapılmış genel tanımlara bakılarak, İHA'lar şöyle tanımlanabilir; içinde bir pilot bulunmayan, kullanım amacına göre üzerinde farklı donanımlar taşıyabilen, belli bir yönetim merkezinde yönetilen ya da önceden belirlenmiş bir güzergâh üzerinde kendiliğinden hareket edebilen hava araçlarıdır (Akkamış & Çalışkan, 2020).

3.1. İHA'ların Tarihi Gelişimi

İlk İHA'nın ne zaman kullanıldığına ilişkin bir uzlaşma bulunmamaktadır. Fakat İHA'ların ilk örneklerinin, 1766 yılında Henry Cavendish tarafından hidrojen gazının keşfi ile ortaya çıkma şansı buldukları söylenebilir. İHA'ların bilimsel anlamda ilk kullanımı, Fransız Fizikçi

Jean Baptiste Biot ve Fransız Kimyacı Joseph Louis Gay Lussac'ın 1804 yılında gerçekleştirdikleri, havanın bileşimi ve dünyanın manyetik alanı üzerine yaptıkları çalışmalar sırasında gerçekleştirilmiştir (Türkseven vd., 2016).

İHA'ların askeri anlamda ilk kullanımı; keşif amacıyla 1793 yılında ABD'de gerçekleştirilmiştir. 1861-1865 yılları arasında yaşanan Amerikan İç Savaşı'nda İHA'lar keşif görevi yapmışlardır. İHA'ların saldırı amacıyla ilk kullanımı; 1849 yılında Avusturya-Macaristan İmparatorluğu tarafından Venedik şehrine gönderilen zaman ayarlı bombalar taşıyan balonlar ile gerçekleştirilmiştir (Yardımcı, 2019).

Bugünkü anlamda ilk İHA, 6 Mart 1918'de ABD'de kullanılmıştır. İlk İHA'ya, Curtis N-9 Aerial Torpedo adı verilmiştir ve 6 Mart 1918 tarihinde havalandırılmış, 1000 yarda (yaklaşık 914 metre) uçuş gerçekleştirmiş ve belirlenen yer ve zamanda yere inmiştir (Erdağ, 2020).

Daha sonraki dönemlerde, İHA'ların geliştirilmesi askeri amaçlar güdülenerek gerçekleştirilmiştir. İHA'lar Vietnam (1964-1972), İsrail-Lübnan Çatışmaları (1982) ve Birinci ve İkinci Körfez savaşlarında aktif olarak kullanılmışlardır (Demir vd., 2015). İlk İHA filosu İsrail tarafından 200. Hava Filosu adıyla 1971 yılında kurulmuştur.

Günümüzde ise, İHA'lar askeri ve sivil olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. İHA endüstrisi uzman kuruluşlarından olan Teal Group to the Association for Unmanned Vehicle Systems International (AUVSI) tahminlerine göre, küresel İHA pazarının büyüklüğü 6 ila 12 milyar dolar civarındadır ve yıllık olarak yüzde 5-10 arasında büyümektedir.

3.2. İHA'ların Avantajları

İHA kullanımının birçok avantajı mevcuttur. Bunlar; kullanım amacına yönelik istenen araç-gereçle donatılabilme, hayati tehlikenin olduğu ve riskli görevleri yerine getirebilme, alçak irtifada uçarak detaylı bilgiler edinebilme, düşük maliyetli olma, maliyetli olabilecek yatırımları düşük maliyetlerle yerine getirebilme (3D modelleme) vb. şeklinde sayılabilir.

Askeri alanda kullanılan İHA ve SİHA'ların avantajları ise, pilot kaybı riskinin olmaması, insan kaynaklı kısıtlamaların olmaması (çalışma saati, uyku gereksinimi vb.), savaş uçaklarına kıyasla maliyet, yakıt ve bakım-onarım masraflarının düşük olması, boyutlarının ufak olmasından dolayı düşman radarları tarafından zor tespit edilmeleri şeklinde sayılabilir (Nişancı vd., 2018).

3.3. İHA'ların Dezavantajları

İHA kullanımının birçok avantajı olduğu gibi bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar şöyle sıralanabilirler;

İlk olarak; İHA'ların havada kalma süreleri sınırlıdır. Bu durum özellikle geniş alanlarda yapılan faaliyetlerde kimi zaman bir dezavantaj oluşturmaktadır. İkincisi; İHA'lar rüzgâr ve yağıştan olumsuz etkilenmektedir ve bu durum yapılan görevin kalitesini etkilemektedir. Üçüncüsü; İHA'ların etkin kullanılabilmesi için belli bir elektronik iletişim ve veri akışının sağlanması

gerekmektedir. Bu akışın yer yer çevresel veya savunma tedbirleri nedeniyle kesilmesi olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir (Dikmen, 2015). Dördüncüsü; İHA'lar terör örgütleri ya da kötü niyetli bireylerin elinde casusluk, saldırı gibi hizmetlerde kullanılabilirler. Beşincisi; İHA'ların etkin şekilde kullanılabilmesi için eğitilmiş kullanıcılara ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için uzun süren ve maliyetli eğitimlerin verilmesi gerekmektedir. Son olarak; kimi uzmanlara göre İHA'lar yazılım ve donanım zaafı taşıymaktadırlar ve siber saldırılara açıktırlar, bu yüzden İHA'ların güvenilirlikleri sorgulanmaktadır.

3.4. Türkiye'nin İHA Geliştirme Süreci

Teknolojideki hızlı gelişme ile, askeri teknoloji de bundan etkilenmiştir. Günümüzde insansız sistemler savaş alanlarında daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. İHA teknolojisinin askeri anlamda gelişimi de aslında askeri teknolojinin bu gelişiminin yansımasıdır. Özellikle insansız sistemlerin terörle mücadelede başarı şansını artıracakları düşünülmektedir.

Türkiye uzun yıllardır terörizmin hedefinde olan bir ülkedir. Bu nedenle Türkiye'de İHA teknolojisinin gelişimi askeri amaçlar ağırlıklı olarak gerçekleşmiştir. TSK'da kullanılan ilk İHA, 1989 yılında kullanılmaya başlayan Meggitt firması tarafından üretilmiş olan, Banshee sistemidir. Türkiye'nin yerli İHA üretmek için geliştirdiği ilk proje olan İHA-X1-Şahit projesi Mart 1990 tarihinde başlatılmıştır (Aksan, 2020). X1-Şahit, İHA'sından iki adet üretilmesine ve başarıyla uçurulmasına rağmen bütçe sorunlarından dolayı seri üretime geçilmemiştir. 1993 yılında Almanya tarafından 5 adet CL-89 İHA'sı Türkiye'ye hibe edilmiştir. Fakat lojistik sıkıntılar ve yaşanan kazalar nedeniyle bu İHA'lar envanterden çıkarılmıştır. 1994 yılında Türkiye ABD'den GNAT-750 İHA'larını ithal etmiş ve bu İHA'lar 1994-1998 döneminde aktif görevde kullanılmışlardır. TSK'nın ihtiyacı olan İHA'ların ithal edilmesine paralel olarak, yerli İHA üretebilmek için adımlar atılmaya başlanmıştır. Bunların sonucu olarak Türk Havacılık ve Uzay Sanayii (TUSAŞ) tarafından sırasıyla; Turna-Keklik (1996), Pelikan-Martı (2003), Öncü (2008), Şimşek (2012) ve ANKA (2010) insansız hava araçları üretilmiştir.

Yerli İHA üretmeyi amaçlayan Türkiye, ihtiyaçlar doğrultusunda, 2005 yılında İsrail'den bir adet Heron İHA'sını 4 milyon dolar bedelle kiralamıştır. 2007 yılında üç adet daha Heron kiralanmasına rağmen, bu İHA'lardan istenen verim alınamamış hatta üç tanesi düşmüştür. Buna rağmen, Türkiye 2008 yılında on adet Heron'u 188 milyon dolar bedelle satın almıştır (Yanarocak, 2020). Teknik özellikler açısından ABD menşeli Predator İHA'sı, Heron'a göre daha gelişmiştir. Fakat İsrail'in Aselsan tarafından geliştirilen Aselfir 300T'yi (Elektro-optik keşif, gözetleme ve hedefleme sistemi) Heron'lara entegre etmeyi kabul etmesi, Türkiye'nin Heron'ları tercih etmesinde önemli bir etmen olmuştur. Sonraki dönemlerde İsrail ile yaşanan Mavi Marmara olayının da etkisiyle Türkiye, İHA konusunda yerli ve milli kaynaklara yönelmeye başlamıştır.

İsrail ile İHA konusundaki ilişkiler sürerken, 2007 yılında Baykar tarafından üretilen Bayraktar Mini İHA, TSK envanterine girmiştir. Bu İHA 2012 yılında Katar'a

ihraç edilerek, ihracatı gerçekleştirilen ilk yerli İHA olmuştur. Daha sonrasında Baykar tarafından, Malazgirt (2009), Bayraktar TB2 (2014) üretilmiştir. Buna ek olarak, Bayraktar Akıncı ve Bayraktar DİHA'nın üretim ve geliştirme süreçleri devam etmektedir. Özellikle Bayraktar TB2'ler, 2015 yılında silah sistemleri ile donatılmışlar ve Türkiye'nin gerçekleştirmiş olduğu Fırat Kalkanı (2016), Zeytin Dalı (2018), Barış Pınarı (2019) ve Bahar Kalkanı (2020) harekâtlarında etkin şekilde kullanılmışlardır (Urcosta, 2020). Bu sayılanlar dışında, Türkiye'de yerli firmalarca üretilmiş olan birçok İHA/ SİHA'lar bulunmaktadır. Bunlar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Türkiye'nin Ürettiği İHA/SİHA'lar

İHA / SİHA Adı	Üretim Yılı	Üretici Firma	Ağırlık (kg)	Uçuş Süresi
Turna	1995	TUSAŞ	75	90 dk
Bayraktar Mini	2007	Baykar	4,5	60-80 dk
Malazgirt	2009	Baykar	12	2 saat
Şimşek	2009	TUSAŞ	75	1 saat
Anka	2010	TUSAŞ	1600	24 saat
Karayel	2014	Vestel	550	20 saat
Bayraktar TB2	2015	Baykar	650	27 saat
Alpagu	2017	STM	3,7	10 dk
Altınay X-4	2017	Altınay	3,6-20	1,5 saat
Togan	2017	STM	7	50 dk
Uçankaya 30	2017	Uçankaya	19-30	-
Uçankaya 60	2017	Uçankaya	45-60	-
Serçe-I	2018	Aselsan	6,5	30 dk
ARI-1T	2018	Aselsan	3	2 saat
Kargu	2018	STM	7	30 dk
Tetron	2018	Otonom ek.	-	-
Kargu-2	2019	STM	-	-
Songar	2019	Asisguard	45	20 dk
Mius Mini	2019	Aselsan	8	2 saat
Albatros	2019	Altınay	195-370-630	1 saat
Sumru	2019	Altınay	120	6 saat
Kartal	2019	Altınay	40	25 dk
Doğan	2019	Altınay	40	25 dk

Kaynak: (Türk, 2020) çalışmasından faydalanılarak düzenlenmiştir.

Türkiye'nin geliştirme aşamasında olduğu İHA/SİHA'ların listesi Tablo 3'te verilmiştir. Yıl sütununda, geliştirilen sistemin seri üretime geçeceği tahmin edilen yıl yer almaktadır (Aksan, 2020).

Tablo 3. Türkiye'nin Geliştirmekte İHA/SİHA'lar

İHA/ SİHA Adı	Yıl	Firma	Ağırlığı (kg)	Uçuş Süresi
Aksungur	2021	TUSAŞ	1800	24 saat
	2022			
Akıncı	2021	Baykar	5500	24 saat
	2022			
DİHA	2021	Baykar	30	12 saat
	2022			
MİUS	2023	Baykar	3500	4-5 saat

Türk Silahlı Kuvvetleri bünyesinde İHA kullanan bazı birimler oluşturulmuştur. Bunlar, Batman'da konuşlanmış olan 14. İnsansız Uçak Sistemleri Üs Komutanlığı, Elazığ'da konuşlanmış olan Elazığ Taktik İHA Birlik Komutanlığı ve Çanakkale'de bulunan 313. Deniz İHA-S İnsansız Hava Aracı Filo Komutanlığı olarak sayılabilirler.

Türkiye, İHA üretimi konusunda geldiği nokta ile ihracatçı konuma yükselmiştir. Türkiye'nin gerçekleştirmiş olduğu İHA ihracatlarının, ülke, gerçekleşme yılı, model ve adet bilgileri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Türkiye'nin İHA İhracatı

Ülke	Yıl	Model	Adet
Katar	2012	Bayraktar Mini	20
Suudi Arabistan	2017	Karayel	Teknoloji Transferi
Libya	2019	Bayraktar TB2	-
Katar	2019	Bayraktar TB2	6
Ukrayna	2019	Bayraktar TB2	6
Azerbaycan	2020	Bayraktar TB2	6
Tunus	2020	ANKA	3

Türkiye'nin İHA/SİHA üretmesi birçok fayda sağlamaktadır. Bunlar,

1. İHA üretimi maliyet avantajını beraberinde getirmiştir. Örneğin; İsrail'den alınan Heron İHA'ları için birim başına, Türkiye 18 milyon dolar ödemiştir. Yerli kaynaklarla üretilmiş olan Bayraktar TB2'nin ise birim fiyatı 4 milyon dolar civarındadır.
2. İlerleyen yıllarda savaş alanlarında daha fazla insansız aracın görev alacağı tahmin edilmektedir. Türkiye, İHA üretimi ile aslında gelecekte üretebileceği diğer insansız araçlar için bilgi, tecrübe ve sermaye birikimi sağlamaktadır.
3. İHA/SİHA'ların önem kazanması ile bu araçların ihracatının daha da artacağı düşünülmektedir. Türkiye İHA ihracat pazarından daha yüksek paylar alarak, dış ticaret açığını azaltma ve ekonomik büyümesini artırma şansı yakalayabilir.

Türkiye'de İHA'larla ilgili prosedürler, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından 22 Nisan 2016 tarihinde yayınlanmış olan "İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı-SHT-İHA" ile düzenlenmiştir. Türkiye'de 2019 yılı itibarıyla, İHA pilot lisansına sahip kişi sayısı 52.120, İHA sayısı ise 34.150'dir (Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, 2020).

4. YÖNTEM

Küreselleşmenin artması ile ülkelerin dış ticarete konu olan ürünlerde rekabet güçlerini belirlemeleri önem kazanmıştır. Rekabet gücü, bir ülkenin ya da firmanın belli bir mal veya hizmette uluslararası piyasalardaki durumudur.

Rekabet gücünün belirlenmesi için çeşitli dış ticaret endeksleri bulunmaktadır. Çalışmada yer alan endeksler şu şekildedir;

4.1 Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlük Endeksleri (Revealed Comparative Advantage Index-RCA)

1965 yılında Balassa, kendi adıyla da anılan Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler (RCA) endeksinin geliştirmiştir (Seymen, 2009, s. 236). Balassa endeksinin amacı, ilgili mal ya da endüstri için, ülkenin karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olup olmadığını belirlemesidir. Denklem 1'de RCA2 endeksi

görülmektedir. Denklem 1'de X ihracatı, i ülkeyi, j mal veya endüstriyi, t mal veya endüstri grubunu ve n ülke veya ülke grubunu temsil etmektedir. Endeks değerinin 1'den büyük olması, ülkenin bahsi geçen ürün veya endüstride açıklanmış karşılaştırmalı üstünlüğü olduğunu göstermektedir. Endeks değeri 1'den küçük ise, ülkenin bu mal veya endüstri grubunda açıklanmış karşılaştırmalı üstünlüğünün olmadığını göstermektedir.

$$RCA2 = \frac{X_{ij}/X_{it}}{X_{nj}/X_{nt}} \quad (1)$$

RCA2 endeksi, ithalatı analize dahil etmediği için eleştirilmiştir. Eleştiriler sonucunda, endeks revize edilmiş ve ithalatı da analize dahil eden Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlük Endeksi (RCA3) oluşturulmuştur. RCA3 endeksinde bulunan değerler eğer 1'den büyükse o ürün veya ürün grubunda karşılaştırmalı üstünlük olduğu düşünülmektedir. RCA3 endeksi aşağıdaki gibi formüle edilir. Denklem 2'de RCA3 endeksi görülmektedir. Denklem 2'de X_{ij} i ülkesinin j malı ihracatını, X_{it} i ülkesinin t malı ihracatını, M_{ij} i ülkesinin j malı ithalatını, M_{it} i ülkesinin t malı ithalatını temsil etmektedir. Endeks değerinin 1'den büyük olması, ülkenin bahsi geçen ürün veya endüstride açıklanmış karşılaştırmalı üstünlüğü olduğunu göstermektedir. Endeks değeri 1'den küçük ise, ülkenin bu mal veya endüstri grubunda açıklanmış karşılaştırmalı üstünlüğünün olmadığını göstermektedir.

$$RCA3 = \frac{X_{ij}/X_{it}}{M_{ij}/M_{it}} = \frac{X_{ij}/M_{ij}}{X_{it}/M_{it}} \quad (2)$$

4.2 Açıklanmış Rekabet Üstünlük Endeksleri (Revealed Competitiveness-RC)

Balassa endeksine alternatif olarak Vollrath 1991 yılında, rekabet gücünü açıklamaya yönelik olarak açıklanmış rekabet üstünlük endekslerini oluşturmuştur. Bu yöntem sırasıyla nispi ticaret üstünlüğü (relative trade advantage-RTA), nispi ihracat üstünlüğü (relative export advantage-RXA), nispi ithalat üstünlüğü (relative import advantage-RMA) bileşenlerinden oluşmaktadır. Nispi ticaret üstünlüğü (RTA), nispi ihracat üstünlüğünden (RXA) nispi ithalat üstünlüğü (RMA) endeks değerlerinin farkından oluşmaktadır. Bu endekslerin pozitif değer alması, rekabetçi bir avantajın varlığını; negatif değer alması ise rekabetçi bir dezavantajın varlığını göstermektedir. Balassa endeksiyle, Vollrath endeksi arasındaki temel bir fark bulunmaktadır. Bu fark, Vollrath endeksi hesaplanırken iki kere hesaplamadan kaçınmak için rekabet gücü analiz edilen ülkenin ticaret verileri, dahil olduğu ülke grubunun ticaret verilerinden çıkartılıyor olmasıdır.

4.2.1 Nispi İhracat Üstünlüğü Endeksi (Revealed Export Competitiveness-RXA)

Nispi ihracat üstünlüğü endeksi (RXA), belirli bir mal grubunda herhangi bir ülkenin, küresel pazarda sahip olduğu ihracat payının diğer bütün mal gruplarındaki dünya ihracatındaki payına oranlanması olarak ifade edilmektedir (Vollrath, 1991, s. 270).

