

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Volume: 5, Issue: 1, p. 77-89, 2022

İNSANSIZ HAVA ARACI FOTOGRAMETRİSİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

A REVIEW ON UNMANNED AERIAL VEHICLE PHOTOGRAMMETRY

Kemal KÖŞE¹

Talha AKSOY¹

(Received 16.03.2022 Accepted 26.04.2022) – Review Article

Özet

İnsansız hava aracı (İHA) fotogrametrisi, birçok alanda olduğu gibi, özellikle arkeolojik kazı alanlarında (Chiabrando vd., 2011), tarihi mimari komplekslerde (Langhammer vd., 2018) ve tarihi kültürel mirasın belgelenmesi amacıyla araştırmacılar tarafından yoğun bir şekilde tercih edilmektedir. İHA fotogrametrisinin bilimsel araştırmalarda hızlı popülerleşmesinin en büyük gerekçesi; açık kaynak olarak uydu verilerinden elde edilen görüntülere göre daha yüksek çözünürlükte üç boyutlu (3D) ayrıntılı veri üretim çözümlerini hızlı, pratik ve düşük maliyetle elde edilmesidir. Ayrıca, İHA fotogrametrisi, farklı özelliklere sahip birçok karmaşık alanda uygulanabilen çok esnek bir araçtır. Arkeoloji ve tarihi mirasın belgelenmesi gibi dar bir alanda dahi çeşitli ve zor coğrafi alanlarda uygulanışı bu durumu ispatlamaktadır. Son on yılda, İHA fotogrametrisi araştırmacılar tarafından kolay ulaşılabilir olması ve çok kısa sürede yüksek verimde veriler elde edilmesi gibi avantajları göz önünde bulundurularak, birçok arazi çalışmasında kullanılmaktadır. Bu çalışmada son on yılda İHA fotogrametrisi ile yapılmış çalışmalar incelenerek kullanılan araçlar, yazılımlar ve elde edilen ürünler üzerine tarama yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler; Kültürel Miras, İHA, Fotogrametri, Nokta Bulutu.

¹Eskişehir Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, Eskişehir, Türkiye, kemalkose@eskisehir.edu.tr. talhaaksoy@eskisehir.edu.tr

Abstract

Unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry is heavily preferred by researchers for documenting historical cultural heritage, especially in archaeological excavation sites (Chiabrande et al., 2011) and historical architectural complexes (Langhammer et al., 2018), as in many areas. The main reason for the rapid popularization of UAV photogrammetry is; compared to images that is obtained from open source satellite data, photogrammetry provides high resolution three-dimensional (3D) detailed data production solutions quickly, practically and at low cost. In addition to that, UAV photogrammetry is a very flexible method that can be applied in many complex field with different features. In recent years, it has been used in many field studies considering its advantages such as being easily accessible by researchers and obtaining more efficient data in a very short time. In this paper, especially in the last ten years, studies with UAV photogrammetry were examined and a review was made on tools, software and the outcomes obtained.

Keywords; Cultural heritage, UAV, photogrammetry, Point cloud.

1. GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca elde edilen öğretilerin izlerini taşıyan tarihi mimari yapılar, heykeller, şehirler gibi yaşanmışlıkları resmeden eserlerin kültürel miras olarak korunma çalışmaları yapılmaktadır. Kültürel miras olarak değerlendirilen eserlerin geleceği şekillendiren bilim insanları tarafından keşfedilmesi, tam olarak anlaşılması gerçekleştirecekleri eserlerin ilham kaynağı olabilir. Bu nedenle kültürel mirasın (somut veya somut olmayan) öneminin gelecek nesiller tarafından kolayca erişilebilir olmasını sağlamak için korumaya ihtiyacı vardır (Beg, 2018). Son yıllarda teknolojinin gelişmesi ile koruma ve belgelemeye yönelik çalışmalarda ölçme değerlendirme yöntemleri değişmiş, ileri teknolojik sistemlerin kullanılması ile ayrıntılı röleve çalışmaları 3B modeller üzerinden daha kolay yapılabilir hale gelmiştir. Günümüzde tarihi eserler, sit alanlar, anıtlar veya doğal oluşumların korunması ve belgelenmesi amaçlı çalışmalarda yakın resim fotogrametrisine ek olarak yersel lazer tarayıcılar ve insansız hava araçları platformlarının kullanılması dikkat çekmektedir (Karachaliou vd., 2019; Çelik vd., 2020; Erdoğan vd., 2021).

İHA tabanlı araştırma yönteminin önemli doğruluk kaybetmeden çalışma süresini azaltan önemli avantajlar sağlar (Polat vd., 2021; Kaya vd., 2021). İkinci adımda, ağır hasar görmüş tarihi yapıya uygulama, İHA tabanlı fotogrametri kullanımı hasarın hızlı bir şekilde vurgulanmasında ve eksik malzeme hacminin tahmininde çok etkili olduğu kanıtlanmış ve arkeolojik yapıların orijinale yakın ölçekte yeniden modellenmesini sağlamıştır (Ramirez vd., 2019; Cavalaglia vd., 2020).

