



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ARKEOLOJİK ALANLARIN İHA VE EL TİPİ LAZER
TARAYICI KULLANILARAK BELGELENMESİ VE
DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ: MALATYA HEKİMHAN
TAŞHAN ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüseyin ÇATAL

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Aydan YAMAN**

AKSARAY, 2024

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 202306408 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Hüseyin ÇATAL tarafından hazırlanan “**ARKEOLOJİK ALANLARIN İHA VE EL TİPİ LAZER TARAYICI KULLANILARAK BELGELENMESİ VE DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ: MALATYA HEKİMHAN TAŞHAN ÖRNEĞİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Harita Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Aydan YAMAN

Aksaray Üniversitesi

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

Üye: Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ

Aksaray Üniversitesi

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

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Tarık TORUN

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi

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

Tez Savunma Tarihi: 20/09/2024

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

.....

Prof. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinallliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Hüseyin ÇATAL

TEŞEKKÜR

“ARKEOLOJİK ALANLARIN İHA VE EL TİPİ LAZER TARAYICI KULLANILARAK BELGELENMESİ VE DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ: MALATYA HEKİMHAN TAŞHAN ÖRNEĞİ” konulu tez çalışmam boyunca bana her türlü destek ve yardımı sunan, bilgi, tecrübe ile bana yol gösteren çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Aydan YAMAN’a çok teşekkür ederim.

Emeklerini üzerimden eksik etmeyen sevgili aileme, her zaman yanımda olan ve destek veren Selin EREN’e çok teşekkür ederim.

Tezimle ilgili yapmış olduğum saha çalışmaları sırasında desteklerini esirgemeyen Bünyamin YILDIZ’a, Mehmet KARAASLAN’a, Muhammed KURT’a ve Mustafa İLHAN’a çok teşekkür ederim.

Hüseyin ÇATAL
AKSARAY, 2024

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1 Kültürel Mirasın Korunması ve Dökümantasyonu	8
2.1.1 Dökümantasyonun önemi	9
2.1.2 Kültürel mirasın belgelenmesi	10
2.2 Fotogrametri	11
2.2.1 Yersel fotogrametri	12
2.2.2 Hava fotogrametrisi	13
2.2.3 İHA fotogrametrisi.....	15
2.2.3.1 İHA fotogrametrisinin avantajları ve dezavantajları.....	16
2.3 Lazer Tarama.....	17
2.3.1 Prensipleri, kullanım alanları ve hata kaynakları	17
2.3.2 Yersel lazer tarama	19
2.3.3 El tipi lazer tarama.....	20
2.3.4 Giyilebilir lazer tarama	21
2.3.5 Mobil lazer tarama	22
2.4 İnsansız Hava Araçları	24
2.4.1 İnsansız hava araçlarının tarihçesi	25
2.4.2 İnsansız hava araçları çeşitleri	28
2.4.3 İnsansız hava araçları uygulama alanları	28
3. UYGULAMA.....	30
3.1 Çalışma Alanı Hakkında Genel Bilgiler.....	30
3.2 İHA ile Yapılan Çalışmalar	32
3.2.1 İHA verileri ile büro çalışmaları.....	37
3.2.2 Agisoft ile 3B model üretilmesi ve işlem adımları.....	37
3.2.3 STONEX X120GO SLAM el tipi lazer tarayıcı ile arazi işlemleri	47
3.3 Değerleme İşlemleri	49
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	52
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	55
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ.....	69

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARKEOLOJİK ALANLARIN İHA VE EL TİPİ LAZER TARAYICI KULLANILARAK BELGELENMESİ VE DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ: MALATYA HEKİMHAN TAŞHAN ÖRNEĞİ