Denklem 3'te RXA endeksi görülmektedir. Denklem 3'te Xij i ülkesinin j malı için ihracat değeri, Xit i ülkesinin toplam ihracat değerini, Xwj j malı için toplam dünyada gerçekleşen ihracat değerini, Xwt ise dünyada bütün mallar için gerçekleşen ihracat değerini temsil etmektedir.

$$RXA_{ij} = \left(\frac{X_{ij}}{X_{it}} \right) / \left(\frac{X_{wj} - X_{ij}}{X_{wt} - X_{it}} \right) \quad (3)$$

4.2.2 Nispi İthalat Üstünlüğü Endeksi (Revealed Import Competitiveness-RMA)

Nispi ithalat üstünlüğü endeksi (RMA), belirli bir mal grubunda herhangi bir ülkenin, küresel ticarete sahip olduğu ithalat payının diğer bütün mal gruplarında dünya ithalatındaki payına oranı olarak ifade edilmektedir. Denklem 4'te RMA endeksi görülmektedir. Denklem 4'te Mij i ülkesinin j malı için ithalat değerini, Mit i ülkesinin toplam ihracat değerini, Mwj j malı için toplam dünyada gerçekleşen ithalat değerini ve Mwt dünyada bütün mallar için gerçekleşen ithalat değerini temsil etmektedir.

$$RMA_{ij} = \left(\frac{M_{ij}}{M_{it}} \right) / \left(\frac{M_{wj} - M_{ij}}{M_{wt} - M_{it}} \right) \quad (4)$$

4.3.3 Nispi Ticaret Üstünlüğü Endeksi (Revealed Trade Competitiveness-RTA)

Denklem 5'te Nispi ticaret üstünlüğü endeksi (RTA) endeksinin nasıl hesaplandığı görülmektedir. Nispi ticaret üstünlüğü endeksi (RTA), nispi ihracat üstünlüğü endeksinden (RXA) nispi ithalat üstünlüğü endeksinin (RMA) çıkarılması sonucunda elde edilmektedir. Analiz sonucunun pozitif değer alması, ülkenin o ürün grubunda rekabet gücünün yüksek olduğu, negatif bir değer alması ise rekabet gücünün düşük olduğu şeklinde yorumlanır.

$$RTA_{ij} = RXA_{ij} - RMA_{ij} \quad (5)$$

Vollrath endeksi (RC- RTA) rekabet gücünün ölçülmesinde, Balassa endekslerine (RCA) göre daha isabetli sonuçlar vermektedir. Bunun nedeni; endekste ihracat ve ithalat verilerinin beraber kullanılmasıdır. Ancak RTA ve RC endeksleri bazı kısıtlamalara da sahiptir. Özellikle iki yanlı ticaretin söz konusu olmadığı durumlarda (ithalat ya da ihracat sıfır), endekslerinin uygulanması sınırlı kalacaktır (Şimşek & Sadat, 2009).

4.3 İhracatta Uzmanlaşma Endeksi (Export Specialization Index-ES)

Bu endeks ülkelerin sadece kendi ticaret performanslarını dikkate almaktadır. ES endeksi, bir ülkenin belli bir ürün ya da ürün grubundaki ihracat ve ithalat verileri kullanılarak hesaplanmaktadır.

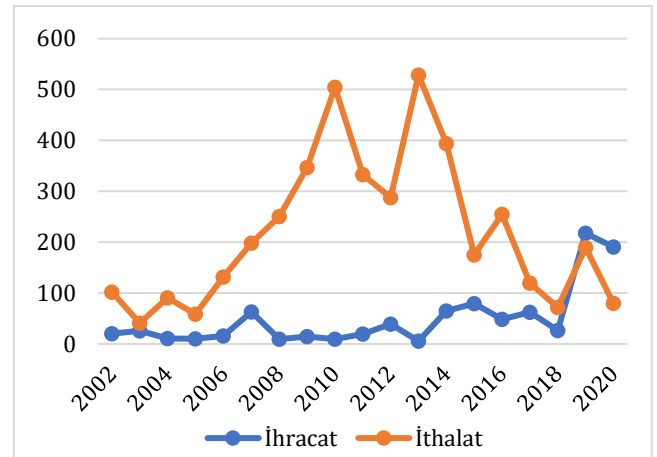
$$ES = \frac{X_{ij} - M_{ij}}{X_{it} + M_{it}} \quad (6)$$

Denklem 6'da ES endeksi görülmektedir. Denklem 6'da Xij i ülkesinin j malı ihracatını, Mij i ülkesinin j malı ithalatını temsil etmektedirler. Endeks değeri pozitif ise ülkenin o ürüne ihracatında uzmanlaştığını, negatif ise ihracatta uzmanlaşmanın söz konusu olmadığı şeklinde yorumlanır. Endeks -1 ile +1 arasında değerler almaktadır.

5. BULGULAR

Çalışma kapsamında 4 adet ürün grubu ayrı ayrı ve toplu olarak incelenmiştir. Grafik yoluyla yapılan analizlerde birim olarak milyon ABD doları kullanılmıştır. Pay tablolarında ise yüzdelik oranlar yer almaktadır. Endeks tablolarında ise değerler endeks değerlerini temsil etmektedir. Bazı tablolarda 2020 yılına ilişkin analizler gerçekleştirilememiştir. Bunun nedeni henüz 2020 yılına ilişkin dış ticaret verilerinin tam olarak sağlanmamasıdır.

Türkiye'nin toplam İHA ihracat ve ithalat verileri tablosu Şekil 1'de verilmiştir. Şekle göre, 2002 ile 2018 yılları arasında Türkiye'nin İHA'larda dış ticaret açığı verdiği görülmüştür. 2019 ve 2020 yıllarında ise Türkiye'nin İHA ticaretinde dış ticaret fazlası verdiği görülmektedir.



Şekil 1. Türkiye'nin İHA İhracat İthalat Verileri Tablosu

Çalışma kapsamında incelenen 4 ürün grubunun ve bunların toplamalarının, Dünyadaki aynı ürün ve ürün grubu ihracat ve ithalatı içindeki pay tablosu Tablo 5'te verilmiştir. İhracata bakıldığında, 880220 kodlu (Yüksüz ağırlığı 2000 kg'ı geçmeyen uçaklar ve diğer uçaklar) ürün grubu dışındaki ürün gruplarında, Türkiye'nin dünya ihracatından aldığı payın düşük olduğu görülmüştür. 880220 kodlu ürün grubunda ise 2019 yılında Türkiye'nin dünya ihracatının yüzde 21,01'ini gerçekleştirdiği görülmüştür. Ürün gruplarının toplamına bakıldığında ise, Türkiye'nin yıllar itibarıyla İHA ihracatından daha yüksek paylar almaya başladığı söylenebilir. 2019 yılında ise Türkiye, dünya İHA ihracatının yüzde 1,43'ünü gerçekleştirmiştir.

Tablo 5. Dünya İHA Ticaretinde Türkiye'nin Payı

İhracat	880211	880212	880220	880230	Toplam	İthalat	880211	880212	880220	880230	Toplam
2002	0,14	0,04	0,01	0,14	0,12	2002	0,00	4,70	0,14	0,32	0,79
2003	0,03	0,02	0,11	0,21	0,17	2003	0,00	3,81	0,08	0,00	0,30
2004	0,09	0,23	0,02	0,05	0,07	2004	0,46	2,41	0,11	0,49	0,64
2005	0,24	0,26	0,00	0,04	0,08	2005	0,49	0,41	3,26	0,27	0,44
2006	0,14	0,24	0,15	0,03	0,08	2006	0,83	0,56	0,61	0,67	0,66
2007	0,00	0,13	0,03	0,33	0,26	2007	0,03	1,60	0,19	1,06	1,01
2008	0,00	0,01	0,01	0,05	0,04	2008	0,42	2,66	0,46	0,49	0,70
2009	0,00	0,00	0,05	0,17	0,10	2009	3,42	2,02	1,13	1,65	1,81
2010	0,00	0,02	0,05	0,10	0,07	2010	0,74	6,23	8,74	1,60	3,10
2011	0,00	0,40	0,02	0,05	0,15	2011	0,17	4,79	5,78	0,67	2,09
2012	0,06	0,14	0,42	0,33	0,25	2012	0,21	3,60	0,36	1,55	1,83
2013	0,00	0,04	0,01	0,03	0,03	2013	0,98	5,09	1,16	2,52	3,06
2014	0,46	0,13	0,04	0,42	0,31	2014	2,30	2,48	1,31	2,29	2,31
2015	0,39	0,07	0,06	0,62	0,39	2015	0,09	1,64	0,60	0,77	0,94
2016	0,16	0,02	0,03	0,42	0,25	2016	1,19	0,61	2,14	2,16	1,53
2017	0,54	0,23	0,02	0,46	0,36	2017	0,81	0,96	0,39	0,59	0,67
2018	0,01	0,38	0,10	0,10	0,18	2018	0,24	1,13	0,16	0,24	0,43
2019	0,42	0,19	21,01	0,20	1,43	2019	0,19	4,68	0,51	0,07	1,07

İthalata bakıldığında, 880211, 880220 ve 880230 kodlu ürün grubunda bazı yıllarda Türkiye'nin ithalat payının arttığı görülmekle beraber özellikle son yıllarda bir düşüş yaşandığı görülmüştür. 880212 (Yüksüz ağırlığı 2000 kg'ı ile 15000 kg arasında olan helikopterler) kodlu ürün grubunda ise Türkiye'nin dünya ithalatında genel olarak yüzde 1'in üzerinde paya sahip olduğu söylenebilir. Ürün gruplarının toplamlarına bakıldığında ise genel anlamda Türkiye'nin dünya ithalatı içindeki payının azaldığı görülmüştür.

880211 kodlu (Yüksüz ağırlığı 2000 kg'ı geçmeyen helikopterler) ürün grubu için hesaplanmış olan endeks değerleri tablosu Tablo 6'da verilmiştir. RCA2 endeksinde, incelenen yıllar itibariyle Türkiye'nin karşılaştırmalı üstünlüğünün bulunmadığı görülmüştür. RCA3 endeksinde 2003, 2015 ve 2019 yılları dışında bir karşılaştırmalı üstünlüğe rastlanmamıştır. İnceleme döneminde genel olarak, nispi ithalat üstünlüğü endeksinin (RMA), nispi ihracat üstünlüğü endeksinden (RXA) yüksek olduğu görülmüştür. Bu nedenle nispi ticaret endeksi (RTA) negatif değerler almıştır. Bu Türkiye'nin 880211 kodlu ürün grubunda rekabet gücünün düşük olduğu şeklinde yorumlanmaktadır. İhracatta uzmanlaşma endeksine bakıldığında (ES) incelenen dönemlerde genellikle negatif değerler aldığı görülmüştür. Buradan Türkiye'nin ihracatta 880211 kodlu ürün grubunda uzmanlaşmadığı sonucunu çıkarılmıştır.

Tablo 6. 880211 Kodlu Ürün Grubu İçin Hesaplanan Endeks Değerleri

	880211					
	RCA2	RCA3	RXA	RMA	RTA	ES
2002	0,25	-	0,25	0,00	0,25	1,00
2003	0,04	13,41	0,04	0,00	0,04	0,80
2004	0,13	0,16	0,13	0,44	-0,31	-0,81
2005	0,34	0,58	0,34	0,44	-0,10	-0,46
2006	0,20	0,42	0,20	0,73	-0,52	-0,59
2007	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,02	-1,00
2008	0,00	0,00	0,00	0,34	-0,34	-1,00
2009	0,00	0,00	0,00	3,16	-3,16	-1,00
2010	0,00	0,00	0,00	0,61	-0,61	-1,00
2011	0,00	0,00	0,00	0,13	-0,13	-1,00
2012	0,07	0,35	0,07	0,16	-0,09	-0,63
2013	0,00	0,01	0,00	0,75	-0,74	-0,99
2014	0,56	0,26	0,56	1,85	-1,29	-0,71
2015	0,45	3,30	0,45	0,07	0,38	0,39
2016	0,18	0,14	0,18	0,98	-0,80	-0,81
2017	0,61	0,69	0,61	0,62	-0,01	-0,36
2018	0,01	0,03	0,01	0,21	-0,20	-0,95
2019	0,44	1,91	0,44	0,17	0,26	0,24
2020	-	0,8912	-	-	-	-0,19

Tablo 7. 880212 Kodlu Ürün Grubu İçin Hesaplanan Endeks Değerleri

	880212					
	RCA2	RCA3	RXA	RMA	RTA	ES
2002	0,08	0,02	0,08	6,27	-6,19	-0,97
2003	0,03	0,01	0,03	4,34	-4,31	-0,98
2004	0,33	0,21	0,33	2,34	-2,00	-0,76
2005	0,37	1,14	0,37	0,37	-0,01	-0,16
2006	0,34	0,94	0,34	0,49	-0,15	-0,27
2007	0,17	0,20	0,17	1,34	-1,17	-0,77
2008	0,01	0,01	0,01	2,19	-2,18	-0,99
2009	0,00	0,00	0,00	1,84	-1,84	-
2010	0,03	0,01	0,03	5,49	-5,46	-0,99
2011	0,55	0,14	0,55	3,83	-3,28	-0,86
2012	0,17	0,08	0,17	2,92	-2,75	-0,90
2013	0,06	0,02	0,06	4,04	-3,99	-0,98
2014	0,16	0,10	0,16	1,99	-1,83	-0,88
2015	0,08	0,07	0,08	1,33	-1,25	-0,91
2016	0,02	0,04	0,02	0,50	-0,48	-0,94
2017	0,26	0,39	0,26	0,74	-0,48	-0,59
2018	0,44	0,56	0,44	1,00	-0,55	-0,41
2019	0,20	0,06	0,20	4,42	-4,22	-0,90
2020	-	1,05	-	-	-	-0,11

880212 kodlu (Yüksüz ağırlığı 2000 kg'ı ile 15000 kg arasında olan helikopterler) ürün grubu için hesaplanmış olan endeks değerleri tablosu Tablo 7'de verilmiştir. RCA2 endeksinde, incelenen yıllar itibariyle Türkiye'nin karşılaştırmalı üstünlüğünün bulunmadığı görülmüştür. RCA3 endeksinde 2005 ve 2020 yılları dışında bir karşılaştırmalı üstünlüğe rastlanmamıştır.

İnceleme döneminin tamamında, nispi ithalat üstünlüğü endeksinin (RMA), nispi ihracat üstünlüğü endeksinden (RXA) yüksek olduğu görülmüştür. Bu nedenle nispi ticaret endeksi (RTA) negatif değerler almıştır. Bu Türkiye'nin 880212 kodlu ürün grubunda rekabet gücünün düşük olduğu şeklinde yorumlanmaktadır. İhracatta uzmanlaşma endeksine bakıldığında (ES) incelenen dönemin tamamında negatif değerler aldığı görülmüştür. Buradan Türkiye'nin ihracatta 880212 kodlu ürün grubunda uzmanlaşmadığı sonucu çıkarılmaktadır.

880220 kodlu (Yüksüz ağırlığı 2000 kg'ı geçmeyen uçaklar ve diğer araçlar) ürün grubu için hesaplanmış olan endeks değerleri tablosu Tablo 8'de verilmiştir. RCA2 endeksinde, incelenen yıllar itibariyle genellikle Türkiye'nin karşılaştırmalı üstünlüğünün bulunmadığı fakat 2019 yılında yüksek oranda bir karşılaştırmalı üstünlüğün olduğu görülmüştür. RCA3 endeksinde 2003, 2012, 2019 ve 2020 yılları dışında bir karşılaştırmalı üstünlüğe rastlanmamıştır.

Tablo 8. 880220 Kodlu Ürün Grubu İçin Hesaplanan Endeks Değerleri

	880220					
	RCA2	RCA3	RXA	RMA	RTA	ES
2002	0,03	0,16	0,03	0,18	-0,15	-0,79
2003	0,17	1,41	0,17	0,09	0,08	-0,02
2004	0,03	0,30	0,03	0,10	-0,07	-0,67
2005	0,01	0,00	0,01	3,03	-3,03	-1,00
2006	0,21	0,56	0,21	0,53	-0,33	-0,49
2007	0,04	0,24	0,04	0,16	-0,12	-0,73
2008	0,01	0,02	0,01	0,37	-0,36	-0,98
2009	0,06	0,02	0,06	1,02	-0,96	-0,97
2010	0,07	0,00	0,07	7,91	-7,84	-0,99
2011	0,03	0,00	0,03	4,67	-4,64	-1,00
2012	0,51	1,05	0,51	0,29	0,22	-0,19
2013	0,02	0,01	0,02	0,88	-0,87	-0,99
2014	0,05	0,06	0,05	1,04	-0,99	-0,92
2015	0,07	0,15	0,07	0,48	-0,42	-0,82
2016	0,03	0,04	0,03	1,77	-1,73	-0,94
2017	0,02	0,08	0,02	0,30	-0,28	-0,90
2018	0,11	0,47	0,11	0,14	-0,03	-0,48
2019	21,99	52,56	27,87	0,47	27,41	0,96
2020	-	23,93	-	-	-	0,90

İnceleme dönemde genel olarak, nispi ithalat üstünlüğü endeksinin (RMA), nispi ihracat üstünlüğü endeksinden (RXA) yüksek olduğu görülmüştür. Bu nedenle nispi ticaret endeksi (RTA) negatif değerler almıştır. Fakat 2019 yılında RTA endeksinin 27,87 gibi yüksek bir değere ulaştığı görülmüştür. Buradan Türkiye'nin 880220 kodlu ürün grubunda rekabet gücünün düşük olduğu fakat özellikle 2019 yılında yüksek bir rekabet gücünün elde edildiği şeklinde yorumlanmaktadır. İhracatta uzmanlaşma endeksine bakıldığında (ES) incelenen dönemlerde genellikle negatif değerler aldığı 2019 ve 2020 yıllarında ise endeksin en yüksek değeri olan +1'e çok yakın seyrettiği görülmüştür. Buradan Türkiye'nin ihracatta 880220 kodlu ürün grubunda özellikle son yıllarda bir uzmanlaşmasının olduğu sonucu çıkarılmaktadır.

880230 kodlu (Yüksüz ağırlığı 2000 kg'ı ile 15000 kg arasında olan uçaklar ve diğer uçaklar) ürün grubu için hesaplanmış olan endeks değerleri Tablo 9'da verilmiştir. RCA2 endeksinde, incelenen yıllar itibarıyla Türkiye'nin karşılaştırmalı üstünlüğünün bulunmadığı görülmüştür. RCA3 endeksinde, incelenen yıllar itibarıyla 2003, 2015, 2017 ve 2019 yılları dışında Türkiye'nin karşılaştırmalı üstünlüğünün bulunmadığı görülmüştür.