İHA fotogrametrisi ile yüksek kaliteli veriler elde edildiği gibi tespiti yapılan arkeolojik yapıların sonsuza kadar saklamamızı da sağlamaktadır. Ayrıca çalışmaların devamında çalışma alanını yukarıdan belirli bir yüksekten görüntülenmesi ile tarihi yapıların zamanla yok olan bölümleri tarihi belgeler yardımı ve projenin bütünü değerlendirilerek çıkarılabildiği gibi (Federman vd., 2018; Martinez vd., 2021) hangi coğrafi zorluklarla karşılaşılacağını nasıl tedbir ve planlamalar yapmamız gerektiğini önceden bize göstermektedir (Gasparinia vd., 2019).

Ayrıca, çok büyük ve geniş bir alanda yapılan çalışmalarda uydu verileri, LIDAR (Light Detection and Ranging) ve DEM (Digital Elevation Model) verileri çalışma için uygundur (Vilbigab, Saganab ve Bodinea, 2020). Ancak derin bir vadi tabanının sığ ince detayları düşük çözünürlük nedeniyle değerlendirme dışı bırakılabilirken, daha ucuz hafif çok rotorlu İHA'ların bu detay küçük alanların araştırılması ve yüksek çözünürlükte veriler elde etmek için kullanılabilir (Chiabrandoa, 2018; Langhammer vd., 2018; Vavulin vd., 2021).

Arkeolojik alanların dışında, bir toplumu millet yapan olguların hafızalarda tekrar canlandırılabilmesi gayesi ile tarihi savaş alanlarında savunma amaçlı toprak yüzeyinde oluşturulan siperlerin sayısal yüzey modellemesi çalışmasında kullanılmıştır (Seyrek vd., 2021).

Drone araştırması yersel yapılan çalışmalara göre, yapıların yüzeylerini ve hacimlerini çalışma nesnelere yakın havadan farklı açılardan belgeleme ve ölçme avantajı sağlamıştır. Günümüzde, güncel geomatik araştırmalarda İHA'lar üzerinde kullanılabilen eğik kamera katkısı sayesinde, 3B modeller, dik duvarların hem üst kısımlarında hem de dikey cephelerinde geometrik yüzeyler ve radyometri açısından yüksek bir tanımlayıcı performansa ulaşmaktadır (Mahmod ve Yılmaz, 2018).

Türkiye gibi birçok ülkede sivil havacılık kurallarına göre 500 gr'dan ağır İHA sistemleri için uçuş izni ve pilot belgesi gerekmektedir. Bazı durumlarda, kentsel alanlardaki güvenlik nedenleriyle uçuş izni almak neredeyse imkansızdır. Bürokratik nedenlerle izin süreçleri yavaş olabilir ve planlanan uçuş gerçekleşmeyebilir. Ultra Lighte Drone (ULD) sistemleri bu gereksinimlerden muaf olduğundan ve daha güvenli çalışma ortamı sağladığından, bu darboğazların üstesinden gelmek için potansiyel bir adaydır. ULD sistemlerinin öğrenmesi kolay olduğundan ve çevresel faktörlerden çok fazla etkilenmediği için tarihi binaların belgelenmesi için avantajlıdır (Bakırmana vd., 2020).

İHA'nın navigasyon sistemi yeterince doğru değilse, bunun yerine Yer Kontrol Noktaları (YKN) kullanılabilir. İHA Fotogrametrisi YKN'lerinin doğru ölçümüyle hassas doğrusal veya yüzeysel ölçüm gerçekleştirilebilir (Konstantinos vd., 2017). Göreceli bir koordinat referans sisteminde çalışsa bile, YKN'ler olmadan herhangi bir doğrusal veya yüzeysel ölçümün doğru olmayacaktır. Diferansiyel-GPS tabanlı navigasyon sistemlerinin kullanımı, mekânsal çözünürlükteki etkisini değerlendirerek dikkate alınacak YKN ölçümlerine bir alternatif olabilir (Themistocleousa vd., 2016). Burada sunulan sonuçlar, arkeolojik haritalamada kullanılacak ortomozaiklerin mekansal konumsal doğruluğunu en üst düzeye çıkarmak için çok rotorlu bir İHA'daki bir RGB sensörü kullanılarak uçuş görevlerini yapılandırmak için kullanılabilir (Carrascosa vd., 2016).

Çalışma alanı, sık ormanlık ve çalılık alanların olmadığı ve genellikle sert satırlı zeminlerin bulunduğu kentsel sit alanları ve kervan yollarının belgelenmesinde, İHA fotogrametri sistemlerinin detaylı, hassas ve 3B veri elde etmek için uygun bir yöntem olduğunu göstermektedir (Tercan, 2017).