Hüseyin ÇATAL

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Aydan YAMAN

ÖZET

Toplumların tarihsel süreçteki sosyal, kültürel, ekonomik, siyasi vb. deneyimleri hakkında bilgi sahibi olmak için tarihi kalıntı ve eserlerin incelenmesi ve kayıt altına alınması büyük önem taşımaktadır. Bu kalıntı ve eserler, insanların tarih boyunca biriktirdikleri deneyimlerin yanı sıra geleceğin doğru planlanmasına da katkı sağlamaktadır. Kültürel mirasın belgelenmesi, bu eserlerin doğru bir şekilde kayıt altına alınmasını sağlayarak gelecekte zarar görmelerini ve yok olmalarını engelleyecektir. Belgeleme yöntemleri de en az arkeolojik alan belgelemesi kadar önemlidir. Günümüzde geleneksel veri toplama yöntemlerinden el tipi lazer tarayıcılar ve insansız hava araçları (İHA) gibi daha pratik ve hassas yöntemlere geçilmiştir. Bu yöntemler, tarihi yapıya ilişkin önemli miktarda verinin, yapının kendisiyle herhangi bir fiziksel temas olmaksızın, kabul edilebilir bir hassasiyet derecesiyle elde edilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada, Malatya ili, Hekimhan ilçe merkezinde bulunan TAŞHAN, İHA uçuş verileri ve el tipi lazer tarayıcı verileri kullanılarak 3 boyutlu modellenmiş ve doğruluk değerlendirmesi yapılmıştır. Agisoft Photoscan Professional yazılımı ile fotogrametrik teknikler kullanılarak üretilen 3B model üzerinden yapılan hassasiyet araştırmasında konum hatasının $m_{xy}=\pm 3.11$ cm, yükseklik hatasının $m_z=\pm 3.48$ cm olduğu, GOpot yazılımı ile fotogrametrik teknikler kullanılarak üretilen 3B model üzerinden yapılan hassasiyet araştırmasında konum hatası $m_{xy}=\pm 2.01$ cm, yükseklik hatası ise $m_z=\pm 3.02$ cm bulunmuştur. Sonuçların BÖHHBÜY'e göre kabul edilebilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: BÖHHBÜY, Fotogrametri, 3B Model, İnsansız Hava Aracı (İHA), TAŞHAN.

Eylül, 2024; 69 Sayfa

M.Sc. THESIS

DOCUMENTATION OF ARCHEOLOGICAL AREAS USING UAV AND HANDHELD LASER SCANNER AND ACCURACY EVALUATION: THE CASE OF MALATYA HEKİMHAN TASHAN

Hüseyin ÇATAL

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geomatics Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Aydan YAMAN

ABSTRACT

It is of great importance to examine and record historical remains and artifacts in order to have information about the social, cultural, economic, political, etc. experiences of societies in the historical process. These ruins and artifact contribute to the correct planning of the future as well as the experiences that people have accumulated throughout history. Documenting the cultural heritage will ensure accurate recording of these artefacts preventing future damage and extinction. In archaeological studies, images that can provide sufficient accuracy for such sites at a given distance and that can be acquired quickly are often needed. Today, there has been a shift from traditional data collection methods to more practical and accurate methods such as laser scanners and unmanned aerial vehicles (UAVs). These methods allow the acquisition of a substantial amount of data pertaining to the historical building, with an acceptable degree of precision, without any physical contact with the building itself. The utilisation of a variety of software enables the generation of digital data and three-dimensional (3D) models of the object in question. In this study, Tashan, located in Hekimhan district center of Malatya province, were 3D modeled using UAV flight data and handheld laser scanner data. In the accuracy research conducted on the 3D model produced using photogrammetric techniques with Agisoft Photoscan Professional program, the position error was found to be $m_{xy}=\pm 3.11$ cm and the height error was found to be $m_z=\pm 3.48$ cm. In the accuracy research conducted on the 3D model produced using photogrammetric techniques with GOpod software, the position error was found to be $m_{xy}=\pm 2.01$ cm and the height error was found to be $m_z=\pm 3.02$ cm. It was concluded that it is acceptable according to BÖHMBÜY.

Keywords: BÖHMBÜY, Photogrammetry, 3D Model, Unmanned Aerial Vehicle (UAV), TAŞHAN.