Tablo 9. 880230 Kodlu Ürün Grubu İçin Hesaplanan Endeks Değerleri

	880230					
	RCA2	RCA3	RXA	RMA	RTA	ES
2002	0,25	0,77	0,25	0,40	-0,15	-0,30
2003	0,34	5,70	0,34	0,00	0,34	0,99
2004	0,08	0,17	0,08	0,47	-0,39	-0,80
2005	0,05	0,21	0,05	0,25	-0,19	-0,77
2006	0,05	0,08	0,05	0,58	-0,54	-0,91
2007	0,44	0,60	0,44	0,89	-0,45	-0,45
2008	0,06	0,11	0,06	0,40	-0,34	-0,87
2009	0,21	0,10	0,21	1,50	-1,28	-0,87
2010	0,14	0,08	0,14	1,34	-1,21	-0,90
2011	0,07	0,12	0,07	0,51	-0,44	-0,87
2012	0,40	0,31	0,40	1,23	-0,83	-0,66
2013	0,04	0,02	0,04	1,95	-1,92	-0,97
2014	0,50	0,36	0,50	1,84	-1,33	-0,62
2015	0,71	1,36	0,72	0,62	0,10	-0,03
2016	0,47	0,34	0,47	1,79	-1,32	-0,61
2017	0,52	1,11	0,52	0,45	0,07	-0,15
2018	0,11	0,45	0,11	0,21	-0,10	-0,50
2019	0,21	2,20	0,21	0,07	0,14	0,31
2020	-	0,05	-	-	-	-0,92

İnceleme dönemde genel olarak, nispi ithalat üstünlüğü endeksinin (RMA), nispi ihracat üstünlüğü endeksinden (RXA) yüksek olduğu görülmüştür. Bu nedenle nispi ticaret endeksi (RTA) 2003, 2015, 2017 ve 2019 yılları dışında negatif değerler almıştır. İhracatta uzmanlaşma endeksine bakıldığında (ES) incelenen dönemde 2003 ve 2019 yılları dışında negatif değerler aldığı görülmüştür. Buradan Türkiye'nin ihracatta 880230 kodlu ürün grubunda özellikle son yıllarda bir uzmanlaşmanın olduğu sonucuna varılabilir.

Çalışmada yer alan tüm ürün gruplarının toplamları için hesaplanmış olan endeks değerleri Tablo 10'da yer almaktadır. RCA2 endeksinde, incelenen yıllar itibarıyla genellikle Türkiye'nin karşılaştırmalı üstünlüğünün bulunmadığı fakat 2019 yılında karşılaştırmalı üstünlüğün olduğu görülmüştür. RCA3 endeksinde 2019 ve 2020 yılları dışında bir karşılaştırmalı üstünlüğe rastlanmamıştır.

İnceleme dönemde genel olarak, nispi ithalat üstünlüğü endeksinin (RMA), nispi ihracat üstünlüğü endeksinden (RXA) yüksek olduğu görülmüştür. Bu nedenle nispi ticaret endeksi (RTA) negatif değerler almıştır. Fakat 2019 yılında RTA endeksinin 0,55'e ulaştığı görülmüştür. Buradan Türkiye'nin İHA'larda rekabet gücünün düşük olduğu fakat 2019 yılında bir rekabet gücünün elde edildiği sonucu çıkarılmaktadır. İhracatta uzmanlaşma endeksine bakıldığında (ES) incelenen dönemlerde genellikle negatif değerler aldığı 2019 ve 2020 yıllarında ise endeksin pozitif değerler aldığı görülmüştür. Buradan Türkiye'nin ihracatta İHA'larda özellikle son yıllarda bir uzmanlaşmasının olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 10. Çalışmada Yer Alan Ürün Gruplarının Toplamı İçin Hesaplanan Endeks Değerleri

	TOPLAM					
	RCA2	RCA3	RXA	RMA	RTA	ES
2002	0,22	0,28	0,22	1,01	-0,79	-0,67
2003	0,27	0,93	0,27	0,33	-0,06	-0,22
2004	0,11	0,18	0,11	0,61	-0,50	-0,79
2005	0,11	0,28	0,11	0,40	-0,28	-0,70
2006	0,11	0,20	0,11	0,58	-0,47	-0,78
2007	0,33	0,50	0,34	0,85	-0,51	-0,52
2008	0,04	0,06	0,04	0,57	-0,52	-0,93
2009	0,13	0,06	0,13	1,64	-1,52	-0,92
2010	0,09	0,03	0,09	2,64	-2,56	-0,96
2011	0,20	0,11	0,20	1,63	-1,43	-0,89
2012	0,31	0,21	0,31	1,46	-1,16	-0,76
2013	0,04	0,02	0,04	2,38	-2,34	-0,98
2014	0,37	0,25	0,37	1,86	-1,49	-0,72
2015	0,45	0,65	0,45	0,76	-0,30	-0,38
2016	0,28	0,27	0,28	1,26	-0,98	-0,68
2017	0,41	0,77	0,41	0,52	-0,11	-0,32
2018	0,21	0,49	0,21	0,38	-0,17	-0,46
2019	1,50	1,34	1,53	0,98	0,55	0,07
2020	-	3,10	-	-	-	0,41

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Özellikle son yıllarda İHA'ların hem sivil hem de askeri alanlarda kullanımı yaygınlaşmıştır. İHA'lar kullanım amacına göre donatılabilirler ve tasarlanabilirler ile diğer birçok hava aracının önüne geçmektedirler. İHA'ların kullanım alanları arttıkça, bu araçlara olan talepte artmıştır. Günümüzde İHA ticareti, dış ticarete önemli bir kalem haline gelmeye başlamaktadır. İHA üretimi ileri teknoloji gerektiren bir çabadır. İHA üretimi yapan ülkeler gerekli teknolojileri geliştirmekte ve yayılma etkisi ile bu diğer sektörlerde de

teknolojinin gelişmesini beraberinde getiren bir süreci ortaya çıkartmaktadır.

İHA pazarının daha da gelişeceği tahmin edildiğinde, bu sektöre erken dönemlerde dahil olmanın avantajlı olacağı sonucuna varılabilir. Türkiye bu sektöre erken dahil olan ülkelerden birisidir. Bu durum Türkiye'nin teknoloji üretmesinin yanında, İHA ticaretinden yüksek paylar almasına dolayısıyla dış ticaret açıklarının azalmasına da fayda sağlayacaktır. Türkiye özellikle askeri İHA ve SİHA teknolojilerine ağırlık vermiş gözükmektedir. Bu durum Türkiye'nin savunma sanayinde dışa bağımlılığını azaltıcı etki yapmaktadır. Ayrıca SİHA teknolojisi için erken bir dönemde üstünlük elde edilmesi, Türkiye'nin bölgesinde askeri ve politik gücünü de artırmaktadır. Örneğin; 2020 yılında yaşanan Karabağ Savaşında Türk İHA ve SİHA'ları Azerbaycan saflarında yer almışlar ve başarılı operasyonlar gerçekleştirmişlerdir. Bazı askeri uzmanlara göre Azerbaycan'ın Karabağ'daki başarısının en önemli aktörlerinden birisi Türk SİHA'ları olmuştur.

Çalışmada özellikle son yıllarda Türkiye'nin İHA alanında bir atılım yaptığı ve bunun ihracat rakamlarına yansıdığı görülmüştür. Analiz kapsamında yer alan ürün grupları içerisinde özellikle 880220 kodlu ürün grubunda ihracat rekabet gücünün arttığı, karşılaştırmalı üstünlüğün olduğu ve ihracatta uzmanlaşmanın ortaya çıktığı görülmüştür. Bu ürün grubunda görülen yükselişlerin nedeninin Türkiye'nin askeri İHA ve SİHA'larda özellikle son dönemlerde yapmış olduğu atımdan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca Türkiye'nin ürettiği askeri İHA ve SİHA'ların 2000 kg'ın altında olduğu düşünüldüğünde bu ürünlerin 880220 (Yüksüz ağırlığı 2000 kg'ı geçmeyen uçaklar ve diğer uçaklar) kodlu ürün grubuna dahil olduğu söylenebilmektedir.

Türkiye'nin İHA teknolojisini geliştirmeye erken sayılabilecek bir dönemde başlamış olması son derece önemlidir. Türkiye bu yolla; teknoloji üreten ve geliştiren bir ülke konumuna gelme, savunma sanayinde dışa bağımlılığını azaltma, üretilen teknoloji sayesinde diğer sektörlerde de teknolojinin ilerlemesini sağlama ve ihracat yoluyla dış ticaret açıklarını azaltma gibi faydalar elde edecektir. Türkiye'nin İHA geliştirmeye devam etmesi, geliştirmelerin kolaylaşması için bazı teşviklerin sağlanması faydalı olacaktır.

KAYNAKÇA

Akkamış M & Çalışkan S (2020). İnsansız Hava Araçları ve Tarımsal Uygulamalarda Kullanımı. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 2(1), 08-16.

Aksan S (2020). Türkiye'nin gökyüzündeki başarı imzası: Yerli İHA ve SİHA'lar. TRT Haber Web Sitesi: <https://www.trthaber.com/haber/gundem/turkiyenin-gokyuzundeki-basari-imzasi-yerli-ihave-sihalar-464449.html/>, Giriş: 03.02.2021

Arjomandi M (2007). Classification of Unmanned Aerial Vehicles. The University of Adelaide Web Sitesi: https://www.academia.edu/2055673/Classification_of_Unmanned_Aerial_Vehicles/, Giriş: 05.02.2021

Bakır G (2019). İnsansız Hava Araçlarının Savunma Sanayi Harcamasında Yeri ve Önemi. Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 6(2), 127-134.

Business Insider Intelligence (2020). Commercial Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Market Analysis – Industry trends, forecasts and companies. Business Insider Intelligence Web Sitesi: <https://www.businessinsider.com/commercial-uav-market-analysis/>, Giriş: 10.02.2021

Demir K A, Cicibaş H & Arıca N (2015). Unmanned Aerial Vehicle Domain: Areas of Research Kadir. Defence Science Journal, 65(4), 319-329.

Dikmen M (2015). İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemlerinin Hava Hukuku Bakımından İncelenmesi. Savunma Bilimleri Dergisi, 14(1), 145-176.

Düz S (2020). The Ascension of Turkey as a Drone Power: History, Strategy, and Geopolitical Implications. Ankara: SETA.

Erdağ R (2020). Savaş ve Çatışmanın Değişen Yapısı: Silahların İnsansızlaştırılması. Güvenlik Çalışmaları Dergisi, 22(1), 3-22.

European Commission (2017) Project group dealing with classification of products in the HS/CN nomenclatures – Mechanical/Miscellaneous, European Commission Web Sitesi, <https://ec.europa.eu/transparency/regexpert/index.cfm?do=groupDetail.groupDetail&groupID=3159> / Accessed 29.01.2021.

Gettinger D (2020). The Drone Databook. The Drone Databook Web Sitesi, <https://dronecenter.bard.edu/projects/drone-proliferation/databook/>, Accessed 12.02.2021.

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

Kahvecioğlu S & Oktal H (2014). Turkish UAV capabilities as a new competitor in the market. International Journal of Intelligent Unmanned Systems, 2(3), 183-191.

Kurt Ş & Ün O (2015). İnsansız Hava Araçları (İHA) Üzerine Hava Hukuku Açısından Bir Değerlendirme. Erciyes Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 10(2), 195-213.

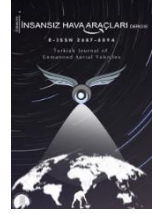
Nişancı M H, Teşneli A Y & Teşneli N B (2018). Yıldırım Darbelerinin Silahlı İnsansız Hava Araçları (SİHA) Üzerindeki Dolaylı Etkilerinin Analizi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(3), 390-395.

- Seymen D A (2009). Türkiye'nin Dış Ticaret Yapısı ve Rekabet Gücü. Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları,1, ISBN 9789754412628.
- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (2020). 2019 Faaliyet Raporu. Ankara: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, /, Giriş: 12.02.2021.
- Şen O & Akarşlan H (2020). Terrorist Use of Unmanned Aerial Vehicles: Turkey's Example. Defence Against Terrorism Review, 13, 49-84.
- Şimşek N & Sadat S A (2009). ECO Pazarında Türkiye: 1997-2005 Dönemi Rekabet Gücü Analizi. Sosyoekonomi, 2, 135-157.
- Türk A (2020). An Investigation For Maturity Level And Roadmap Of Unmanned Aerial Vehicle Technologies In Turkey, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 35s.
- Türkseven S, Kızmaz M Z, Tekin A B, Urkan E & Serim A T (2016). Tarımda Dijital Dönüşüm; İnsansız Hava Araçları Kullanımı. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 12 (4), 267-271.
- Urcosta R B (2020). The Revolution in Drone Warfare The Lessons from the Idlib De-Escalation Zone. European, Middle Eastern & African Affairs, 50-65.
- Vollrath T L (1991). A theoretical evaluation of alternative trade intensity measures of revealed comparative advantage. Weltwirtschaftliches Archiv, 127, 265-280.
- Yanaracak H E (2020, Ağustos 13). Turkey's Giant Leap: Unmanned Aerial Vehicles. The Moshe Dayan Center Web Sitesi: <https://dayan.org/content/turkey-giant-leap-unmanned-aerial-vehicles/>, Giriş: 05.02.2021
- Yardımcı G (2019). İnsansız Hava Araçlarına Türk Mevzuatından Bir Bakış. Journal of Aviation, 3 (1), 61-80.
- Yeşilay R B & Macit A (2019). Economic Outlook of Unmanned Aerial Vehicles in Turkey and The World: "Drone Economics". 3rd International Conference on Economic Research (Econ Alanya), Antalya, Türkiye, 209-214.
- Yılmaz H M, Mutluoğlu Ö, Ulvi A, Yaman A & Bilgilioğlu S S. (2018). İnsansız Hava Aracı ile Ortofoto Üretimi ve Aksaray Üniversitesi Kampüsü Örneği. Geomatik Dergisi, 3(2), 129-136.



© Author(s) 2021.

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



Hale Sınıfı İnsansız Hava Aracı Teknolojisi ve Konvansiyonel (Geleneksel) Savaşta Yeri

Abdurrahman Topal¹, Mücahit Akpınar^{*1}, Hüseyin Beyhan^{*1}

¹ İstanbul Aydın Üniversitesi, Uluslararası İlişkiler ve İstihbarat İncelemeleri, İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler

İnsansız Hava Aracı
Konvansiyonel Savaş
Geleneksel Savaş
HALE

ÖZ

Uçuş ekibi veya pilot olmadan uçuş prensipleri doğrultusunda sürekli veya yarı otomatik şekilde uçabilen insansız hava araçları daha düşük maliyet ve risk faktörlerinden ötürü geleneksel havacılık yöntemlerine kıyasla askeri ve sivil amaçlar için farklı havacılık uygulamalarında kullanılmaktadır. Farklı teknik özelliklere sahip olan insansız hava araçlarının en temel çalışma alanlarından birisi de askeri savaş teknolojisi alanıdır. Bunlar arasında en göze çarpanı ise yüksek irtifa uzun havada kalış (high altitude long endurance - HALE) sınıfı insansız hava araçlarıdır. HALE sınıfı insansız hava araçları kıtalararası görev yapma becerisine sahip sistem teknolojisiyle ve yarattığı kuvvet çarpanıyla stratejik olarak büyük önem taşımaktadır. HALE sınıfı insansız hava aracı günümüzde etkili savaş araçlarından birisi olarak ön plana çıkmaktadır. Bu çalışma da HALE sınıfı insansız hava araçlarının konvansiyonel savaşlardaki yerini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Hale Class Unmanned Aerial Vehicle Technology and Its Place in Conventional (Traditional) Warfare

Keywords

Unmanned Aerial Vehicle
Conventional Warfare
Traditional Warfare
HALE

ABSTRACT

Unmanned aerial vehicles, which can fly continuously or semi-automatically in line with the principles of flight without flight crew or pilot, are used in different aviation applications for military and civil purposes compared to traditional aviation methods due to lower cost and risk factors. One of the main fields of study of unmanned aerial vehicles with different technical features is the field of military warfare technology. The most striking among these are the high-altitude long endurance (HALE) class unmanned aerial vehicles. HALE type unmanned aerial vehicles are strategically important with their system technology capable of intercontinental missions and the force multiplier they create. HALE type unmanned aerial vehicle stands out as one of the effective combat vehicles today. This study aims to reveal the place of HALE type unmanned aerial vehicles in conventional warfare.

*Sorumlu Yazar (*Corresponding Author)

Kaynak Göster/ Cite this article (APA);

* (mucahitakpnar44@gmail.com) ORCID ID 0000-0003-1115-4403
(a.topal3434@hotmail.com) ORCID ID 0000-0002-4140-2650
(huseyinbeyhann@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-2190-1487

Pınar M, Topal A & Beyhan H (2021). Hale Sınıfı İnsansız Hava Aracı Teknolojisi ve Konvansiyonel (Geleneksel) Savaşta Yeri. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 3(1), 17-22.

1. GİRİŞ

İnsansız hava araçları (İHA) üzerinde insan pilotu olmayan uçaklardır. İHA'ların uçuşu bir insan operatörü tarafından uzaktan kumanda altında ya da bir oto pilot olarak adlandırılan yerleşik bilgisayarlar tarafından otonom olarak çalışmaktadır (Sharma vd., 2020). Bu araçların üretimi ve teknolojisinin geliştirilmesi için çeşitli mühendislik atılımları yürütülmüştür. Yürütülen bu araştırmaların önemli bir bölümünün temel amacı bu araçların daha güvenli uçuşlar gerçekleştirebilmelerini sağlamaktır. Bu çalışmalarla birlikte İHA'lar yakın zamanda hem sivil hem de askeri kullanım alanında en gelişmiş sistemler içerisinde yerini almıştır (Arıca vd., 2012: 252). İHA'ların askeri alandaki temel uygulamaları keşif, gözetim ve askeri istihbarattır (Çömert vd., 2012: 18).

Uçuş menzili ve irtifalarına göre farklı şekillerde sınıflandırılan İHA'lar içerisinde yüksek irtifa uzun havada kalış özelliklerine sahip HALE (High Altitude Long Endurance) sınıfı İHA'lar teknolojiye yaşanan gelişmeyle birlikte ülkelerin silahlı kuvvetlerin bünyelerine dahil ettiği yeni sistemlerden biridir. Bu durum İHA'ların önemini her geçen gün daha da artırmakla beraber İHA'ların dünya ordularının elde etmek istedikleri vazgeçilmez araçlar haline gelmelerini sağlamıştır. İHA'lar günümüzün modern silahlı sistemlerinin en önemlileri arasında yer almaktadır. Etkili bir İHA keşif, gözetleme ve istihbarat aracı olarak özellikle tehlikeli alanlarda görev yapabilmek ve uzun süre havada kalabilme kabiliyeti sayesinde güvenlik birimlerinin yararlandıkları faydalı bir araç haline gelmiştir (Kurban, 2014: 1). Bu çalışmada da HALE tipi insansız hava araçlarının konvansiyonel savaşlarda kullanımı incelenmektedir.