Özellikle yüksek yapıların modellenmesinde en uygun çözümlerden biri olan yersel fotogrametri ve İHA fotogrametrisinin entegrasyonu ile her iki yöntemin de avantajları birleştirilmiş ve yoğun nokta bulutu ile üç boyutlu model oluşturulabilmektedir (Kaya vd., 2021; Şenol vd., 2021).

2. YÖNTEM

Bu makalede; kaynakların tespiti yapılabilmesi için kültürel miras belgeleme, insansız hava aracı, nokta bulutu ve fotogrametri anahtar kelimeleri ile, Google Akademik, Eskişehir Teknik Üniversitesi Kütüphanesi elektronik veri tabanı ve bağlı veri tabanları, JSTOR, Science Direct, EBSCO, TRDizin, YÖKTEZ gibi veri tabanlarında

tarama yapılmıştır. Tespiti yapılan çalışmalardaki bulgular, excel çalışma sayfasında Tablo1.'de belirtilen formatta tasnif edilmiştir.

Tablo 1. Bulguların Tasnif Tablosu

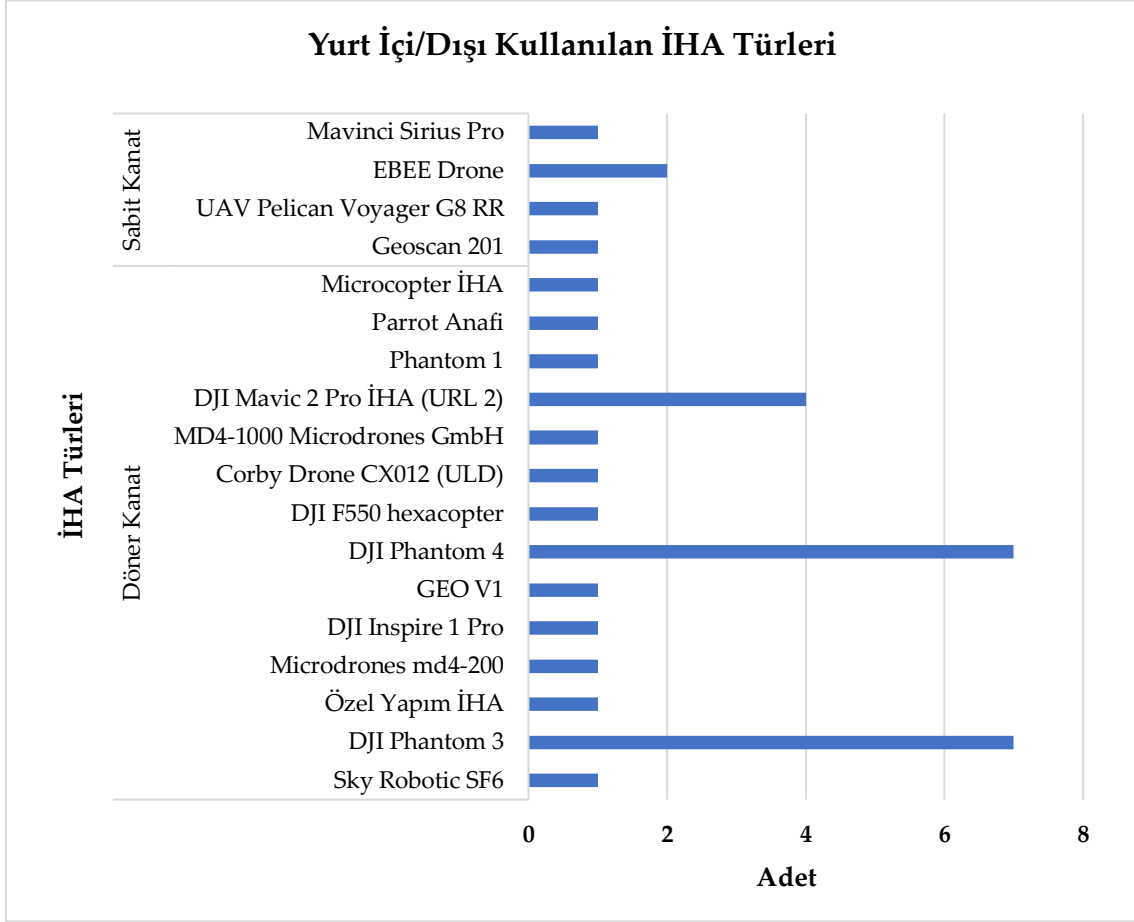
SN	Makale	Dergi/Tarih	Kullanılan			Yükseklik/ Poz Sayısı	Alan/ GCP	Veri İşleme Programı	Nokta Bulut Sayısı/ Ürün
			İHA	Kamera	Yersel LTC/ Diğer				
1.									

3. BULGULAR

Literatür de yapılan incelemede, arkeoloji ve tarih alanlarında kültürel mirasın belgelenmesi çalışmalarında; insansız hava araçları genellikle esneklik, pratiklik, ucuz maliyeti ve kısa sürede yüksek çözünürlüklü veriler elde edilmesi nedeniyle tercih edildiği gözlemlenmiştir. İncelenen 15 yurtdışı 13 yurtiçi çalışma olmak üzere toplamda 28 çalışma kullanılan İHA, kullanılan yazılım ve oluşturulan ürünler kapsamında incelenmiştir.