September, 2024; 69 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Yersel fotogrametri iş akışı.....	13
Şekil 2.2. Hava fotogrametrisi	14
Şekil 2.3. İHA fotogrametrisi iş akış diyagramı.	16
Şekil 2.4. Yersel lazer tarayıcı örneği.....	20
Şekil 2.5. STONEX X120GO SLAM el tipi lazer tarama cihazı.	21
Şekil 2.6. Giyilebilir lazer tarama cihazı	22
Şekil 2.7. Mobil lazer tarama.....	23
Şekil 2.8. Lazer tarayıcı ve YKN dağılımı.	24
Şekil 2.9. Lazer tarama yöntemiyle 3B modelleme örneği.....	24
Şekil 2.10. Avustralya'nın ilk insansız savaş balonları (1849).....	26
Şekil 2.11. Tarihte ilk quadcopter (1907)	27
Şekil 2.12. İnsansız hava araçlarının uygulama alanları.....	29
Şekil 3.1. Uygulama yeri Taşhan'a ait mimari detay (URL-7).....	31
Şekil 3.2. Hekimhan Taşhan giriş kapısı.	31
Şekil 3.3. Uygulama yeri Taşhan' ın coğrafi konumu.	32
Şekil 3.4. Spectra Precision SP60 GNSS alıcısı.	33
Şekil 3.5. Spectra Precision T41 kontrol ünitesi.....	34
Şekil 3.6. İHA DJI Phantom 4 Pro RTK.....	34
Şekil 3.8. Taşhan İHA görüntüsü.....	36
Şekil 3.9. Taşhan iç kısım.	36
Şekil 3.10. AGISOFT programı dil ve tema seçeneği.	37
Şekil 3.11. Referans ayarlarını girme.	38
Şekil 3.12. Fotoğrafların yüklenmesi.....	38
Şekil 3.13. Fotoğrafların dönüştürülmesi.	39
Şekil 3.14 Fotoğrafların birleştirilmesi.....	39
Şekil 3.15. Align edilmiş fotoğraflar.	40
Şekil 3.16. YKN'lerin dağılımı.....	40
Şekil 3.17. YKN'lerin dengelenmesi.	41
Şekil 3.18. YKN'lerin optimize edilmesi.	41
Şekil 3.19. Resim üzerinde görülmeyen YKN noktalarının iptali.	42
Şekil 3.20. Nokta bulutu oluşturulması.....	42
Şekil 3.21.Build model ile katı model oluşturulması.....	43
Şekil 3.22. Ortofoto oluşturulması.....	43
Şekil 3.23. DEM haritasının oluşturulması.....	44
Şekil 3.24. Raporlama yapılması.	44
Şekil 3.25. Sınıflandırma işlemleri.	45
Şekil 3.26. Kamera konumları ve görüntü örtüşmesi.	45
Şekil 3.27. Kalibrasyon katsayıları ve korelasyon matrisi.....	46
Şekil 3.28. Sayısal yükseklik modeli.	46
Şekil 3.29. Ortofoto görüntü, YKN noktaları ve kadastro sınırı.....	47
Şekil 3.30. STONEX X120GO slam el tipi lazer tarayıcı kalibrasyonu.....	47
Şekil 3.31. STONEX X120GO slam el tipi lazer tarayıcı ile ölçüm işlemi.....	48
Şekil 3.32. STONEX X120GO slam el tipi lazer tarayıcı ile YKN ölçümü.....	48
Şekil 3.33. GOPost yazılımı ile proces süreci.....	49
Şekil 3.34. Noktaların dönüştürülmesi.	49
Şekil 3.35. Yapının üstten 3B görünümü.....	50
Şekil 3.36. 3B model yandan görünümü.....	50
Şekil 3.37. Taşhan içten görünümü.....	51

Şekil 3.38. Taşhan üstten görünümü.....	51
Şekil 3.39. Taşhan yatay görünümü.....	51



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Spectra Precision SP60 GNSS alıcısı teknik özellikleri.	33
Çizelge 3.2. İHA DJI Phantom 4 Pro RTK teknik özellikleri (DJI 2023).	35
Çizelge 4.1. Elde edilen konum ve yükseklik hataları.	52