Şekil 1. İnsansız hava araçları sınıflandırması (TDA, 2021)

Yukarıdaki şekilde belirtildiği gibi insansız hava araçları dört temel kategoride sınıflandırılmaktadır (TDA, 2021). Buna göre insansız hava araçları ilk kategoride bulunmaktadır. HALE İHA'lar ise HTOL (Yatay iniş kalkış) ve VTOL (Dikey iniş kalkış), hibrit modeller, heliwingler, helikopterler ve diğerleri olarak sınıflandırılmaktadır.

1.1. İnsansız Hava Araçları Tanımı ve Tarihi Gelişimi

İHA'lar ile ilgili yapılan tanımlamalar genellikle birbirine benzemektedir. Ancak bu tanımlamalar zaman içinde İHA'ların yüklendikleri görev ve kullanım şekillerine göre farklılık göstermektedir. İHA'lar içerisinde yolcusu ve pilotu bulunmayan yalnızca amacına uygun donanım taşıyan uzaktan kumanda edilebilen ya da otomatik şekilde görevini yerine getiren bir tür uçaktır (Kahveci ve Can, 20417: 511). Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı'na göre İHA, pilotu olmayan, aerodinamik kuvvetleri kullanarak havada kalan, bağımsız şekilde uçan veya uzaktan kumandayla kontrol edilebilen, tek kullanımlık ya da yeniden kullanılabilen ölümcül özelliklere sahip olan veya olmayan, faydalı yük taşıyan motorlu araçlardır (Thefreedictionary, 2020). Yazılımın yanı sıra, otonom insansız hava araçları, görevlerini insan müdahalesi olmadan gerçekleştirmelerine olanak tanıyan bulut bilgi işlem, bilgisayarla görme, yapay zeka, makine öğrenimi, derin öğrenme ve termal sensörler gibi bir dizi gelişmiş teknolojisini kullanmaktadırlar. Dünya genelinde ilk İHA 1916 yılında M.low tarafından geliştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda ise sınırlı sayıda üretilmiştir. Üretilen bu İHA'ların bazıları 1. Dünya Savaşı esnasında kullanılmıştır. İkinci Dünya Savaşı'nda ise daha fazla İHA kullanılmıştır. Bunlar genellikle trenlerin korunması amacıyla saldırı görevlerini üstlenmiştir. Jet motorlu ilk İHA modeli ise 1951 yılında üretilmiştir. 1955 yılında ise yeni bir İHA modeli olan 1001 modeli ABD deniz kuvvetleri için üretilmiştir (Taylor ve Munson, 1977). Vietnam savaşında ise İHA'lar uzaktan kumandalı uçak olmanın ötesine gidememiştir. İHA'lar Vietnam Savaşı ile birlikte Afganistan ve Irak savaşlarında da askeri operasyon yürütmede kullanılmıştır (Korkmaz vd., 2016: 103). 1980 ve 1990'lı yıllarda daha güçlü ve olgunlaşan İHA'lar özellikle Amerikan askeri çevreleri tarafından ilgi görmeye başlamıştır. Bu durumun en temel nedeni ise İHA'ların uçaklara kıyasla daha az riskli ve ucuz olmasıdır. Bunun yanında İHA'ların riskli görevler esnasında tecrübeli mürettebat zafiyetini en aza indirmesidir. Genel anlamıyla gözetleme ve keşif amacıyla kullanılan İHA'lar günümüzde daha da silahlandırılmıştır. İHA'ların bu denli yaygınlaşmasının temel nedeni ise teknolojiye yaşanan gelişmenin sağladığı olanaklar birlikte daha az maliyetli ve getirisinin daha yüksek olmasıdır (Uyar, 2010).

1.2. İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Amaçları

İHA'lar farklı görevleri ve amaçları gerçekleştirmek için tasarlanan kullanılan batarya tipine bağlı şekilde uçuş zamanı değişkenlik gösteren araçlardır. İHA'lar genellikle teknik özellikleri ve kullanım amaçlarına göre iki temel kategoride sınıflandırılmaktadır. Buna göre teknik özelliklerine göre İHA'lar; uzaktan kumandalı, otomatik, kanat yapısına göre, kullandığı enerji kaynağını ve ağırlığına göre kategorilere ayrılırken kullanma amacına göre ise; sivil ve askeri amaçlı İHA'lar olmak üzere kategorilere ayrılmaktadır (ICAO, 2011). Ancak İHA'ların temel kullanım alanı askeri istihbarat, keşif ve gözetimdir. Bunun yanında farklı insani yardım çalışmalarında ve operasyonlarında da İHA'lar

kullanılmaktadır (Çömert vd., 2012: 18). Nitekim 1849 yılında İtalya'nın Venedik kentine gönderilen bomba balonlara yapılan saldırılar İHA'ların tarihteki ilk kullanımına örnektir (Rawat ve Lawrence, 2014).

Savaş koşullarında elde edilen tecrübeyle birlikte İHA'lar açısından yeni bir kullanım alanı gündeme gelmiştir. Havacılık sanayisi İHA teknolojisinin gelişmeye başladığı en temel alan olmuştur. Böylece insansız hava araçları yapılan gözlemler sonucunda orman yangınlarını tespit etme, ağır hava koşullarını tahmin etme ve petrol kaçaqlarını izleme gibi alanlarda kullanılmaya başlanmıştır (Baştürk, 2015: 82).



Şekil 2. İHA'ların Sivil Kullanım Alanları

İHA'ların ortaya çıkışı temelde askeri kullanım alanındaki ihtiyaçtan kaynaklansa da günümüzde sivil alanda da yaygın şekilde kullanılmaktadır. Sivil alandaki İHA'ların sosyal alanlarda kullanımının yanında eğlence amaçlı olaraktan hızla kullanımı yaygınlaşmaktadır (Korkmaz vd., 2016: 104). İHA'ların sivil kullanım alanları şekil 2'de gösterilmektedir.

İHA'lar zorlu koşullarda önemli görevleri yerine getirebilmesinden dolayı gözetleme, keşif ve istihbarat görevlerinin vazgeçilmez parçasıdır (SSM, 2020).

1.3. Hale Tipi İnsansız Hava Araçları

İnsansız Hava Araçlarının (İHA) çeşitleri, boyutları, görevleri ve kabiliyetleri son 10 yıldan bu yana artan bir hızla büyümüştür. Böylece İHA'lar uçuş menzili ve irtifalarına göre farklı şekillerde tasarlanmıştır. Bunlar arasında en göze çarpanı ise yüksek irtifa uzun havada kalış (HALE) sınıfı insansız hava araçlarıdır. Bu araçlar yüksek irtifa ve uzun dayanıklılık gözetim görevleri için geliştirilmiştir. Metal ve kompozit malzemelerden yapılmak üzere harmanlanmış kanat yapılandırması olarak tasarlanmıştır. Yüksek irtifa uçuşları için optimize edilmiş iki motor ile donatılmıştır. Aracın kanat kontrol yüzeyleri uzunlamasına denge sağlar. Arka gövde bölümündeki kanatçık kanat uçları ile birlikte yön dengesi sağlar. Uçak, geleneksel alanlardan operasyonlara izin veren kontrollü ön ayaklı geri çekilebilir iniş takımı ile donatılmıştır (Goraj vd., 2004: 175).



Şekil 3. Yüksek İrtifa Uzun Dayanıklı İnsansız Hava Aracı (HALE)

HALE sınıfı insansız hava araçları özenle tasarlanmış bir çift kanatlı uçağın, neredeyse aynı dayanıklılığa sahip, bir servis tavanına ulaşmak için aynı yakıtı kullanarak ve kalkış kütlelerine (ve yüke) karşılık gelen olandan önemli ölçüde daha büyük olan yüksek irtifa devriye görevleri için aerodinamik olarak verimli olabileceğini göstermiştir (Şekil 3) (Kaya, 2015: 64).

HALE sınıfı insansız hava araçları farklı üretici firmalar tarafından tasarlanmaktadır. Bu firmalardan biri dünyanın en önemli hava aracı üreticilerinden biri olan Boeing'dir. Boeing, ultra kalıcı istihbarat, gözetleme ve keşif, füze savunması veya diğer görevleri sağlamak için HALE - insansız hava sistemi (Unmanned Aerial system-UAS) göstericisi olan Phantom Eye'ı tasarlamış ve test etmiştir. Phantom Eye göstericisi, ilk uçuşunu 1 Haziran 2012'de tamamlamış ve 53.000 fit'e kadar irtifalarda toplam dokuz uçuş gerçekleştirerek bir hidrojen tahrik sistemini başarıyla göstermiştir. Bu araç operasyonel bir HALE UAS'ın, yakıt ikmali yapmadan ve 270 nm algılama görüş hattıyla 10 güne kadar 65.000 fitte uçuşmasının önünü açmıştır. Araç ile izleme ve izleme için iletişim ve çoklu sensör paketleri dahil olmak üzere çeşitli yükler taşınabilmektedir (Boeing, 2020).

Yüksek irtifa uzun dayanıklılık (HALE) insansız hava araçları ticari ve askeri gözetim, izleme, iletişim ve güvenlik uygulamaları için 24 saat kalıcı mevcudiyet sağlayarak, üst atmosferde 70.000 fite kadar yükseklikte çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Araç zorlu sıcaklıklara, radyasyona ve stratosferik koşullara dayanabilen, aynı zamanda kalıcı, uzun süreli uçuşları mümkün kılmak için yeterli enerjiyi sağlayan ve depolayan uygun maliyetli bir güç ve tahrik sistemi ile geliştirilmiştir (Ball, 2020).

1.4. Hale Sınıfı İnsansız Hava Araçlarının Konvansiyonel Savaşta Yeri

Konvansiyonel ya da başka bir ifadeyle geleneksel savaş, genellikle nükleer silahların dışında yaygın, klasik ve geleneksel savaş araçları ile yapılan savaşları tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu tür savaşlarda taraflar savaşı düzenli orduları ile icra etmektedir (Özdoğan, 2017). Soğuk savaşın bitmesi ile beraber askeri güvenliğini öncelendiği geleneksel savunma sistemleri değişime uğramıştır. 1990'lı yıllarla birlikte geleneksel silahların kullanımından küçük taktik birliklerinin görevlendirildiği, devlet dışı silahlı grupların desteklendiği, maliyeti daha az ancak teknoloji yoğun askeri araçlara ilginin arttığı bir çatışma ortamına dönüşüm başlamıştır (Ak ve Sarı, 2018: 624). Geleneksel savaşlarda belli bir bölgenin işgali ve düşmanın o bölgedeki varlığının ortadan kaldırılması amaçlanırken

günümüzde artık düşman görülen ülkenin tüm coğrafyası hareket ortamı olarak görülmektedir. Geleneksel olarak savaş fiziki bir ortamı gerektirirken günümüzde savaş teknolojileri sayesinde farklı bir meca oluşmuş ve mücadelenin önemli bir bölümü bu yeni savaş ortamında gerçekleşmeye başlamıştır (Yayla, 2013: 183-189). Geleneksel savaşlarda savaş ortamının gelişmesi savaş stratejisinde kullanılan silahların ve araçların da değişmesini sağlamıştır. Böylece insansız hava araçları geleneksel savaş alanındaki yerini almaya başlamıştır (Karakuş ve Katman, 2019: 886). Yüksek irtifa ve uzun dayanıklılık gözetim görevleri için tasarlanmış HALE sınıfı insansız hava araçları da günümüzün en stratejik savaş araçlarından biri olarak literatürdeki yerini almıştır.

HALE sınıfı insansız hava araçları risk olasılığı yüksek bölgelerdeki geleneksel savaşlarda asker kaybını azaltmaktadır. Bu durum hem teknik hem de psikolojik anlamda ciddi bir avantaj yaratmaktadır. Bu durum bu araçları kullanan ülkeleri daha avantajlı konuma getirmektedir. Çünkü HALE tipi insansız hava araçları tehlikeli, kirli, sıkıcı ve derin olarak ifade edilen askeri hareketlerin tamamını kolayca yapabilmektedir. Bu araçlar sıkıcı olarak ifade edilen görevler arasında sayılan ve düşmanın bulunduğu bir yeri zaman kısıtlaması olmaksızın izleyebilir, tehlikeli görevlerde düşmanın etkin hava gücü sağladığı alanlarda keşif faaliyeti icra edebilir ve radyasyonla kirlenen kirli alanların tespit edilmesini ve bölgedeki askeri faaliyetlerin yerine getirilmesini sağlayabilir ve insanlı sistemlerin yerine getirmesinde büyük tehlike olan ve gizliliğin esas alındığı derin görevlerin yerine getirilmesini sağlayabilir (Gogarty ve Hagger, 2008: 80-107).

HALE sınıfı insansız hava araçlarının geleneksel savaş ortamında gerçekleştirdikleri ve gerçekleştirmeleri muhtemel görevler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Doğan, 2019):

- Düşman hedefini işaretleme,
- İstihbarat toplama,
- Keşif ve gözetleme yapma,
- Görülmesi zor yerlere atış yapmak için ileri düzeyde gözetleme yapma,
- Sabit ve hareketli hedefleri vurma,
- Hava savunması,
- Sınırı kontrol etme,
- Askeri malzemeleri ikmal etme,
- Bombalı ve füzeli hava saldırısı düzenleme,
- Özel operasyon yapma,
- Sahte hedef oluşturma.

HALE sınıfı insansız hava araçları düşmanın hava sahasında gerçekleştirmiş olduğu ve yukarıda ifade edilen görevlerinde insanların hayatının tehlikeye atılmaması ve insan yapısının dayanmakta zorlanacağı uzun süreli görevleri yapmasından dolayı geleneksel savaşın önemli bir unsurudur (Akyürek vd., 2012: 4-7). Askeri görevlerin icrasına olumlu katkı sağlayan bu araçlar askerlerin yaşamını tehlikeye atmasını engellemekte ve böylece hem savaş maliyetini azaltmakta hem de askerlerin daha verimli çalışmasını sağlamaktadır. Savaş maliyetlerinin azalması ve askeri operasyonların başarıyla yerine getirilmesi hem askeri bütçeyi azaltarak hükümetler üzerindeki ekonomik yükü indirmekte, hem de operasyon etkinliği artırmaktadır.

Çünkü maliyet azaldığı için askerler daha fazla görev icra etme olanağına kavuşmaktadır (Dowd, 2013: 9).

HALE sınıfı insansız hava araçlarının geleneksel savaş ortamlarında kullanılması orduların savaşma becerilerini doğrudan etkileyen muharebe yeteneklerini de etkilemiştir. Bunlar:

İç Güvenlik: Gözetleme ve keşif görevinin devamı olarak yerine getirilen bu görevler sırasında elde edilen istihbaratlar değerlendirilerek hedef bölgenin kritik hedefleri imha edilmektedir (Karaağaç, 2016: 95). HALE sınıfı insansız hava araçları havada kalma süresinin daha uzun olması nedeniyle bu görevlerde tercih edilmektedir.

Yakın Hava Desteği: Gözetleme ve keşif görevlerine paralel şekilde gerçekleştirilen yakın hava desteği daha öncesinden konumu belirlenen ya da plan dışı olarak belirlenen hedeflerin etkin atış gücü kullanılarak bastırılmasıdır (Doğan, 2019: 182-183). HALE sınıfı insansız hava araçları ultra kalıcı istihbarat, gözetleme ve keşif, füze savunması sayesinde bu görevlerde tercih edilmektedir.

Hava Savunma Sistemlerinin İmhası: Hedef bölgenin düşman hava savunma sistemine yakın olduğu durumlarda yüksek tehdit alanlarında yüksek başarı becerisinin uygulanmasının beklendiği görevleri yerine getirirken HALE sınıfı insansız hava araçları düşman radarları tespit edebilmek ve bunları imha edebilmek için farklı füze güdümlü sistemlere donatılmaktadır (Doğan, 2019: 183).

Hava Sahasının Savunulması: Düşmanın farklı taktiklerine ve teknolojik silahlarına karşı korunması görevleridir. İçeriğindeki karmaşık yapı nedeniyle bu görevlerin HALE sınıfı insansız hava araçları tarafından gerçekleştirilmesi konusunda küresel çalışmalar devam etmektedir (Doğan, 2019: 183).

Sinyal İstihbaratı: Haberleşme ve radar yayınlarını takip ederek ulaşılan sinyallerle ilgili analizler gerçekleştirme ve buna ilişkin istihbarat bilgilerini elde etmeye yönelik görevlerdir. Bu görevleri etkili bir şekilde yerine getirebilmek için ilgili kaynaklardan yayınların elde edilmesini kolaylaştırması nedeniyle yüksek irtifada gerçekleştirilen uzun süreli uçlar yapılması gereklidir. HALE sınıfı insansız hava araçları yüksek irtifada uçuş gerçekleştirmesi nedeniyle bu görevlerde tercih edilmektedir.

Görüldüğü gibi HALE sınıfı insansız hava araçları geleneksel savaş ortamlarında hedefin Gözetlenmesinden tespitine ve imhasına kadar farklı alanlarda orduların savaşma becerilerini doğrudan etkileyen muharebe yetenekleri üzerinde etkili olmaktadır.

2. BULGULAR VE SONUÇLAR

İnsansız hava araçları bir yer ekipmanı ve operatör sayesinde uzaktan otomatik şekilde fonksiyonlarını gerçekleştiren gözetleme ve keşif yaparken silahlandırmak suretiyle ateş eden ve böylece düşmanı imha edebilen ölümcül olan veya olmayan araçlardır. Bu araçların çalışma ortamlarındaki beceri ve imkânlarına bakıldığında politikacılar ve askerler tarafından tüm görevleri yerine getirebilen en uygun araçlar olarak değerlendirilmeleri tesadüf değildir.

Yüksek irtifada uzun süre havada kalma becerisine sahip HALE sınıfı insansız hava araçları hem istihbarat

toplayabilen hem de saldırı yapabilen yeni bir geleneksel savaş makinasıdır. Bu araçlar normal koşullarda özellikle dağlık alanlarda anlık şekilde risk almadan operasyon yapabilmektedir. Bu sistemlerin gelişmiş spektrum ve termal izleme kameralarıyla 24 saat izleme yapma becerisi bulunmaktadır. HALE sınıfı insansız hava araçlarının içerisindeki yarı otonom sistemler düşman unsurlar anlık şekilde tespit ederek komuta merkezlerine uydu görüntüleri aktarmaktadır.

HALE sınıfı insansız hava araçları çatışma ortamının resmini eşzamanlı şekilde komuta kademesine aktararak savaş alanındaki komuta kademesine karar verme sürecinde esneklik ve bilgi üstünlüğü sağlar. Ayrıca düşman hedefleri izleyerek değerlendirme süresini kısaltır ve bu noktada karar vericilere zaman tanır. Bu araçların söz konusu yararları ordular açısından önemli bir kazanımdır. Ancak tüm bu avantajlarına karşın bu araçların suç örgütleri ve devlet dışı aktörlerin eline geçmesi halinde hayati bir tehdit teşkil edecekleri unutulmamalıdır.