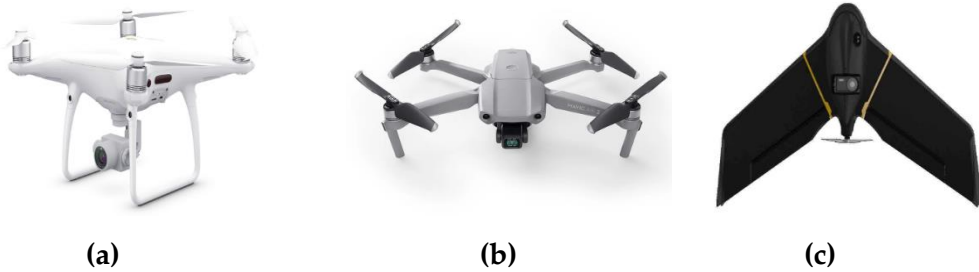
İncelenen 28 çalışmada 18 farklı İHA tipi kullanılmıştır. Bu 18 İHA'nın dört tanesi sabit kanatlı, 14 tanesi döner kanatlı İHA tercih edildiği tespit edilmiştir (Görsel 1). Araştırmacılar tarafından 24 çalışmada döner kanatlı İHA'nın en kuvvetli tercih edilme sebebinin maliyet olarak sabit kanatlılara göre %38,91 daha ucuz olması değerlendirilmektedir (Ulvi, 2021).

Sabit kanat İHA'ların kamera açısının tek açılı olması nedeniyle, çalışma alanındaki eserlerin yüzeydeki konumlarının belirlenmesi, sayısal yükseklik modeli ve nokta bulutu verisi oluşturma çalışmalarında kullanılmıştır. Ayrıca yapılan çalışmaların konumsal doğruluk kontrolleri için karasal cihazların yardımına ihtiyaç duyulmuştur (Chiabrandoa vd., 2018; Tercan, 2017). Döner kanat İHA'larda bulunan kameraların açısız değiştirebilme özelliği nedeniyle sayısal yükseklik ve 3D çalışmalarında genellikle ikinci bir karasal lazer tarama cihaza gereksinim duyulmadığı gözlemlenmiştir (Themistocleousa vd., 2016; Yiğit ve Ulvi, 2020).



Şekil 1; Yurt İçi/Dışı Çalışmalarda Kullanılan İHA Türleri

Sabit kanatlı İHA sistemi olarak İsviçre merkezli Sensefly (<https://www.sensefly.com/>) şirketine ait ebee İHA, döner kanatlı olarak Dà-Jiāng Innovations Science and Technology Co. Ltd. (DJI) şirketine ait Phantom serisi İHA'lar tercih edildiği tespit edilmiştir (Şekil 1). Döner kanatta ikinci olarak ise yine DJI şirketine ait Mavic 2 Pro İHA tercih edildiği gözlemlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2; (a) DJI Phantom 4Pro; (b) DJI Mavic 2 Pro (c) 4 Ebee X

Yapılan çalışmalarda 19 farklı yazılım kullanılmıştır. Nokta bulutu oluşturmak için 28 çalışmanın 21'ince Agisoft şirketinin Photoscan programı tercih edildiği

görülmüştür. Yine aynı çalışma kapsamında ikinci tercih edilen program olarak Pix4D yazılımı araştırmacılar tarafından tercih edilmiştir.