SİMGELER VE KISALTMALAR

2B	2 Boyutlu
3B	3 Boyutlu
BÖHHBÜY	Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
DEM	Digital Elevation Model
DTM	Digital Terrain Model (Sayısal Arazi Modeli)
ED-50	European Datum-1950
GNSS	Küresel Navigasyon Uydu Sistemi
GPS	Global Positioning System
GRS80	Geodetic Reference System 1980
ICCROM	Kültür Varlıklarının Korunması ve Onarım Çalışmaları
IMU	İnertial Ölçme Ünitesi
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
ITRF96	Uluslararası Yersel Referans Ağı 1996
İHA	İnsansız Hava Aracı
LİDAR	Işık Algılama ve Mesafe Değiştirme
RTK	Real Time Kinematic (Gerçek Zamanlı Kinematik)
SFM	Hareket Tabanlı Yapısal Algılama
SLAM	Eşzamanlı Konum Belirleme ve Haritalama
TLS	Yersel Lazer Tarama
TUREF	Turkish National Reference Frame Uluslararası Merkezi
UNESCO	Birleşmiş Milletler Eğitim Bilim ve Kültür Örgütü
UTM	Universal Transversal Mercator
YKN	Yer Kontrol Noktası

1. GİRİŞ

İHA ve lazer tarama teknolojileri arkeolojik alanların korunmasına ve gelecek nesillere aktarılmasına önemli katkılarda bulunurlar. Kültürel mirasın korunması ve dokümantasyonunun ne kadar önemli olduğuna dair farkındalık yaratmak, arkeolojik kalıntıların belgelenmesi ve korunması için hayati rol oynamaktadır. Bu süreç, bu alanların bilimsel olarak kaydedilmesini, gelecek nesillere aktarılmasını ve korunmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda kültürel mirasın değerinin vurgulanması, korunması ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına olanak tanımaktadır. Bunun sonucunda, kültürel mirasın korunması ve dokümantasyonu ile ilgili konular, arkeolojik alanlardaki potansiyel tehlikelere karşı daha fazla bilinç yaratmayı ve koruma stratejilerinin geliştirilmesini hedeflemektedir (Baloğlu, 2022).

Koruma süreci sadece bugün için değil gelecek nesiller için de büyük önem taşımaktadır. Geçmişten günümüze taşınan bu değerli eserlerin korunması, dokümantasyonu ve geleceğe aktarılması için gerekli adımların atılması çok önemlidir. Kültürel mirasın korunması ve dokümantasyonu, uzmanların, arkeologların, koruma profesyonellerinin ve toplumun ortak çabalarını gerektirir. Arkeolojik alanlarda yapılan kazılar, tarihimizi anlamamızı ve koruma çalışmalarının daha etkili bir şekilde yürütülmesini sağlar. Bununla birlikte, korunması gereken kültürel mirasın geniş kapsamlı bir dokümantasyonu da önemlidir. Bu dokümantasyon, tarihi eserlerin yapısını, özelliklerini, konumunu ve tarihini kaydetmemize yardımcı olur (Anaç, 2022; Kaya, 2020).

Kültürel mirasın korunması ve dokümantasyonu, toplumumuzun geçmişiyle olan bağını güçlendirir ve kültürel mirasın kendine özgü değerlerini ve anlatılarını geleceğe taşır. Bu değerler, mirasımızı gelecek nesillere aktarma sorumluluğumuzu da beraberinde getirir. Koruma çalışmalarının önemi ve geniş kapsamı göz önüne alındığında, kültürel mirasın korunması ve dokümantasyonunun gelecekte daha da güçlenecektir. Sonuç olarak, kültürel mirasın korunması ve dokümantasyonu, arkeolojik alanlar için olduğu kadar toplumun genel kültürel zenginliği için de hayati bir öneme sahiptir. Bu süreç, geçmişimizi anlamamızı, kültürel mirasımızı değerli kılmamızı ve geleceğe aktarmamızı sağlar. Kültürel mirasımızın korunması ve dokümantasyonu için artan bilinç ve destek, bu değerli varlıkların sonsuza kadar devam etmesini sağlayacaktır. Bu nedenle, kültürel mirasımızı korumak ve

dokümantasyonunu sağlamak için hepimizin sorumluluk alması gerekmektedir. Bu sorumluluk, bize kültürel mirasımızın korunması ve dokümantasyonunun daha önemli hale geldiği gerçeğini hatırlatmalıdır (Erbaş ve Tuncel, 2022; Koleji ve Akgün, 2023).