KAYNAKÇA

- Ak T & Sarı G (2018). Güvenliğin Yeni Aktörü Silahlı İnsansız Hava Araçlarının Kullanımında Karar Mekanizmaları. *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi (IBAD)*, 623-628.
- Akyürek S, Yılmaz M A & Taşkiran M (2012). İnsansız hava araçları muharebe alanında ve terörle mücadelede devrimsel dönüşüm. *BİLGESAM, Bilge Adamlar Stratejik Araştırmalar Merkezi, Rapor*, (53), 1-57.
- Arıca N, Cicibaş H & Demir K A (2012). İnsansız Hava Araçları için Çok Kriterli Güzergâh Planlama Modeli. *Journal of Defense Sciences/Savunma Bilimleri Dergisi*, 11(1), 251-270.
- Boeing (2020). Autonomous systems. <https://www.boeing.com/defense/autonomous-systems/index.page>, (Erişim tarihi: 20.02.2021).
- Ball M (2020). High-Altitude-Long-Endurance UAS Completes First Flight. <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2020/07/high-altitude-long-endurance-uas-completes-first-flight/>, (Erişim tarihi: 01.12.2020).
- Baştürk R (2015). *Kolluk kuvvetlerinin istihbarat temininde başvurabileceği insansız hava araçları (İHA) ve bu açıdan uygun İHA özelliklerinin araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Harp Akademileri, Stratejik Araştırmalar Enstitüsü.
- Çömert R, Avdan U & Şenkal E (2012). İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları Ve Gelecekteki Beklentiler. *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012)*, 16-19,
- Thefreedictionary (2021). Dictionary of Military and Associated Terms, US Department of Defense, <http://www.thefreedictionary.com/unmanned+aerial+vehicle>, (Erişim tarihi: 01.12.2020).
- Doğan İ (2019). *İnsansız hava araçlarının geleceği ve muharebe sahasında kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, Milli Savunma Üniversitesi, Alparslan Savunma Bilimleri Enstitüsü.
- Dowd A D (2013). Drone Wars: Risks And Warnings. *Parameters*, 42(4)/ 43(1), 7-16.
- Gogarty B & Hagger M (2008). The laws of man over vehicles unmanned: The legal response to robotic revolution on sea, land and air. *JL Inf. & Sci.*, 19, 73.
- Goraj Z, Frydrychewicz A, Świtkiewicz R, Hernik B, Gadomski J, Goetzendorf-Grabowski T & Chajec W (2004). High altitude long endurance unmanned aerial vehicle of a new generation—a design challenge for a low cost, reliable and high performance aircraft. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences*, 173-194.
- ICAO (2011). *Unmanned Aircraft Systems (UAS)*, Cir. 328, AN/190, 2011.
- Kahveci M & Can N (2017). İnsansız hava araçları: tarihçesi, tanımı, dünyada ve Türkiye'deki yasal durumu. *Selçuk Üniversitesi. Müh. Bilim ve Teknik. Dergisi*. 5(4), 511-535.
- Karaağaç, C. (2016). *İHA Sistemleri Yol Haritası Geleceğin Hava Kuvvetleri 2016-2050*, STM Şirketi.
- Karakuş C & Katman F (2019). Male Sınıfı İnsansız Hava Aracı (İHA) Teknolojisi ve Konvansiyonel (geleneksel) Savaşta Yeri. *Akademik Tarih ve Düşünce Dergisi*, 6(2), 882-897.
- Kaya A (2015). Will high-altitude long-endurance (HALE) UAVS replace satellites?. International Conference and Exhibition on Satellite, August 17-19, 2015 Houston, USA.
- Korkmaz Y, İyibilgin O & Fındık F (2016). Geçmişten Günümüze İnsansız Hava Araçlarının Gelişimi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 20(2), 103-109.
- Kurban Ö F (2014). *Anlık istihbarat, gözetleme ve keşif ihtiyaçları için mini insansız hava araçlarının yer kontrol istasyonlarının seçimi*. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Özdoğan M (2017). Genel Savaş Türleri https://www.researchgate.net/publication/340233347_Genel_Savas_Turleri, (Erişim tarihi: 01 12. 2020).
- Rawat K & Lawrence E (2014). A mini-UAV VTOL Platform For Surveying Applications. *IAES*

International Journal of Robotics and Automation, 3(4), 259.

Sharma A, Vanjani P, Paliwal N, Basnayaka C M W, Jayakody D N K, Wang H C & Muthuchidambaranathan P (2020). Communication and networking technologies for UAVs: A survey. *Journal of Network and Computer Applications*, 102739.

SSM, Türkiye İHA Sistemleri Yol Haritası 2011-2030, Savunma Sanayi Müsteşarlığı, http://www.ssm.gov.tr/_layouts/images/iha_ekatalog_web/files/assets/seo/toc.html, (Erişim tarihi: 01 12. 2020).

TDA (2021). İnsansız hava araçlarının sınıflandırılması. <https://www.tdefenceagency.com/insansiz-hava-araclarinin-siniflandirilmesi/> (Erişim tarihi: 12.03.2021).

Taylor J W R & Munson K (1977). *Jane's pocket book of remotely piloted vehicles: robot aircraft today*. Collier Books.

Thefreedictionary (2020). İHA. <https://acronyms.thefreedictionary.com/IHA>, (Erişim tarihi: 12.03.2021).

Uyar T (2010). SavunmaSanayi.NET: ANKA Başarısı ve İnsansız Hava Araçları 22 Ekim 2010 tarihinde Wayback Machine sitesinde arşivlendi., (Erişim tarihi: 01 12. 2020).

Yayla M (2013). Hukuki Bir Terim Olarak Siber Savaş. *Türkiye Barolar Birliği Dergisi*, 104, 177-202.



© Author(s) 2021.

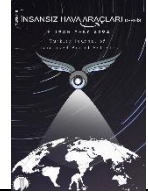
This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi

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

e-ISSN 2687-6094



Kültürel Mirasın Fotogrametrik Yöntemle 3B Modellenmesi: Karabıyık Köprüsü Örneği

Alperen Erdoğan*¹, Adem Kabadayı¹, Emine Saka Akın²

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Şefaattli MYO, Mimarlık Şehir Planlama Bölümü, Yozgat, Türkiye

²Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yozgat, Türkiye

Anahtar Kelimeler

İHA
Kültürel Miras
Fotogrametri
Rölöve
Karabıyık Köprüsü

ÖZ

İnsanlığın varoluşundan günümüze kadar bütün uygarlıklar yaşadıkları devirlerin sosyal, ekonomik ve kültürel özelliklerini inşa ettikleri tüm yapılarda barındırmışlardır. Kültürel miras olarak nitelendirilen bu yapıların korunması, yaşatılması ve gelecek nesillere sağlıklı bir şekilde aktarılması günümüzün önemli koruma sorunlarından birisidir. Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de kültürel mirasın korunmasına yönelik yapılacak çalışmalarda ilk adım yapıya zarar vermeden rölövelerinin çıkarılarak belgelenmesidir. Günümüzde teknolojik gelişmelere paralel olarak rölöve teknikleri de gelişmiştir. Son yıllarda fotogrametrik yazılım ve donanımlardaki gelişmeler sayesinde fotogrametrik rölöve çalışmaları daha hızlı, daha hassas ve daha ekonomik olarak yapılabilen ve 3B dijital modelleri oluşturulmaktadır. Bu çalışmada da Yozgat ilinde bulunan ve Osmanlı Dönemi’nde Yavuz Sultan Selim’in 1516 yılında Mısır seferi sırasında yaptırmış olduğu Karabıyık Köprüsü’nün fotogrametrik yöntemle 3B modellenmesi yapılmıştır. Fotogrametrik rölöve çalışmaları sırasında dünya yüzeyindeki objelerin 3B modellenmesine izin veren İnsansız Hava Aracı da (İHA) kullanılmıştır. İHA’lardan elde edilen görüntüler ile Pix4D yazılımı kullanılarak 3B nokta bulutu üretilmiştir. Bu çalışmada yürütülen fotogrametri yöntemi ile daha hızlı, hassas, güvenli ve ekonomik bir şekilde veriler elde edilmiştir. Sonuç olarak fotogrametrik yöntemle 3B modelleri elde edilen tarihi ve kültürel değerler ile restorasyon projelerinin altlıklarının daha sağlıklı olmalarına olanak verecektir.

3D Modeling of Cultural Heritage with Photogrammetric Method: The Case of Karabıyık Bridge

Keywords

UAV
Cultural Heritage
Photogrammetry
Surveying
Karabıyık Bridge

ABSTRACT

From the existence of humanity to the present, all civilizations have harbored the social, economic and cultural characteristics of their eras in all the structures they built. Preserving, preserving and transferring these structures, which are described as cultural heritage, to future generations in a healthy way is one of the important conservation problems of today. In Turkey, as in the world in the work to be done for the protection of cultural heritage is documented by subtracting the first step in building surveys without damaging the structure. Today, surveying techniques have also developed in parallel with technological developments. Thanks to the developments in photogrammetric software and hardware in recent years, photogrammetric survey studies can be done faster, more precisely and more economically and 3D digital models are created. In this study, 3D modeling of the Karabıyık Bridge, which was built by Yavuz Sultan Selim during the Egyptian expedition in 1516 in the city of Yozgat, was made by photogrammetric method. Unmanned Aerial Vehicle (UAV), which allows 3D modeling of objects on earth surfaces, was also used during photogrammetric survey studies. 3D point cloud was produced using Pix4D software with images obtained from UAVs. With the photogrammetry method carried out in this study, data were obtained in a faster, more precise, safe and economical way. As a result, the data obtained by 3D modeling with photogrammetric method will allow the bases of the restoration projects of historical and cultural values to be healthier.

* Sorumlu Yazar (*Corresponding Author)

Kaynak Göster / Cite this article (APA);

*alperen.erdogan@bozok.edu.tr) ORCIDID 0000-0003-1240-833X
(adem.kabadayi@bozok.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-4891-8131
(eminesaka.akin@bozok.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-5887-5553

Erdoğan A, Kabadayı A & Akın E S (2021). Kültürel Mirasın Fotogrametrik Yöntemle 3B Modellenmesi: Karabıyık Köprüsü Örneği. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 3(1), 23-27.

1. GİRİŞ

Kültürel miraslar yapı stoku olarak ekonomik bir işleve sahip olmalarının yanı sıra toplumsal olarak tarihi ve kültürel işlevleri (Tanyeli, 1979) ile geçmişle gelecek arasında kurulacak bağda en önemli köprülerden biridir.

Kültürel mirasların günümüze gelene kadar bozulmalarına neden olan pek çok iç ve dış etken bulunmaktadır (Yiğit & Ulvi, 2020; Kaya vd., 2021) Bu eserle; yapının bulunduğu zemin, malzeme gibi etkenlerden insanların ihmal-tahrip etmeleri, savaş, deprem, yangın, sel gibi pek çok olumsuz etkenlere maruz kalarak günümüze kadar gelebilmişlerdir (Ahunbay, 2004; Kaya & Yiğit, 2020; Kabadayı vd., 2020). Bu nedenle günümüze gelebilen, tekrar üretilmeyecek, geri dönülmesi mümkün olmayan kültürel miras değerlerinin korunmaları için en küçük noktasına kadar tahribatsız bir şekilde belgelenmeleri çok önemlidir (Hamal vd., 2020).

Bu nedenle belgeleme çalışmalarında günümüz teknolojilerinden faydalanılarak fotogrametrik rölöve tekniğinin kullanılması giderek önem kazanmaktadır. Çünkü fotogrametri, bir nesnenin 3 boyutlu eksiksiz bir dokümantasyonun oluşturulmasına olanak sağlar ve dolayısıyla herhangi bir eserin dijital olarak arşivlemesini de mümkün kılar.

Fotogrametri, elektromanyetik enerji ve fotografik görüntüleri kaydetmek, ölçme ve yorumlama süreçleri yoluyla fiziksel nesnelere ve çevre hakkında güvenilir bilgi elde etme sanatı, bilimi ve teknolojisi olarak tanımlanmaktadır (Aber vd., 2010).

Bir nesnenin geometrisi, rengi ve dokusu hakkında üç boyutlu bilgi toplamayı amaçlayan fotogrametri süreci dijital görüntülerin elde edilmesi ile 3B sanal bir modelin oluşturulmasına olanak veren bir tekniktir.

Fotogrametri, son gelişmelerle birlikte İnsansız Hava Araçlarından (İHA) fotoğraf çekme imkânı sunmaktadır. Bu olanak İHA tarafından çekilen fotoğraflar yardımıyla, dünya yüzeyindeki objelerin hızlı ve ekonomik bir şekilde 3B modellenmesine izin vermektedir (Turner vd., 2012; Ulvi vd., 2020). Bu da ulaşılması güç olan en zor noktaya dahi ulaşma imkanı sağlamaktadır.

İHA fotogrametrisi (Eisenbeiss, 2008), uzaktan kumandalı olarak çalışan, yarı bağımsız veya bağımsız olan ve herhangi bir pilotun bulunmadığı bir fotogrametrik ölçüm platformunu tanımlar (Alptekin & Yakar, 2020a). Platform, fotogrametrik ölçüm sistemleri ile donatılmıştır. Mevcut standart İHA, yerel veya küresel bir koordinat sisteminde uygulanan sensörlerin kaydı ve konumu ile yönünün izlenmesini sağlar (Kaya ve Yiğit, 2020). Dolayısıyla İHA fotogrametrisi, insansız hava aracı yardımıyla fotogrametrik ölçümler yapan bir teknik olarak anlaşılabilir (Ulvi, 2021).

3B model oluşturmada farklı fotogrametrik yaklaşımlar kullanılmaya başlanmıştır (Sarıtürk & Şeker, 2017). Bu yaklaşımlardan en çok tercih edilen ise Hareket ile Nesne Oluşturma- Structure From Motion (SfM) yöntemi olmuştur (Dellaert vd., 2000; Furukawa & Hernández, 2013; Sarıtürk & Şeker, 2017).

Normalde SfM fotogrametrisi ile elde edilen herhangi bir 3B yüzey modeli, başlangıçta rastgele bir referans sisteminde oluşturulur. Coğrafi referans, bu ilk

verinin önceden tanımlanmış bir koordinat referans sistemine dönüştürülmesini içerir. Bu, doğrudan fotoğrafların bilinen dış yönelimleri kullanılarak ("doğrudan coğrafi referanslama") veya fotoğraflarda tanınabilen noktalara (yer kontrol noktaları veya GCP) uygun koordinatlar sağlanarak yapılabilir (dolaylı coğrafi referanslama).

Hassas, hızlı ve ekonomik bir şekilde yapılan fotogrametrik rölöve tekniği ile hem yapılara zarar verilmemekte hem de arkeolojik kazı alanları gibi büyük alanlarda insan güvenliğini de sağlayacaktır.

Bu çalışmada kültürel mirasın korunmasına yönelik rölöve çalışmalarında fotografik yöntem kullanılarak Yozgat Karabıyık Köprüsü'nde 3B modelleme yapılmıştır.

2. KARABIYIK KÖPRÜSÜ

Osmanlı Dönemi'nden günümüze birçok tarihi eser kalmıştır. Bu eserlerden olan Karabıyık Köprüsü üzerinde yazan kitabesine göre 1516 yılında Yavuz Sultan Selim tarafından Mısır seferi sırasında yaptırılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Karabıyık köprüsü restorasyon öncesi görünüm

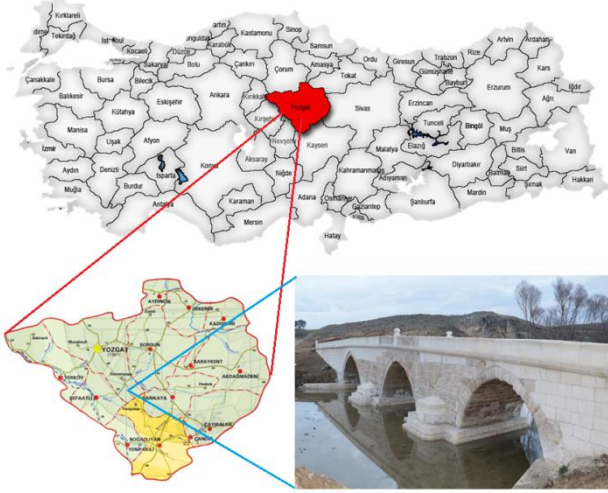
Köprü'nün zamanla yıpranmasından dolayı 2018 yılında aslına uygun olarak restorasyonu yapılmıştır (Şekil 2). Uzunluğu 54 metre olup, 4.51 metrelik bir eni vardır. Kemer açıklıkları ise 6.60 metredir. Yozgat şehrinin en eski yapılarından biridir. Köprü ayakları üzerinde mahmuzlar bulunmaktadır. Ayrıca korkuluk duvarı ile köprü başlangıcındaki baba taşları beyaz kesme taştan yapılmıştır. Restorasyon sonrası köprü'nün batı kısmına kitabe koyulmuştur.



Şekil 2. Karabıyık köprüsü restorasyon sonrası görünüm

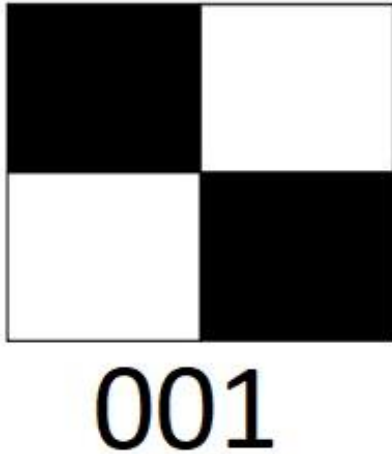
3. ARAZİ ÇALIŞMASI

Arazi çalışması için belirlenen Karabıyık Köprüsü Yozgat – Kayseri yolu yakınında, Yozgat'a 35 km uzaklıkta ve Yozgat ilinin güney batısında yer almaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Karabıyık köprüsü konum bilgisi

Fotogrametrik yöntemle yapılan rölöve çalışmasında ilk olarak arazi çalışması yapılmıştır. Fotogrametrik yöntemle dengelemenin yapılabilmesi için yapı üzerinde koordinatları bilinen yer kontrol noktalarına ihtiyaç olduğundan daha önceden hazırlanan ve resimlerde kolayca seçilebilen numaralanmış 20x30 cm boyutlarında kâğıt plakalar yapı üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. 20x30 olarak hazırlanan kâğıt plakalar

Objeye etrafına poligon noktaları tesis edilerek poligon noktaları GPS kullanılarak ITRF-96 koordinat sisteminde dilim orta meridyeni 36 olacak şekilde temin edilmiştir (Şekil 5). Yapı çevresine ve üzerine homojen dağılımlı olarak 7 adet kâğıt plakalar tesis edilmiştir. Tesis edilen Totalstation jeodezik ölçme aleti yardımıyla yapı üzerine yerleştirilen kâğıt plakaların koordinatları belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 5. GPS Cihazı



Şekil 6. Totalstation jeodezik ölçme aleti



Şekil 7. DJI Mavic Air 2 cihazı

Kâğıt plakalar yapı üzerine yerleştirildikten sonra DJI Mavic Air 2 yardımıyla havadan modelin tüm detaylarını kaplayacak şekilde bindirmeli resimleri çekilmiştir (Şekil 7). Resim çekimleri için kullanılan DJI Mavic Air 2 cihazının özellikleri Tablo 1' sunulmuştur.