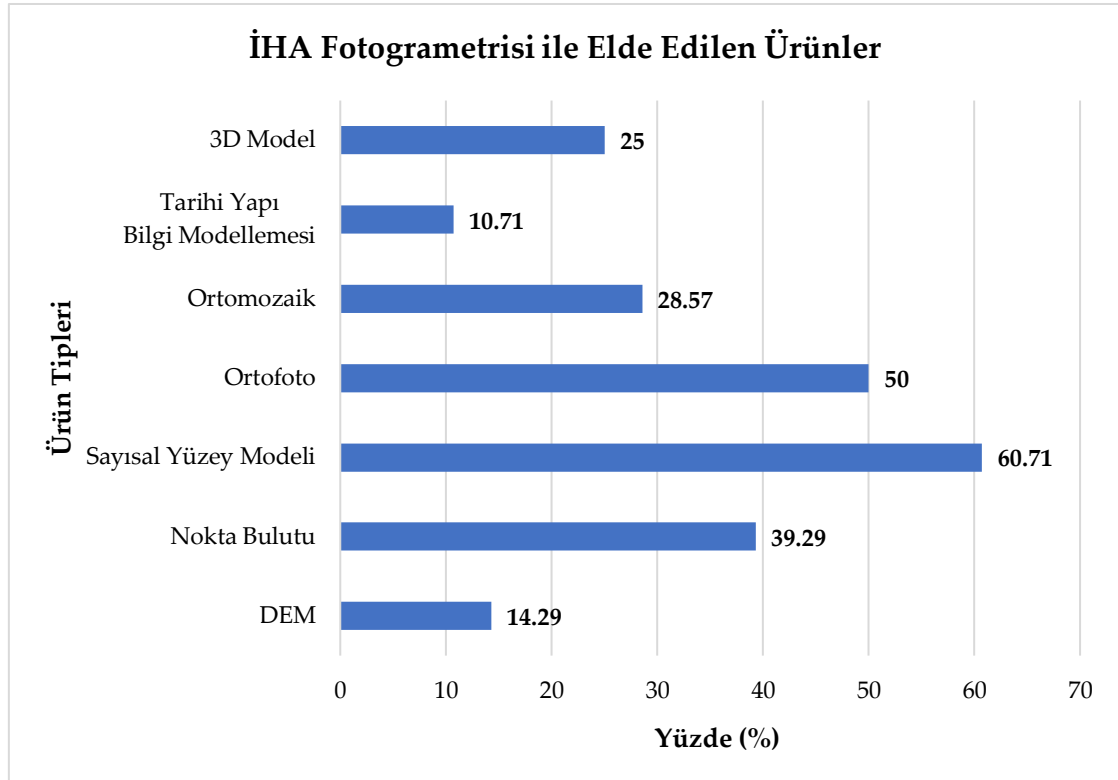
Elde edilen görüntü ve videoların düzenlenmesi için Adobe Bridge programı, çöken bölgelerin hacim hesabı için 3D Reshaper yazılımı, nokta bulutu çalışmalarının karşılaştırılması, birleştirilmesi ve temizleme işlemleri için Cloud Compare yazılımı, lens kalibrasyonları için Adobe Lightroom, iWitness, Leica Photogrammetric Suite 9.2, Agisoft Lens software yazılımı ve BIM (Binary İnförmatıon Model) görüntüsü elde edebilmek için de Autodesk Recap ve Revit tooları kullanıldığı tespit edilmiştir (Tablo.2.).

Tablo.2. İHA Fotogrametrisinde Kullanılmış Yazılımlar

SN	Kullanım Amacı	Yazılım İsmi	Çalışma Sayısı
1.		Agisoft PhotoScan/Metashape	21
2.	Nokta Bulutu Oluşturma	Pix4D	6
3.		Leica Photogrammetric Suite 9.2	2
4.	Karşılaştırma Temizleme Birleştirme	Cloud Compare	5
5.	Lens Bozulması	Adobe Lightroom	1
6.	3D Model	AutoCAD	2
7.	Kamera İç Yönlendirme Düzeltme	iWitness	1
8.	Çöken Bölge Hacim Hesabı	3D Reshaper	1
9.	Belirtilmemiş	Agisoft into SketchFab	1
10.	Kamera Kalibrasyonu	Agisoft Lens software	1
11.	Belirtilmemiş	Autodesk ReCap	1
12.	Belirtilmemiş	Autodesk Revit	1
13.	Belirtilmemiş	Inpho UASMaster	1
14.	Fotoğraf, Video Düzenleme	Adobe Bridge	1
15.	Belirtilmemiş	Context Capture	3
16.	Belirtilmemiş	Photodeler UAS	2
17.	Belirtilmemiş	Autodesk Civil 3D	1

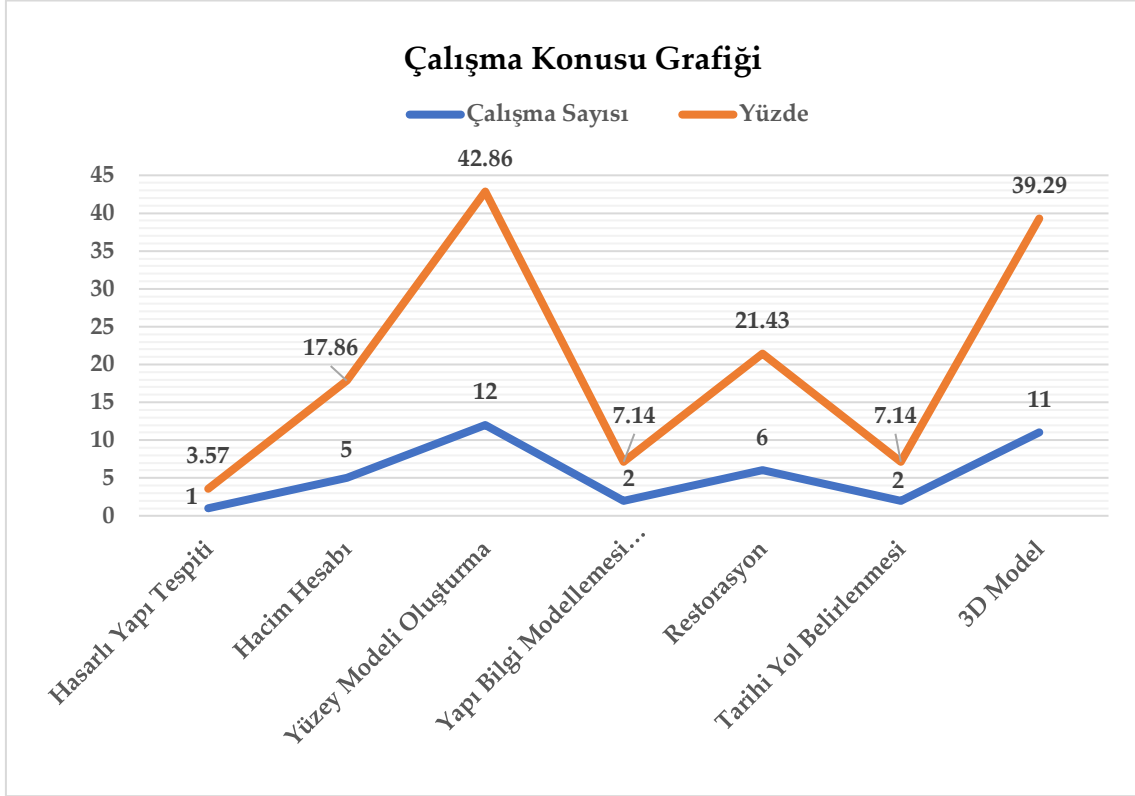
18.	Belirtilmemiş	3D Reashaper	1
19.	Kütle Hesabı	JRC 3D Reconstructor	1