Tablo 1. DJI Mavic Air 2 Özellikleri

Dahili Kamera	Evet
Görüş Açısı	84 °
Diyafram Açıklığı	2.8 /f.
Sensör Boyutu	1/2 inç
Etkin Piksel	48 MP.
Video Çözünürlüğü	4K.
Video Kare Hızı	60 fps.
Fotoğraf çözünürlüğü	6000x8000
Uçuş süresi	34 dk

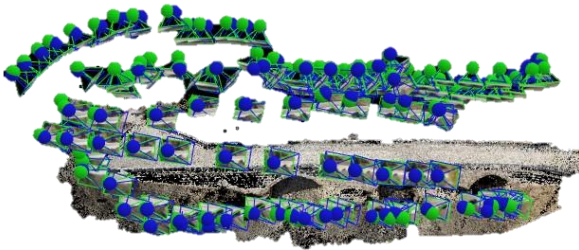
Yukarıda teknik özellikleri verilen İHA ile iki saat gibi sürede arazi çalışmaları tamamlanmıştır. Daha sonraki süreç büro çalışmaları olarak devam etmiştir.

4. FOTOGRAMETRİK DEĞERLENDİRME

SfM, yer bilimlerinde hızla popüler hale gelen, dijital görüntülerden topografik bilgi elde etmeye yarayan bir tekniktir (Morgan & Brogan, 2016; Yakar vd., 2015; Şasi & Yakar, 2018). Özellikle son yıllarda kullanımı artan SfM, yüksek çözünürlüklü veri kümeleri üzerinde çalışmayı mümkün kılan, düşük maliyetli ve kullanıcı dostu bir fotogrametri tekniğidir (Ulvi vd., 2019; Alptekin vd., 2019). SfM ile oluşturulan modelin referanslanarak geleneksel fotogrametrinin de konusunu oluşturan ortofoto, sayısal yüzey modeli ve konum ve yöneltme parametreleri belirlenmiş fotoğrafların oluşturulmasıdır (Yiğit vd., 2020). Bu sayede sıralı bir dizi olarak çekilmiş iki boyutlu (2B) görüntüler kullanılarak 3B yapıların dijital modellerinin oluşturulmasını sağlamaktadır (Sanz-Ablanedo vd., 2018; Alptekin & Yakar, 2020b).

Bu çalışmada, havadan İHA yardımıyla temin edilen 2 boyutlu resimler ile 3B model üretmek için Pix4D yazılımı kullanılmıştır. Pix4D model üretiminde Hareket ile Nesne Oluşturma-Structure From Motion (SfM) yöntemini kullanmaktadır. SfM; son yıllarda kullanımı artan, yüksek çözünürlüğe sahip veri kümelerini üzerinde çalışan, düşük maliyetli fotogrametri tekniğidir (Sarıtürk & Şeker, 2017; Febro, 2020). SfM tekniği ile bindirmeli ve sıralı olarak çekilen 2B resimlerden objelerin (tarihi eser, bina, arazi, yeryüzü şekilleri vs.) 3B dijital modelinin üretilmektedir.

Bu çalışmada toplanan verilerin işlenmesi Pix4D yazılımında 132 adet manuel olarak çekilen resim YKN noktalarının yardımıyla dengelenmesi yapılmıştır (Şekil 8). Dengelenen resimlerden yazılımda orta yoğunlukta yaklaşık 43735000 3B nokta verisi üretilmiştir (Şekil 9). Üretilen veriler mesh yapılarak yüzey geçirilmiş ve 3B dijital modeli üretilmiştir (Şekil 10). 3B model doğruluğu 1.2 cm olarak üretilmiştir.



Şekil 8. Resim çekim noktalarının ve bağlama noktalarının görünümü



Şekil 9. Nokta Bulutu görünümü



Şekil 10. Mesh yapılmış olarak model görünümü

5. SONUÇLAR

Bir toplumun geçmişi, günümüzü ve geleceği ile olan bağlarını güçlendirmenin en iyi yollarından biri tarihi ve kültürel mirasın korunarak yaşatılmasıdır. Bu nedenle bu mirasa sahip çıkarak durumlarının tespiti, belgelenmesi ve aslına uygun olarak restore edilmesi insanlığın en önemli sorumluluklarından biridir.

Tek yapı ölçeğinden kentsel, arkeolojik ölçeğe kadar mimari mirasın zengin olduğu Türkiye'de tarihi ve kültürel yapıların-alanların korunması için yapılacak restorasyon, rehabilitasyon, yeniden kullanım çalışmalarının hassas yapılması kadar hızlı ve ekonomik olması da çok önemlidir. Çünkü Türkiye'de bir an önce yok olmaya yüz tutmuş pek çok anıtsal yapının, geleneksel-kentsel dokunun, arkeolojik alanların varlığı koruma çalışmalarının kısa bir zamanda yapılmasını gerektirmektedir. Bu nedenle hassas bir ölçüm elde edilebilen fotogrametrik röleve tekniği ile 3B dijital verilerinin üretilmesi koruma çalışmalarında ayrıca hem zaman açısından hem de maliyet açısından tasarruf da edilecektir. Bu çalışmada İHA verilerinden yararlanılmıştır. SfM yöntemi kullanılarak fotogrametrik değerlendirme ile 1.2 cm nokta konum doğruluğunda 3B model üretilmiştir.

KAYNAKÇA

- Aber J, Marzloff I & Ries J (2010). Small-Format Aerial Photography: Principles, Techniques and Geoscience Applications. Elsevier Science
- Ahunbay Z (2004). Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, 3. Baskı, Yapı Yayın-28, İstanbul.
- Alptekin A & Yakar M (2020a). Mersin Akyar Falezinin 3B modeli. Türkiye Lidar Dergisi, 2(1), 5-9.
- Alptekin A & Yakar M (2020b). Heyelan Bölgesinin İha Kullanarak Modellenmesi. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 2(1), 17-21.
- 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.
- Dellaert F, Seitz S M, Thorpe C E & Thrun S (2000). Structure from motion without correspondence. Proceedings. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2000 (Cat. No.PR00662), Hilton Head Island, SC, 557-564 Vol. 2, doi:10.1109/CVPR.2000.854916.

- Eisenbeiss H (2008). UAV photogrammetry in plant sciences and geology, In: 6th ARIDA Workshop on "Innovations in 3D Measurement, Modeling and Visualization, Povo (Trento), Italy.
- Febro J D. (2020). 3D Documentation of Cultural Heritage Sites Using Drone and Photogrammetry: A Case Study of Philippine UNESCO-Recognized Baroque Churches. International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies, 11(8), 1-14.
- Furukawa Y & Hernández C (2013). Multi-View Stereo: A Tutorial. Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision, Vol. 9, No. 1-2, 1-148.
- Hamal S N G, Sarı B & Ulvi A (2020). Using of Hybrid Data Acquisition Techniques for Cultural Heritage a Case Study of Pompeiopolis. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 2(2), 55-60.
- Kabadayı A, Kaya Y & Yiğit A Y (2020). Comparison of Documentation Cultural Artifacts Using The 3d Model In Different Software. Mersin Photogrammetry Journal, 2(2), 51-58.
- Kaya Y & Yiğit A Y (2020). Dijital El Kameraları Kullanılarak Kültürel Mirasın Belgelemesi. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 2(2), 33-38.
- Kaya Y, Yiğit A Y, Ulvi A & Yakar M (2021). Arkeolojik Alanların Dokümantasyonunda Fotogrametrik Tekniklerinin Doğruluklarının Karşılaştırmalı Analizi: Konya Yunuslar Örneği. Harita Dergisi, 165, 57-72.
- Morgan J A & Brogan D J (2016). How to VisualSfM, Department of Civil & Environmental Engineering Colorado State University Fort Collins, Colorado.
- Sanz-Ablanedo E, Chandler J H, Rodríguez-Pérez J R, Ordóñez C. (2018). Accuracy of unmanned aerial vehicle (UAV) and SfM photogrammetry survey as a function of the number and location of ground control points used. Remote Sensing, 10(10), 1606.
- Sarıtürk B & Şeker D Z (2017). SfM Tekniği ile 3b Obje Modellenmesinde Kullanılan Ticari ve Açık-Kaynak Kodlu Yazılımların Karşılaştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17(4), 126-131.
- Şasi A & Yakar M (2018). Photogrammetric modelling of hasbey dar'ülhuffaz (masjid) Using an unmanned aerial vehicle, International Journal of Engineering and Geosciences (IJEG), 3(1), DOI: 10.26833/ijeg.328919
- Tanyeli U (1979). Korumanın İşlevi Üzerine Gözlemler, Mimarlık 79/1, 158.
- Turner D, Lucieer A & Watson C (2012). An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery, based on structure from motion (SfM) point clouds. Remote sensing, 4(5), 1392-1410.
- Ulvi A (2021). Documentation, Three-Dimensional (3D) Modelling and visualization of cultural heritage by using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry and terrestrial laser scanners. International Journal of Remote Sensing, 42(6), 1994-2021.
- Ulvi A, Yakar M, Yiğit A & Kaya Y (2019). The Use of Photogrammetric Techniques in Documenting Cultural Heritage: The Example of Aksaray Selime Sultan Tomb. Universal Journal of Engineering Science, 7(3), 64-73.
- 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), 22-30.
- Yakar M, Orhan O, Ulvi A, Yiğit A Y, Yüzer M M. (2015). Sahip Ata Külliyesi Rölöve Örneği. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10.
- Yiğit A Y & Ulvi A (2020). İHA Fotogrametrisi Tekniği Kullanarak 3B Model Oluşturma: Yakutiye Medresesi Örneği. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 2(2), 46-54.
- Yiğit A Y, Orhan O & Ulvi A (2020). Investigation of The Rainwater Harvesting Potential at The Mersin University, Turkey. Mersin Photogrammetry Journal, 2(2), 64-75.



© Author(s) 2021.

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



Türk Hukuk Mevzuatında Sivil İnsansız Hava Araçları Hukukunun Güncel Durumu

Şafak FİDAN*¹, Ali ULVİ²

¹ Mersin Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Mersin, Türkiye

² Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilimdalı, Mersin, Türkiye

ÖZ

Anahtar Kelimeler

İHA
Uzaktan Algılama
Fotogrametri
Hukuk
İHA Hukuku

İnsansız hava araçları, uzaktan kontrol edilen ve belirlenen bir uçuş rotasında insansız uçuş gerçekleştirerek, bu uçuşla istenilen faaliyetleri yerine getiren araçlardır. Günümüzde insansız hava araçları birçok dalın ortak kullandığı bir multidisipliner araç konumundadır. Askeri alanda başlayan sivil alanda da yaygın olarak kullanılan insansız hava araçlarının kullanım alanları teknolojinin gelişimine paralel olarak hızla artmaktadır. Bu gelişmelerin öngörüsü ile zamanla uygulamalarının artacağı değerlendirilmektedir. Bu artışın yasal sorunları büyüterek sektörün önüne getireceği unutulmamalıdır. Bu konu güvenlik ve insan yaşamının gizliliği boyutunun olduğu düşünüldüğünde daha da önemli hale gelmektedir. Sivil alandaki kullanım alanlarının artmış olması ve alt başlıklarda daha da çeşitleneceği düşünülürse hukuksal çerçevesinin belirlenmesi ve gelişmelere göre düzenlenmesinin önemini arttırmaktadır. Bu çalışmada sivil insansız hava araçlarının Türk hukuk mevzuatı açısından durumu incelenmiştir. Yapılan çalışmada insansız hava araçlarının mevzuatı sadece kullanıcılar açısından değerlendirilmiş olup mevzuatın öngördüğü İHA' larla ilgili teknik detaylara yer verilmemiştir.

Current Status of Civil Unmanned Aerial Vehicles Law in Turkish Legal Legislation

ABSTRACT

Keywords

UAV
Remote Sensing
Photogrammetry
Law
UAV Law

Unmanned aerial vehicles are vehicles that perform unmanned flight on a remotely controlled flight route and perform the desired activities with this flight. Today, unmanned aerial vehicles are a multidisciplinary vehicle used by many branches. The usage areas of unmanned aerial vehicles, which are widely used in the civilian field, which started in the military field, are increasing rapidly in parallel with the development of technology. With the foresight of these developments, it is evaluated that their applications will increase over time. It should not be forgotten that this increase will increase the legal problems and bring them to the sector. This issue becomes even more important when it is considered that there are dimensions of security and privacy of human life. Considering that the areas of use in the civilian area have increased and that they will be more diversified in sub-headings, it increases the importance of determining the legal framework and arranging it according to the developments. In this study, the situation of civil unmanned aerial vehicles in terms of Turkish legal legislation is examined. In the study, the legislation of unmanned aerial vehicles was evaluated only in terms of users, and technical details about the UAVs stipulated by the legislation were not included.

1. GİRİŞ

İnsansız hava araçları, uzaktan kontrol edilen ve belirlenen bir uçuş rotasında insansız uçuş gerçekleştirerek, bu uçuşla istenilen faaliyetleri yerine getiren araçlardır (Çoban & Oktay, 2017; Kahveci & Can, 2017).

Bu faaliyet alanları günümüzde teknolojinin gelişimine paralel olarak hızla artmaktadır. Bu gelişme gelecek zaman dilimlerinde de sivil ve askeri çalışmalarda önemli bir yer alacağını göstermektedir. Günümüzde insansız hava araçları birçok dalın ortak kullandığı bir multidisipliner araç konumundadır. Bu durumun oluşması nedeni yapılan işte zamanı kısaltması, maliyeti azaltması ve her geçen gün hassasiyetlerinin artmasıdır. Teknolojideki gelişmeler İnsansız Hava Araçlarının (İHA) kullanım alanlarını çeşitlendirmektedir (Korumaz vd., 2011; Yakar vd., 2016; Kaya & Yiğit, 2020). Bu araçların farklı koşullarda, bölgelerde ve performansta uçabilme yetenekleri onlara değişik kullanım alanlarının da önünü açmaktadır.

İnsansız hava araçları sivil ve askeri kullanım olarak sınıflandırılır (Yakar vd., 2005; Yakar, 2015). Askeri amaçlı kullanıma yönelik olanları kendi içerisinde silahsız ve silahlı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Silahsız insansız hava araçları askeri amaçlı gözetleme, istihbarat, hedef tespiti vb. alanlarda, silahlı insansız hava araçları ise belirlenen hedeflerin imhasında birer taarruz unsuru olarak kullanılmaktadırlar (Yakar & Yılmaz, 2008; Ocak & Gürbüz, 2018).

Sivil kullanıma yönelik olanları harita üretimi, arkeoloji, medya, ormancılık, tarım, doğa gözlemleri, afet, denizcilik, lojistik, sağlık, hayvancılık, meteoroloji, inşaat, kamu güvenliği vb. etkinliklerde kullanılmaktadırlar (Yakar vd., 2016; Ulvi vd., 2019). İnsansız hava araçlarının sivil kullanım alanları teknolojinin gelişmesine ve insanoğlunun hayal gücüne koşut artacağı da görülmektedir.

Bu sınıflandırmadaki sivil alanın yoğunluğu ve alt başlıklarda daha da çeşitleneceği düşünülürse hukuksal çerçevesinin belirlenmesi ve gelişmelere göre düzenlenmesinin önemini arttırmaktadır (Yakar vd., 2009; Yiğit & Uysal, 2020; Ulvi vd., 2020). Bu çalışmada sivil insansız hava araçlarının ulusal hukuk mevzuatı açısından durumu incelenmiştir. Yapılan çalışmada insansız hava araçlarının hukuksal yapısında hukuk sistemimiz açısından yeterli mevzuatın olduğu teknolojik ve yönetsel düzenlemelere göre güncel revizyonlara yer verildiği görülmektedir.

Alışveriş merkezlerinde, teknoloji mağazalarında ve hatta oyuncak mağazalarında İHA satışı yapıldığı görülmektedir. Bu alanın mevzuat kapsamındaki kısmına da çok uyulmadığı gözlemlenmektedir.

Ayrıca bu çalışmada mevzuat sadece kullanıcılar açısından değerlendirilmiş olup mevzuatın öngördüğü İHA'larla ilgili teknik detaylara yer verilmemiştir.

2. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ HUKUKİ BOYUTU

Sivil ve askeri insansız hava aracı sınıflandırması hukukunun da belirlenmesinde önemli bir etken olmaktadır (Yardımcı, 2019a; 2019b; Kaya vd., 2019; Şenol vd., 2020). Askeri amaçlı insansız hava araçlarının kullanımı ve hukuki boyutu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur. Şekil 1'de bu çalışmalarda kullanılan sivil insansız hava araçlarına örnekler görülmektedir.



Şekil 1.1. Sivil insansız hava araçları örnekleri (Topcon eBee plus ve parrot anafi) (URL-1, 2021)

Dünya üzerinde insansız hava araçları ile çalışılan ülkelerde çeşitli düzeylerde insansız hava araçları, bunlarla toplanan veriler ile toplama şekli ile ilgili yasal düzenlemeler yapılmaktadır.

2.1. Ulusal İnsansız Hava Araçları Hukuku

Türk hukuk mevzuatının temel ilkelerini ve hukuki dayanağını Türkiye Cumhuriyeti Anayasası oluşturmaktadır. Anayasaya uygun olarak çıkartılan birçok Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi, Kanun, yönetmelik, genelge, talimat ve tebliğ mevzuatımızın yapısını oluşturmaktadır. Bu akış Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Türk hukuk mevzuatı

Türkiye Cumhuriyeti Anayasası'nda konu ilgili dolaysız bir hüküm bulunmamaktadır. Ancak insansız hava araçlarının oluşturabileceği, özel hayatın gizliliği, konut dokunulmazlığı, haberleşme hürriyeti ile kişi hak ve hürriyetlerini koruma maddeleri ile kişi yaşamını güvence altına almaktadır.

Uluslararası sivil havacılık antlaşması ile sivil havacılık geçici sözleşmesi hakkında kanunun 8.

Maddesi pilotsuz uçabilen araçların yani insansız hava araçlarının izin verilmesi durumunda başka ülkelerin hava sahalarını kullanabileceği ve antlaşma devletlerinin de sivil hava sahalarında pilotsuz uçabilen uçakları tehlike oluşturmayacak şekilde denetim altında bulundurması gerektiği ifade edilmektedir. Sözleşme hava seyrüseferi, Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı, uluslararası hava nakliyatı, son hükümler adlı beş kısım ve eklerden oluşmaktadır (URL-2, 2021).