Kullanım kolaylığı, düşük maliyeti ve hızlı elde edilme özellikleriyle yapılan 29 çalışma üzerinden yaptığımız değerlendirmede çalışmaların 17 'sinde sayısal yüzey modeli, 14'ünde ortofoto, 11'inde nokta bulutu, 8'inde ortomozaik, 7'sinde 3 boyutlu model, 4'ünde DEM verisi ve 3'ünde Tarihi Yapı Bilgi Sistemi verisi elde edilmiş çalışma toplamına göre yüzdeleri (Şekil 3)'de verilmiştir.



Şekil 3. İHA fotogrametrisi ile elde edilen ürün tipleri

İncelenen 29 çalışmanın; birinde tarihi yapıda hasar tespiti, 5'inde hacim hesabı, 12'sinde yüzey modeli oluşturma, ikisinde yapı bilgi modellemesi oluşturma, 6 çalışmada restorasyon, ikisinde tarihi yol tespiti ve 11'inde tarihi yapının 3 boyutlu yapısı oluşturularak belgeleme amacıyla İHA fotogrametrisi tercih edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. İHA fotogrametrisinin kullanıldığı konular

4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Arkeolojik kazılar, mimari eserler ve büyük çaplı mühendislik projelerin bilim insanlarının yorumlayabilmesi için, alanın bütünü görüntülendiğinde değerlendirme daha sağlıklı gerçekleşmektedir. Uydu fotoğrafları, uçaklarla yapılan hava fotoğrafı gibi materyaller çözünürlükleri itibarıyla göz ardı edilebilecek detay kısımlar bulunabilmektedir. İHA'ların fotogrametri alanında kullanımının keşfi ile göz ardı edilen bu detay kısımların bilim insanlarının değerlendirmesine sunulmaktadır.

Yapılan inceleme neticesinde; çalışmalarda tercih edilen sabit kanat İHA'lardan İsviçre merkezli Sensefly şirketinin ürettiği İHA ile Çin merkezli DJI şirketine ait Phantom serisi döner kanat İHA'ların tercih edildiği görülmüştür. Sabit kanat İHA'ların özellikle 3 boyutlu model çalışmalarında karasal lazer tarama cihazları ile ilave materyallerin kullanılması döner kanat İHA'lara kıyasla tek bir açıdan fotoğraf çekebilmesi nedeniyle yükseklik verilerini oluşturmada diğer materyallere ihtiyaç duyduğu değerlendirilmektedir. Yine çalışmalarda ürünlerin oluşturulmasında Rusya merkezli Agisoft şirketine ait Photoscan ile İsviçre merkezli Pix4D yazılımları yaygın olarak tercih edildiği görülmüştür.

Araştırmacılar, düşük maliyet, hızlı çözümler ve yüksek çözünürlüklü veriler sunan İHA fotogrametrisi ile 28 çalışmanın %60'ta sayısal yüzey modeli, %50'sinde ortofoto ve %39'da nokta bulutu verileri elde etmişlerdir. Elde edilen veriler

doğrultusunda %42,86 ile araştırmaların yüzey modelleme ihtiyaçları, %39,29 ile üç boyutlu modelleme ihtiyaçları ve %21,43 ortofoto verilerin kullanıldığı restorasyon çizim ihtiyaçları karşılanmak üzere veriler üretildiği değerlendirilmiştir.

İHA fotogrametrisi ile; mimari yapıların belgelenmesinde, zamana bağlı bozulmaların tespitinde ve söz konusu çalışma alanlarının yüksek çözünürlükte bir bütün olarak değerlendirilmesi kapsamında çalışmalar yapılmıştır.

Açık arazi ve geniş çalışma alanlarında genellikle uydu fotoğrafları üzerinden çalışmalar yapılmasına rağmen en sık ve erişilmesi zor yerler düşük çözünürlük nedeni ile göz ardı edilmek zorunda kalmaktadır. Bilim insanları göz ardı edilmek zorunda kalınan bu alanları İHA fotogrametrisi ile en hızlı ve yüksek çözünürlükte verilerle tamamladığı değerlendirilmektedir. Çalışmaların büyük çoğunluğunda İHA fotogrametrisi'nin pratik, zorlu çalışma bölgelerine rağmen esnekliğinden, yüksek çözünürlüklü verilere hızlı ulaşılabilmesi ve görece diğer kaynaklara kıyasla düşük maliyetli oluşundan tercih edildiği belirtilmektedir.

KAYNAKÇA

- Ali Abdulwahed Mahmud, H. Y. (2018). İnsansız Hava Aracı İle Dik Konumda Çekilen Resimlerle Üç Boyutlu Model Oluşturma: Aksaray Üniversitesi Kampüs Camii. *Aksaray University Journal of Science and Engineering*, 144 Erişim Adresi : <http://asujse.aksaray.edu.tr/en/download/article-file/593115> (23.01.2022).
- Alperen Erdoğan*1, A. K. (2021). Kültürel Mirasın Fotogrametrik Yöntemle 3B Modellenmesi: Karabıyık Köprüsü Örneği. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 23-27 Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/tiha/issue/62529/911147> (23.01.2022).
- Bakırmana T., B. B. (2020). Implementation of ultra-light UAV systems for cultural heritage documentation. *Journal of Cultural Heritage*, 174-184 Erişim Adresi : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1296207419303747> (23.01.2022).
- Beg, A. A. (2018, 08. 17). 3 Boyutlu Modellemede Yersel Lazer Tarama ve İnsansız Hava Araçları Verilerinin Entegrasyonu ve Kilistra Antik Kenti Örneği. (*Yüksek Lisans Tezi*. Konya), Türkiye: Erişim Adresi : <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/459175> (23.01.2022).
- Carvajal-Ramírez F., N.-O. A.-V.-C. (2019). Virtual reconstruction of damaged archaeological sites based on Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry and 3D modelling. Study case of a southeastern Iberia production area in the Bronze Age. *Measurement*, 225-236 Erişim Adresi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224118312387> (23.01.2022).
- Cavalaglia, N. G. (2020). On the accuracy of UAV photogrammetric survey for the evaluation of historic masonry structural damages. *Procedia Structural Integrity*, 165-174 Erişim Adresi:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452321620308295>
(23.01.2022).

Chiabrando F., N. F. (2011). UAV and RPV systems for photogrammetric surveys in archaeological areas: two tests in the Piedmont region (Italy). *Journal of Archaeological Science*, 697-710 Erişim Adresi :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440310003821>
(23.01.2022).

Chiabrandoa F., D. F. (2018). UAV Photogrammetry for Archaeological site survey 3D Models at the Hierapolis in Phrygia (Türkiye). *Virtual Archaeology Review*, 28-43 Erişim Adresi : <https://riunet.upv.es/handle/10251/94446> (23.01.2022).

E., T. (2017). İnsansız Hava Aracı Kullanılarak Antik Kent ve tarihi kervan yolunun fotogrametrik belgelenmesi: Sarıhacılar Örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 633-642 Erişim Adresi :
<https://dergipark.org.tr/en/pub/jesd/article/315232> (23.01.2022).

Federman A., *. S. (2018). Unmanned Aerial Vehicles (UAV) Photogrammetry in the Conservation of Historic Places: Carleton Immersive Media Studio Case Studies. *Drones*, Erişim Adresi : <https://www.mdpi.com/2504-446X/2/2/18> (23.01.2022).

Juan M.G., M.-E. M.-C. (2019). Identifying the Roman road from Corduba to Emerita in the Puente Nuevo reservoir (Espiel-Córdoba/Spain). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 363-372 Erişim Adresi :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352409X1830693X>
(23.01.2022).

Karachaliou E., G. E. (2019). UAV for mapping historic buildings;from 3D modelling to BIM. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 397-402 Erişim Adresi :
<https://pdfs.semanticscholar.org/4ae6/08de15d3cb4e021afce31d86065d5cc93a14.pdf> (23.01.2022).

Karaçizmeli, N. P. (2021). İHA Fotogrametrisinin Arkeolojik Yüzey araştırmalarına katkılarının incelenmesi. *Turkish Academy of Sciences Journal of Archaeology*, 175-186 Erişim Adresi;
<https://dergipark.org.tr/en/pub/tubaar/issue/64893/889810> (23.01.2022).

Kaya, Y., P. N. (2021). Arkeolojik kalıntıların belgelenmesinde yersel ve İHA fotogrametrisinin birlikte kullanımı. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 9-14
<https://dergipark.org.tr/en/pub/tufod/issue/62674/899089> (23.01.2022).