Cumhurbaşkanlığı hükümet sistemine geçilmesinden sonra çıkarılan 4 numaralı Cumhurbaşkanlığı kararnamesine göre Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü görev, yetki ve sorumlulukları düzenlenerek, SHGM' nün Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığına bağlı olarak çalışmalarını sürdüreceği ifade edilmektedir. Kararnamenin SHGM' nün görev ve yetkilerini düzenleyen 437. Maddenin i, j, k ve ö fıkralarında, özetle sivil hava araçlarının tescil ve sicil işlemlerinin uluslararası standartta yerine getirmek, bunları uluslararası kuruluşlarla paylaşmak ve bu kayıtları tutmak, emniyetli uçuşlar için gerekli önlem ve denetim yaparak, belgeler ile ilgili her türlü işlemleri yapmak ve kayıtları tutmak, aykırı hareket edenlerle ilgili gerekli yasal işlemleri yapmak, sektörün gelişmesi için gerekli tedbirleri almak ve önerilerde bulunmayı ve diğer maddelerinde de bu hususları desteklemektedir (URL-3, 2021).

Türk Sivil Havacılık kanunu, hava aracını, havalanabilen ve havada gidip gelebilen araç olarak tanımlamaktadır. Anılan yasa Türk hava sahasından yararlanacak hava vasıtaları kısmında, Türk hava sahasında uçabilecek vasıtalar olarak, sicile kayıtlı Türk sivil hava vasıtaları ile asıl ve tüzelkişilerin ticari emelle, fiyat karşılığında hava taşıtlarıyla ticari ve diğer faaliyetlerde bulunmaları için ilgili bakanlıktan izin almalarından bahsetmektedir. Türk Sivil havacılık kanunu, Türk hava hâkimiyeti kararları, sivil hava kazaları, ticari hava firmaları, havaalanları ve kuruluşlar, hava vasıtaları ve sicillerin tutulması, hava vasıtalarına ait uçuş ilkeleri, sivil havacılık personeli vb. kısımlardan oluşmaktadır (URL-4, 2021).

2.1.1. İnsansız Hava Sistemleri Talimatı

Türk Sivil Havacılık kanunu ve 4 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesininin 31. Bölümüne dayanılarak İnsansız Hava Sistemleri Talimatı (SHT-İHA) hazırlanmış ve 2021 yılında revizyon 4 ile İHA kurs programlarınının MEB kurs programı onayı şartı ile yeniden gözden geçirilmiştir.

İnsansız Hava Sistemleri Talimatı (SHT-İHA)-revizyon 4 insansız hava araçları ile amaç, kapsam, dayanak ve tanımlar, sınıflandırma, ithal teknik uygunluk, zorunlu teçhizat, uçuşa elverişlilik ve özel uçuş izni, bakım ve onarım, sorumluluk, sigorta, kayıt, tescil, uçuş operasyon el kitabı ve pilot lisansları, uçuş izni, uçuşa yasak bölgeler ve uçuş şartları, son hükümler başlıklarını içeren beş bölüm ile başvuru ve kontrol formları listesi, İHA güvenlik taahhünamesi, İHA pilot adaylarına yönelik eğitimler, risk analizi

değerlendirme hususları, İHA eğitim kuruluşu taahhüt beyanı, İHA 0 ve İHA 1 ticari eğitimi vermek isteyen kuruluşlardan istenecek belgeler, hafif İHA işleticisi sertifikası talep dosyası, İHA 2 ve İHA 3 sınıflarında eğitim vermek isteyen üreticilerin sağlaması gereken şartlar ve İHA başvuru akış şeması olmak üzere dokuz ekten oluşmaktadır.

Bu talimat, sivil İnsansız Hava Aracı (İHA) sistemlerinin dış alımı, satışı, kayıt ve tescili, uçuşa elverişliliğin sağlanması, pilotların niteliklerini, hava trafik hizmetleri ve İHA operasyonlarına ilişkin usul ve esasları belirlemek amacıyla hazırlanmıştır (Yiğit & Ulvi, 2020; URL-5, 2021).

Talimat, sivil insansız hava araçlarının, ilgili sistemleri, bunları ithal edecek, satışını yapacak, işletecek ya da kullanacak gerçek ve tüzel kişileri, bu kapsamda görev alacak personeli, İHA ekibini ve hava sahası kullanımını ile verilecek hava trafik hizmetlerini kapsamaktadır (Kaya vd., 2021; URL-5, 2021).

İnsansız Hava Sistemleri Talimatı (SHT-İHA) kapsamı dışında kalan İHA' lar Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. İnsansız Hava Sistemleri Talimatı (SHT-İHA) kapsamı dışında kalan İHA' lar.

Bu talimatın tanımlar ve kısaltmalar bölümü 4. Maddesinde; Algıla ve sakın, ayrılmış hava sahası, devlet insansız hava aracı, faydalı yük operatörü, görsel görüş hattı (VLOS), görüş hattı dışı (BLOS), İHA işleticisi, İHA pilotu, İHA ekibi, İHA gözlemcisi, insansız hava aracı (İHA), insansız hava aracı sistemi (İHAS), izne tabi bölge, kontrol bağı, kontrol istasyonu, NOTAM, otonom operasyon, özel izne tabi bölge, serbest bölge, uçuş planı ve uçuşa yasak bölge tanımları yapılmıştır.

Talimattaki kısaltmalar ve bunların anlamları Tablo 1' de gösterilmektedir.

Tablo 1. Kısaltmalar ve anlamları (URL-5, 2021)

KISALTMA	ANLAMI
ADS-B	Otomatik Bağımlı Gözetim Yayını
AGL	Yer Yüzeyinden Yükseklik
AIP	Havacılık Bilgi Yayını
AMM	Hava aracı Bakım El Kitabı
ATC	Hava Trafik Kontrolü
CTR	Kontrol Bölgesi
EASA	Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı
EUROCONTROL	Avrupa Seyrüsefer Hava Emniyeti
IFPS	Teşkilatı Entegre Uçuş Plan İşleme Sistemi
ICAO	Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu
IFR	Aletli Uçuş Kuralları
IMC	Aletli Uçuş Meteoroloji Şartları
IR	Aletli Uçuşa Yetkili
PPL	Hususi Pilot Lisansı
TCAS	Trafik Uyarı ve Çarpışma Önleme Sistemi

Sınıflandırma

Sınıflandırma işlemi İHA azami kalkış ağırlıkları dikkate alınarak yapılmaktadır. Buna göre azami kalkış ağırlığı olarak 500 gr ve 500 gr dahil olmak üzere 4 kg kadar İHA 0, 4 kg ile 4 kg dahil olmak üzere 25 kg kadar İHA 1, 25 kg ve 25 kg dahil olmak üzere 150 kg kadar İHA 2, 150 kg ve 150 kg dahil olmak üzere daha fazla ağırlığa sahip olanlar İHA 3 olacak şekilde yapılan sınıflandırma Şekil 4'te görülmektedir.

Tablo 2. İHA'ların sınıflandırılması (URL-5, 2021).

İHA 0	İHA 1	İHA 2	İHA 3
<ul style="list-style-type: none"> •500 gr (dahil) •4 kg 	<ul style="list-style-type: none"> •4 kg (dahil) •25 kg 	<ul style="list-style-type: none"> •25 kg (dahil) •150 kg 	<ul style="list-style-type: none"> •150 kg (dahil) •daha fazla

Zorunlu teçhizat

İHA 0 sınıfı insansız hava araçlarının zorunlu teçhizat ile donatılmış olması işletmecisinin, sahibinin ve pilotunun seçimine bağlı olmasına rağmen İHA 1, İHA 2 ve İHA 3 sınıf İHA'lar ekipmanlarla ve sistem bileşenleri ile donatılmış olmalıdır (URL-5, 2021).

Uçuşa elverişlilik ve özel uçuş izni belgesi

İHA 0 sınıfındaki İHA için tahditli tip Sertifikası, uçuşa elverişlilik sertifikası veya özel uçuş izni belgesi düzenlenmez. İHA1 sınıfındaki İHA için bu evrakların yerine emniyet ve uygunluk beyanları kabul edilmektedir. İHA 2 sınıfındaki İHA için, İHA1 sınıfı için uygulanan kurallar ile birlikte 3 yıl süreli özel uçuş izni belgesi düzenlenir. İHA 3 sınıfındaki İHA için uçuşa elverişlilik sertifikası düzenlenir ve her 3 yılda bir yenilenir. Ticari amaçla uçurulmak istenen İHA'lardan İHA 0 ve İHA 1 sınıfında olanlar en az İHA 2 sınıfında istenen belgeleri sağlamak zorundadır ve İHA0 ve İHA1 sınıfı İHA'lara özel uçuş izin belgesi düzenlenir (URL-5, 2021).

Bakım ve onarım gereklilikleri

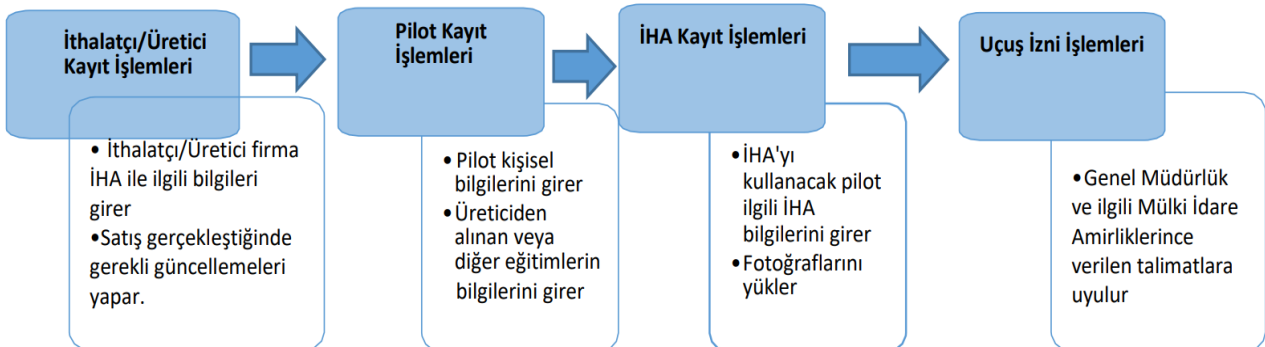
İHA ve sistemlerinin bakım ve onarımlarının, üreticilerin yayımladığı el kitaplarına göre yapılmasından İHA pilotu sorumludur (URL-5, 2021).

Sorumluluk ve Sigorta

Tüm İHA ve sistemlerinin işleticileri ve sahipleri üçüncü şahıslara verecekleri zararlardan sorumludur. 25 kg üstü İHA ile ağırlığına bakılmaksızın ticari faaliyet gerçekleştiren İHA için, Mali Mesuliyet Sigortası Yönetmeliğine göre sigorta yaptırılır ve sigortasız uçuş yapılmaz (URL-5, 2021).

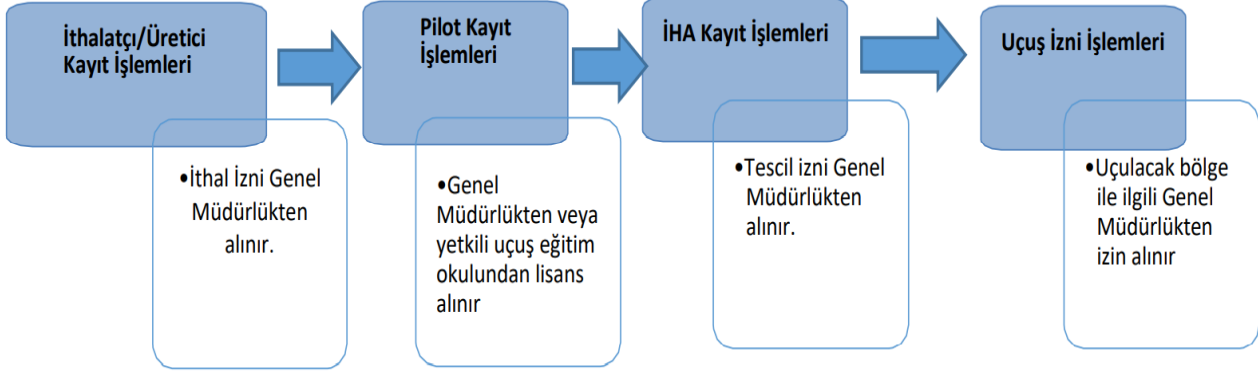
Kayıt işlemleri ve tescil işlemleri

İHA Başvuru işlemleri, ithalatçı ve üretici kayıt işlemleri, pilot kayıt işlemleri, İHA kayıt ve tescil işlemleri, uçuş izni işlemleri, özel uçuş izni ve uçuş koşulları onayı (ticari faaliyetlerde), uçulacak bölge için uçuş İzninden oluşmaktadır.

**Şekil 4.** Ticari olmayan faaliyet ve/veya İHA0/İHA1 hava araçları için başvuru iş akışı (URL-5, 2021).

İHA 0 ve İHA 1 kategorisindeki hava araçlarının kayıtları Genel Müdürlük tarafından elektronik ortamda oluşturulan kayıt sistemi üzerinden yapılır. Ülkemizde üretimi yapılan her bir İHA, üreticisi tarafından aynı gün içerisinde kayıt sistemine kaydedilir. İthalatçı firma tarafından satılan her bir İHA'nın bilgileri satın alan kişi bilgileriyle birlikte,

satın alan firmanın sorumlu yöneticileri tarafından aynı gün içerisinde kayıt sistemine kaydedilir. Yurtdışından bireysel olarak getirilen veya yurt içinde devir alınan İHA, en geç 3 gün içerisinde kayıt sistemine kaydedilir.



Şekil 5. Ticari faaliyet ve/veya İHA2/İHA3 hava araçları için başvuru iş akışı (URL-5, 2021).

İHA0 ve İHA1 sınıfındaki İHA'lar için tescil işlemi yapılmaz. Türk Uçak Siciline ilk defa kaydedilecek, sahip ve işletici değişikliği yapılacak İHA2 ve İHA3 sınıfındaki İHA'ların tescil işlemlerinde tescil müracaat formu, terkin başvurusundan bulunulacaklara terkin müracaat formu düzenlenir.

Pilot lisansı sınıflandırması ve gereklilikleri

Tüm sınıflarda İHA pilot lisansı düzenlenecek kişilerden adli sicil belgesi istenir. İHA 0 ve İHA 1 uçuracak kişiler için Genel Müdürlükçe herhangi bir lisans düzenlenmez. Ancak söz konusu kişiler oluşturulan internet tabanlı Kayıt Sistemi'ne T.C. Kimlik Numarası, İsim-Soyisim ve ikametgâh bilgileri, Telefon, e-posta, vb İletişim bilgileri, 18 yaşından küçükler için ileride doğabilecek hukuki ve cezai sorumlulukları kabul ettiklerine dair kanuni mümessillerince noterde tanzim ve tasdik edilmiş taahhütname belgelerle kayıt olmak zorundadırlar. İHA0 sınıfı pilotlar en az 12 yaşında ve İHA1 sınıfı pilotlar en az 15 yaşında olmalıdır. İHA 0 ve İHA 1 kategorisindeki hava araçları ile hobi veya sportif amaçlı uçuş yapacaklar için eğitim zorunluluğu bulunmamaktadır. İHA0 ve İHA1 kategorisindeki hava araçlarını ticari amaçla kullanacak pilotlar için gerekli dersler alınmalıdır. Bu eğitimleri tamamlayanlara yetkili eğitim kuruluşu tarafından İnsansız Hava Aracı Ticari Pilot Sertifikası düzenlenir ve bu sertifika İHA pilot kayıt başvurusunda Genel Müdürlüğe gönderilir. İHA 0 ve İHA 1 kategorisindeki hava araçlarını ticari amaçla kullanacak pilotlar, İHA sisteminin üreticisi, yetkili temsilcisi, üniversiteler, teknolojik araştırma geliştirme çalışması yapan merkezler veya Genel Müdürlük tarafından yetkilendirilmiş Onaylı Eğitim Organizasyonları tarafından verilen eğitimleri alır. Ticari amaçlı eğitim vermek için uygun görülen kuruluşların listesi Genel Müdürlüğün resmi internet sitesinde yayınlanır. İHA

0 ve İHA 1 kategorisinde ticari olarak eğitim verecek olan üretici, yetkili temsilci, üniversite ve AR-GE merkezleri taahhütname ve gerekli belgeler ile Genel Müdürlüğe müracaat eder. Tüm sınıflardaki İHA eğitim kuruluşları Milli Eğitim Bakanlığından özel İHA pilotu yetiştirme kursu açma izni almak zorundadırlar. Yükseköğretim Kanunu uyarınca kurulmuş yükseköğretim kurumları Milli Eğitim Bakanlığından kurs açma izni gerekliliğinden muaftır. 18 yaşın altındaki İHA pilotlarının üçüncü şahıslara verdikleri zararlardan hukuki ve cezai sorumluluk kanuni mümessiline aittir. Ticari nitelikli uçuş yapacak İHA0 ve İHA1 kategori pilotlardan yukarıda belirtilenlere ek olarak B sınıfı sürücü olur sağlık raporu gereksinimlerini karşılayan sağlık raporu istenir (URL-5, 2021).

İHA2 sınıfındaki İHA'yı kullanacak İHA 2 sınıfı pilot için Genel Müdürlük tarafından 3 yıl süreli İHA 2 Pilot Lisansı düzenlenir. Bu lisans için;

- Onaylı Eğitim Organizasyonları veya Ek-9'da belirtilen gereklilikleri sağlayan İHA2 üreticisi kuruluşlar tarafından düzenlenen teorik bilgi eğitimlerine katılarak başarıyla tamamlamış olmak,
- İHA ve sistemlerinin üreticisinden veya yetkili temsilcisinden en az 36 saat uçuş eğitimi ve en az 3 saat bakım onarım eğitimi alarak her birini başarıyla tamamlamak,
- R/T telsizle haberleşme kursunu başarıyla tamamlamak,
- Genel Müdürlük veya EASA üyesi bir ülke tarafından düzenlenen ve geçerli olan asgari 2 nci Sınıf Sağlık Sertifikası sahibi olmak,
- En az 18 yaşında olmak (URL-5, 2021).

İHA 3 sınıfındaki İHA'yı kullanacak İHA 3 sınıfı pilot için Genel Müdürlük tarafından 3 yıl süreli İHA 3 Pilot Lisansı düzenlenir. Bu lisans için;

- Genel Müdürlük veya EASA üyesi bir ülke tarafından düzenlenen ve geçerli olan asgari 2 nci Sınıf Sağlık Sertifikası sahibi olmak.
- En az 18 yaşında olmak.
- Onaylı Eğitim Organizasyonları veya İHA3 üreticisi kuruluşlar tarafından düzenlenen teorik bilgi eğitimlerine katılarak başarıyla tamamlamış olmak,
- İHA ve sistemlerinin üreticisinden veya yetkili temsilcisinden en az 54 saat uçuş eğitimi ve en az 3 saat bakım onarım eğitimi alarak her birini başarıyla tamamlamak.
- R/T telsizle haberleşme kursunu başarıyla tamamlamak (URL-5, 2021).