Langhammer J., J. B. (2018). 3-D reconstruction of an abandoned montane reservoir using UAV photogrammetry, aerial LIDAR and field survey. *Applied Geography*, 9-21 Erişim Adresi:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014362281830198X>
(23.01.2022).

Martínez-Carricondo P., C.-R. F.-P.-V. (2021). Combination of HBIM and UAV photogrammetry for modelling and documentation of forgotten heritage. Case study: Isabel II dam in Níjar (Almería, Spain). *Heritage Science*, Erişim Adresi :

<https://heritagesciencejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40494-021-00571-8> (23.01.2022).

Mehmet Özgür Çelik*1, İ. Y. (2020). Sfm Tekniği ile Oluşturulan 3B Modellerin Kültürel Mirasın Belgelenmesi Çalışmalarında Kullanılması: Gözne Kalesi Örneği. *Geomatik Dergisi*, 22-27 Erişim Adresi : <https://dergipark.org.tr/en/pub/tiha/issue/54200/715377> (23.01.2022).

Mesas-Carrascosa F.L., M. D.-F. (2016). An Analysis of the Influence of Flight Parameters in the Generation of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Orthomosaicks to Survey Archaeological Areas. *Sensors*, Erişim Adresi : <https://www.mdpi.com/1424-8220/16/11/1838> (23.01.2022).

Mikhail V. Vavulin a, K. V. (2021). UAV-based photogrammetry: Assessing the application potential and effectiveness for archaeological monitoring and surveying in the research on the ‘valley of the kings’ (Tuva, Russia). *Digital Applications in Archaeology and Cultural*, Erişim Adresi : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212054821000011> (23.01.2022).

Nikolakopoulos K.G., S. K. (2017). UAV vs classical aerial photogrammetry for archaeological studies. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 758-773 Erişim Adresi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352409X16305661> (23.01.2022).

Nizar Polat N., . Ç. (2021). İHA Fotogrametrisinin Arkolojik Yüzey Araştırmalarına Katkılarının İncelenmesi. *TÜBA-AR* 28, 175-186 Erişim Adresi : <https://dergipark.org.tr/en/pub/tubaar/issue/64893/889810> (23.01.2022).

Seyrek E.C, N. Ö. (2021). Yüzey araştırmalarında İHA fotogrametrisinin kullanımı: Kolankaya Siperleri örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 69-75 Erişim Adresi : <https://dergipark.org.tr/en/pub/tufod/issue/66156/1021793> (23.01.2022).

Şenol H.İ., Y. K. (2021). İHA ve yersel fotogrametrik veri füzyonu ile kültürel mirasın 3 boyutlu (3B) modelleme uygulaması: Kanlıdivane Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 29-36 Erişim Adresi : <https://dergipark.org.tr/en/pub/tufod/issue/62674/935920> (23.01.2022).

Themistocleousa K., A. A. (20–21 October 2016). 3D Documentation and BIM Modeling of cultural heritage structures using UAVS: the case of the Foinikaria Church. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 11th 3D Geoinfo Conference*. Athens, Greece: Erişim Adresi : https://scholar.google.com.tr/scholar?hl=tr&as_sdt=0%2C5&q=The+International+Archives+of+the+Photogrammetry%2C+Remote+Sensing+and+Spatial+Information+Sciences%2C+11th+3D+Geoinfo+Conference&btnG= (23.01.2022).

Ulvi A.*, Y. M. (2019). İHA ve Yersel Fotogrametrik Teknikler Kullanarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 Boyutlu Nokta Bulutu ve Modelinin Üretilmesi. *Geomatik Dergisi*, 19-26 Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/geomatik/issue/48883/560179> (23.01.2022).

- Ulvi, A. (2021). İHA Fotogrametrisine Genel Bakış: Geleneksel Topoğrafik Harita Yapımı Tekniği ile Maliyet Karşılaştırması. *BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi*/, 458-471 Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/bseufbd/issue/63352/885579> (23.01.2022).
- Vilbigab J.M., S. V. (2020). Archaeological surveying with airborne LiDAR and UAV photogrammetry: A comparative analysis at Cahokia Mounds. *Journal of Archaeological Science: Reports*, Erişim Adresi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352409X2030300X> (23.01.2022).
- Yiğit A.Y., U. A. (2020). İHA Fotogrametrisi Tekniği Kullanarak 3B Model Oluşturma: Yakutiye Medresesi Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 46-54 Erişim Adresi : <https://dergipark.org.tr/en/pub/tufod/issue/58541/738051> (23.01.2022).
- Yunus Kaya1, A. Y. (2021). Arkeolojik Alanların Dokümantasyonunda Fotogrametrik Tekniklerinin Doğruluklarının Karşılaştırmalı Analizi: Konya Yunuslar Örneği. *Harita Dergisi*, 57-72 Erişim Adresi : <https://app.trdizin.gov.tr/publication/paper/detail/TkRJeU16WXdnQT09> (23.01.2022).