Pilota teorik eğitim verecek eğitici sayısı en az 2 olup aşağıda belirtilen nitelikleri sağlar.

- En az ön lisans diplomasına sahip olmak.
- Eğitcinin eğitimini başarıyla tamamlamak veya doktorasını tamamlamış akademik personel olmak ya da pedagojik formasyon eğitimi almış olmak (URL-5, 2021).

İHA pilotu sorumlulukları

İHA pilotu, uçuşun güvenli yürütülmesinden ve uçuşla ilgili idari, mali ve teknik kuralların yerine getirilmesinden sorumludur. İHA pilotu, faydalı yüklerin yasal çerçevede kullanılmasından sorumludur. İHA pilotu, uçuşla ilgili her türlü sorumluluğu kabul ettiğine dair imzaladıkları taahhüdü, uçuş izni başvurusu dosyasına ekler. İHA 2 ve İHA 3 sınıfı pilotlar lisanslarının geçerlilik süresinin sona erdiği tarih ile 12 ay öncesi arasındaki sürede en az 12 saat uçuş ve en az 12 adet iniş kalkış yaptıklarını kanıtlayıcı belgeler ile Genel Müdürlüğe başvuru yaptıklarında lisans süreleri 3 yıl süreyle uzatılır. Lisans sahibi yukarıdaki uçuş saatine ve iniş kalkış sayılarına lisans geçerlilik tarihinin son bir yılı içerisinde ulaşamaz ise İHA ve sistemlerinin üreticisinden veya yetkili temsilcisinden bir saat uçuş eğitimi alarak Genel Müdürlüğe başvuru yaptıklarında lisans süreleri uzatılır. İHA 2 ve İHA 3 sınıfı pilotlar, lisanslarının geçerlilik süresinin sona erdiği tarih itibarıyla 5 yıl içerisinde lisans yenilemelerini yaptırmadıkları takdirde lisansları yenilenmez. Bu durumda ilk defa lisans düzenlenirken sorumlu oldukları tüm eğitimleri, ilgili Maddede belirtilen gerçek/tüzel kuruluşlardan %50 oranında kısaltılmış şekilde tekrar almaları gerekir (URL-5, 2021).

Uçuş izni gereklilikleri

Ticari faaliyetler dışında sportif ve amatör amaçla gerçekleştirilecek uçuşlarda, belirtilen kurallara uyulmak kaydı ile, serbest (yeşil) bölgelerde Genel Müdürlükten uçuş izni Kayıt sistemi tarafından otomatik verilir. Bu sınıflar için mahallin en büyük mülki idare amiri tarafından yasaklanan yer ve zamanlarda uçuş yapmak yasaktır. Özel izne tabi (kırmızı) bölgelerde yapılacak her türlü uçuşlarda ise 10 iş günü öncesinden gerekçesi ile birlikte Genel Müdürlük resmi internet sayfasında yer alan İHA Uçuş İzni Talep Formu ile başvuru yapılır. İzne tabi bölgelerde, yapılacak her türlü uçuşlarda ise 5 iş günü öncesinden Genel Müdürlük tarafından oluşturulan resmi internet sayfası üzerinden başvuru yapılır. İzne tabi bölgelerde Genel Müdürlükçe oluşturulan web tabanlı sistem üzerinden 400 feet altında yapılacak uçuşlar için yapılan başvuru ilgili mülki idare amirlikleri tarafından incelenir ve uygun görülmesi halinde söz konusu talebe ilişkin NOTAM yayınlanır. İlgili sivil/askeri kurumlar ve Genel Müdürlük tarafından lüzumu halinde söz konusu izin iptal edilebilir. Uçuş izni alınması halinde; işletici/pilot/şahıs tarafından Türkiye AIP'inde yer alan hükümlere ve belirtilen diğer kurallara uyulması zorunludur. İHA ile uçuşların gerçekleştirilebilmesi amacıyla tesis edilen serbest (yeşil) bölgeler Türkiye AIP'si ENR 5.5 bölümünde ilan edilir. Söz konusu sahalarda güncelliği her yıl Genel Müdürlükçe kontrol edilir. İzne tabi bölgelerde 400 feet üzerinde yapılacak her türlü uçuşta en az 10 iş günü öncesinden gerekçesi ile Genel Müdürlük resmi internet sayfasında yer alan İHA Uçuş İzni Talep Formu ile başvuru yapılır (URL-5, 2021).

İHA2 ve İHA3 sınıfı İHA'lar için; Tüm sahalarda gerçekleştirilecek İHA uçuşunda gerekli koordinasyonun yapılabilmesi için 10 iş günü öncesinden Genel Müdürlüğe İHA Uçuş İzni Talep Formu ile başvuru yapılır. Başvurulara ilişkin ilgili sivil ve askeri kurumlardan olumlu görüş alınmasını müteakip söz konusu sahalarda NOTAM ile tüm hava sahası kullanıcılarına duyurulması sağlanır. Söz konusu taleplere ilişkin ilgili kurumlardan olumsuz görüş alınması veya Genel Müdürlük tarafından uygun görülmemesi halinde uçuş izni verilmez. İHA işletmecisi veya sahibi, başvurunun onaylanmasını takiben uçuşların düzenleneceği NOTAM'lanmış hava sahasından sorumlu ATC ünitesi ile acil durumlar haricinde operasyondan en az bir gün önce uçuşa ilişkin usuller üzerinde mutabakat sağlar. Bu müsaadeler, İHA operasyonları için geçerli olan Standart Harekât Usullerine dayalı olacaktır. Standart Harekât Usulleri; normal usulleri, planlanmamış durumlara ilişkin usulleri, hava aracının acil durumdan kurtarılmasına diğer bir deyişle uçuşun sona erdirilmesine ilişkin usulleri içerecektir. Başvuru dosyası, uçuşun düzenleneceği ayrılmış hava sahasının koordinatlarını, bu sahada icra edilecek uçuşun saatlerini, ayrılmış hava sahasında kullanılacak uçuş seviyesini, acil durum usullerini, İHA ve sistemlerinde kullanılacak frekanslar gibi ilgili

bilgileri içerir. Genel Müdürlük ilgili diğer kurumlarla koordinasyon sonucunda uygun bulunması halinde uçuş müsaadesi ve NOTAM yayınlar. Uçuş izni alınması halinde; işletici/pilot/Hafif İHA işleticisi tarafından Türkiye AIP' sinde yer alan hükümlere ve belirtilen diğer kurallara uyulması zorunludur. Özel izne tabi (kırmızı) bölgelerde uçuş yapılması talepleri, gerekçeleri ile birlikte 10 iş günü öncesinden Genel Müdürlüğe Uçuş İzni Talep Formu ile iletilir (URL-5, 2021).

500 gr altı İHA'lar için hava aracı ve pilot kayıt zorunluluğu olmamakla birlikte, yapılacak ticari uçuşların uçuş emniyeti ile can ve mal güvenliğine etkisine ilişkin değerlendirmelerin yapılabilmesi teminen İHA uçuşunun gerçekleştirileceği sahanın ilgili kurumlarla koordinasyonun yapılabilmesi için 10 iş günü öncesinden Genel Müdürlüğe İHA Uçuş İzni Talep Formu ile başvuru yapılır. 500 gr altı İHA'larla sportif ve amatör amaçlı gerçekleştirilecek uçuşlar için serbest bölgeler (yeşil) kullanılmalıdır (URL-5, 2021).

Özel izne tabi bölgeler

Özel izne tabi (kırmızı) bölge olarak tanımlanan ve yer alan sahalarda risk analizi yapılmadan ve Genel Müdürlükten izin alınmadan herhangi bir sınıftaki İHA ile uçuş yapılması yasaktır:

- İrtifaya bağlı olmaksızın havalimanlarında, en yakında bulunan pistin kenarından 5 NM (9 km) mesafeden daha yakın sahada,
- İrtifaya bağlı olmaksızın seyrüsefer yardımcı cihazları, heliport, heliped, hava parkı, Genel Müdürlük resmi internet sitesinde yayınlanmış olan denize/iniş kalkış alanları, vb. merkez olmak üzere 5 NM (9 km) yarıçaplı sahada,
- 400 ft üzerinde yapılacak uçuşlarda,
- Türkiye AIP'si ENR 5.1 bölümünde yer alan "Yasak, Tahditli ve Tehlikeli Sahalar"da,
- Askeri binalar ve tesisler, cezaevi, akaryakıt depoları ve istasyonları, silah/fişek fabrika ve depoları gibi kritik yapı, tesis ve varlıkların çevresinde;
- NOTAM ile ilan edilen sahalarda,

Arama, kurtarma ve afet gibi öngörülemeyen acil durumlarda, Genel Müdürlük ile gerekli koordinasyonun sağlanması kaydıyla istisnai olarak Uçuş İzni verilebilir (URL-5, 2021).

Uçuş şartları ve alan gereklilikleri

İHA0 ve İHA1 sınıfındaki İHA'lar ile serbest (yeşil) bölgelerde gerçekleştirilecek uçuşlarda mahallin en büyük mülki idare amiri tarafından yasaklanmayan yer ve zamanlarda uçulması durumunda;

- Sadece görerek meteorolojik koşulların sağlandığı durumlarda, gündeğümü-günbatımı saatleri arasında ve en az 2 km görüşe açık havalarda uçuş gerçekleştirilebilir,
- İHA, yatayda 500 metreyi geçmeyecek şekilde pilotun görüş alanında olmalıdır,
- Yerden (AGL) 400 feet (120 metre) yüksekliğin üzerine çıkılmamalıdır, ç) İnsan ve yapılardan en az 50 metre uzaklıkta uçuş gerçekleştirilmelidir.

İHA2 ve İHA3 sınıfındaki İHA'lar;

- Hava trafik usulleri açısından VFR uçuş gerçekleştirilen hava aracı statüsünde kabul edilmesi sebebiyle, uluslararası kurallar ve Türkiye AIP'sinde yer alan hükümler ve olabilecek diğer düzenlemeler dâhilinde uçuş gerçekleştirilebilirler,
- Uygun ekipmanlara sahip ve gerekli izinleri alınmış İHA'lar ile yapılan uçuşlar hariç tutulmak üzere, gece VFR uçuş gerçekleştirilemez.

İHA uçuşları için havaalanı, heliport ya da hava parkı gerekliliği yoktur. Bununla birlikte, sportif ve bireysel amaçlı uçuşlarda hava parkı ve / veya belirlenmiş alanların kullanımı tercih edilmelidir. İHA0 ve İHA1 sınıfındaki İHA'lar için sportif/amatör ve bireysel amaçlı uçuşlarda serbest (yeşil) bölgeler dışında uçuş yapılamaz (URL-5, 2021).

Ayrırma sağlama ve çarpışma önleme

Uçuşlar esnasında, diğer hava araçları ile ayırmayı sağlamak ve çarpışmayı önlemek İHA pilotunun sorumluluğundadır (URL-5, 2021).

Minimum ayırma minimaları

İHA kendisi için ayrımlanan ve NOTAM'lanan alan dışında uçuş gerçekleştirilemez. Kendine ayrılmış alanlarda uçuş, diğer hava araçları ve mâniyelerle ayrılması sorumluluğu İHA pilotuna aittir (URL-5, 2021).

Acil durum usulleri

Hava araçlarının acil durum usulleri İHA'lar içinde geçerlidir. İnsanların ve diğer hava sahası kullanıcılarının emniyetini sağlamak için, ATC ile koordine edilerek emniyet gereklilikleri artırılır. İHA sisteminin uçuş yaptığı sorumluluk alanının büyüklüğüne göre yeterli sayıda mecburi iniş ve düşürme bölgelerini belirlemeleri gerekir. (URL-5, 2021).

Kontrol linki kaybı

Kontrol kaybında sistem kabiliyetlerini, tasarlanmış kurtarma alanlarına göre otomatik olarak dönüşü belirleyerek uçuşu bitirmek gerekir. Bu planlamanın yapılaşmış alanlar üzerinde planlamamak gerekir. Önceden belirlenmiş kurtarma alanına otomatik geçiş ve ardından uçuş sona erdirme sisteminin aktif hale getirilmesi gereklidir. Kontrol linkinin kopması durumunda, sorumlu İHA pilotu acil durum bildirir. İHA üzerinde transponder sistemi olması durumunda, A7700 transponder kodu otomatik olarak devreye girer. Kontrol linki kaybı nedeniyle acil durum görüntüsünü otomatik olarak uygulayan İHA, acil durum yaşayan hava aracı işlemi görür (URL-5, 2021).

Güvenlik

İHA işleticisi ve pilotu, İHA'nın herhangi bir yasadışı eyleme karşı aracının dışarıdan müdahalelere karşı güvenliğini sağlamakla yükümlüdür. İHA sahibi ve pilotu güvenlik taahhütnamesindeki tedbirleri almakla yükümlüdür (URL-5, 2021).

Sorumluluklar, güvenlik ve yasaklar

İHA sahipleri, İHA ve sistemlerinin kategorisine göre üretici ya da Genel Müdürlük tarafından belirlenen şartlarda muhafaza edilmesinden, İHA ve sistemlerin uçuş emniyetini tehlikeye düşüren olaylarını, en geç 48 saat içerisinde Genel Müdürlüğe rapor etmekten, Genel Müdürlük tarafından onaylanmayan değişikliklerin sistemde yapılması veya bu Talimattaki hükümlere aykırı iş ve işlemler yapılması durumlarında, Genel Müdürlük tarafından yayınlanan sertifikalar, izinler ve verilen haklar sona erer. Genel Müdürlük sertifikalarının, izinlerin ve beyanların geçerlilik şartlarının korunduğunu doğrulamak için rastgele denetimler yapma hakkını saklı tutar. İHA sahibi ve pilotu özel hayatın gizliliği ve mahremiyeti konusuna özen gösterir. Aksi halde Türk Ceza Kanunu'nun ilgili Maddeleri kapsamındaki hükümler uygulanır (URL-5, 2021).

3. SONUÇLAR

Dünya üzerinde hukuk sistemlerinde insansız hava araçları ile ilgili mevzuatı bulunmayan ülkeler mevcuttur. Türk hukuk mevzuatında İnsansız Hava araçları güncel durumu yeterlilik göstermektedir. Mevzuatımızda kalkış ağırlığına göre yapılan sınıflandırmanın, kayıt, belgeleme, yeterlilikler, bakım vb. düzenlenmiştir. Teknolojideki gelişmelerin insansız hava araçlarını getireceği yere göre yeni düzenlemeler ise kaçınılmazdır.

Ancak sivil kullanımda sınıflandırmanın dışında alışveriş merkezlerinde, teknoloji mağazalarında ve hatta oyuncak mağazalarında İHA satışı yapıldığı görülmektedir. Bu alt düzey kullanımlarında mevzuat çerçevesinde ancak talimat dışında düzenlenmesi gerekir.

KAYNAKÇA

Çoban S & Oktay T (2017). İnsansız Hava Araçlarının Hukuki Ve Etik Boyutu, 17.18/11/2017 4. Ulusal Havacılık Teknolojisi ve Uygulamaları Kongresi, 71-80.

Kahveci M & Can N (2017). İnsansız Hava Araçları: Tarihçesi, Tanımı, Dünya'da ve Türkiye'deki Yasal Durumu, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilim ve Teknik Dergi, C5, S4, 511-535,ISSN:2147-9364,Konya.

Kaya Y & Yiğit A. (2020). Dijital El Kameraları Kullanılarak Kültürel Mirasın Belgelenmesi. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 2 (2), 33-38.

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), 7-10.

Kaya Y, Yiğit A Y, Ulvi A & Yakar M (2021). Arkeolojik Alanların Dokümantasyonunda Fotogrametrik Tekniklerinin Doğruluklarının Karşılaştırmalı Analizi: Konya Yunuslar Örneği. Harita Dergisi, 165, 57-72.

Korumaz A G, Dülgerler O N & Yakar M (2011). Kültürel Mirasın Belgelenmesinde Dijital Yaklaşımlar, S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg., c.26, s.3, 2011.

Ocak D G & Gürbüz N (2018). Türkiye'de Sivil İHA Kullanımı Hakkında Güncel Düzenlemeler, Artcletter, Summer 2018, 71-94.

Şenol H İ, Memduhoglu A & Ulukavak M (2020). Multi instrumental documentation and 3D modelling of an archaeological site: a case study in Kizilkoyun Necropolis Area. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 11(3), 1241-1250.

Ulvi A, Yakar M, Yiğit A Y & Kaya Y (2019). The Use of Photogrammetric Techniques in Documenting Cultural Heritage: The Example of Aksaray Selime

Sultan Tomb, Universal Journal of Engineering Science Vol. 7(3), pp. 64 - 73

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), 22-30.

Yakar M & Yılmaz H (2008). Kültürel Miraslardan Tarihi Horozluhan'ın Fotogrametrik Rölöve Çalışması Ve 3 Boyutlu Modellenmesi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 23 (2) , 25-33.

Yakar M, Kabadayı A, Yiğit A Y, Çıkkı K, Kaya Y & Catin S (2016). Emir Saltuk Kümbeti Fotogrametrik Rölöve Çalışması Ve 3Boyutlu Modellenmesi.

Yakar M, Orhan O, Ulvi A, Yiğit A Y & Yüzer M M (2015). Sahip Ata Külliyesi Rölöve Örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 25-28 Mart 2015, Ankara

Yakar M, Yıldız F & Yılmaz H M (2005). Tarihi Ve Kültürel Mirasların Belgelenmesinde Jeodezi Fotogrametri Mühendislerinin Rolü, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara,

Yakar M, Yılmaz H M & Mutluoğlu Ö (2009). Hacim Hesaplamalarında Laser Tarama Ve Yersel Fotogrametrinin Kullanılması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 11 - 15 Mayıs 2009, Ankara

Yardımcı G (2019a). İnsansız Hava Aracı Kullanımından Doğan Sorumluluk, Journal of Aviation, 3 (2): 132-150, e-ISSN: 2587-1676.

Yardımcı G (2019b). İnsansız Hava Araçlarına Türk Mevzuatından Bir Bakış, Journal of Aviation, 3 (1): 61-80, e-ISSN: 2587-1676.

Yiğit A & Ulvi A (2020). İHA Fotogrametrisi Tekniği Kullanarak 3B Model Oluşturma: Yakutiye Medresesi Örneği. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 2 (2), 46-54.

Yiğit A Y & Uysal M (2020). Automatic Road Detection from Orthophoto Images. Mersin Photogrammetry Journal, 2(1), 10-17.

İnternet Kaynakları

(URL-1)

<https://paksoytekni.com.tr/index.php/paksoy-topcon/iha> (erişim tarihi: 01.03.2021)

(URL-2)

<https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/6029.pdf> (erişim tarihi: 01.03.2021)

(URL-3)

<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/07/20180715-1.pdf> (erişim tarihi: 01.03.2021)

(URL-4)

<https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.2920.pdf> (erişim tarihi: 01.03.2021)

(URL-5)

http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/talimatlar/2020/SHT-IHA_Rev-04.pdf



© Author(s) 2021.

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