Mirasımızın değerini bilmeli ve gelecekteki nesillere aktarmak için üzerimize düşen görevleri yerine getirmeliyiz. Bu eşsiz mirası korumak ve dokümantasyonunu sağlamak için elimizden gelenin en iyisini yapmalıyız. Kültürel mirasın korunması ve belgelenmesi, geçmişle olan bağımızı güçlendirirken aynı zamanda geleceğe bir köprü oluşturur. Bu nedenle kültürel mirasımızın korunmasına ve dokümantasyonuna dünya genelinde daha fazla önem verilmelidir. Mirasımızın korunması, gelecek nesillerin bu zenginlikleri de deneyimlemesini sağlayacak ve kültürel çeşitliliğin önemini vurgulayacaktır (Özbilen, 2023; Özden, 2022).

Kültürel mirasımızı koruyarak kendimize ait olan değerleri korumuş ve geleceğimize sahip çıkmış oluruz. Kültürel mirasın korunması ve dokümantasyonu, gelecek nesillerin tarihlerini anlamalarını sağlar ve onlara mirasımızı koruma ve değerlendirme sorumluluğunu yükler. Mirasımızın korunması için elimizden gelen her şeyi yapmalıyız ve gelecekteki nesillere bu değerleri aktarmalıyız. Kültürel miraslar insanlık için paha biçilemez bir hazinedir ve kaybolmaması için elimizden geleni yapmalıyız. Kültürel mirasımız, geçmişimizi anlamamıza, kimliğimizi keşfetmemize ve geçmişin değerlerini gelecek nesillere aktarmamıza yardımcı olur. Sonuç olarak kültürel mirasımızın korunması ve dokümantasyonu büyük bir öneme sahiptir ve bundan dolayı gereken adımları atmamız gerekmektedir. Mirasımızın korunması ve dokümantasyonunun önemini vurgulayarak gelecekteki nesillerin de bu değerleri koruma sorumluluğunu taşımasını sağlamalıyız. Unutmayalım ki, kültürel mirasımız insanlık için büyük bir zenginliktir ve kaybolmaması için hepimizin sorumluluk taşıdığını bilmeliyiz (Karabacak ve Yakar, 2022).

İHA'lar ve el tipi lazer tarayıcılar, arkeolojik alanların korunması, belgelenmesi ve incelenmesinde son derece etkili olan ileri teknolojik araçlardır. İHA'lar, yüksek çözünürlüklü kameralar ve GPS (Global Positioning System) gibi avantajlara sahiptir; bu da arazi çalışmalarının daha hızlı ve etkili bir şekilde yapılmasını sağlar. Aynı şekilde el tipi lazer tarayıcılar, hassas ölçümler yapabilme yeteneği sayesinde çalışma alanının detaylı bir şekilde haritalanması ve üzerinde çalışılacak noktaların belirlenmesi konusunda büyük kolaylık sağlar. Bu teknolojiler, belgeleme ve arazi

alışmalarında daha fazla verimlilik sağlayarak bu alanların korunmasına ve gelecek nesillere aktarılmasına önemli katkıda bulunmaktadır (Dölek ve evik 2023; Kabadayı ve Erdoğan 2023; Önlüel, 2023).

İHA'lar, havadan görüntüleme ve fotogrametrik modelleme yaparak geniş alanların kısa sürede yüksek çözünürlüklü görüntülerini elde etme imkânı sunar. Bu teknoloji, arkeolojik kazı alanlarının, yapıların ve diğer önemli unsurların üç boyutlu modellerinin oluşturulmasına olanak sağlar. İHA'lar, yüksekten görüntüleme yapabilme yetenekleri sayesinde büyük alanları kapsayan detaylı haritalar oluşturabilir ve bu sayede araştırmacıların alanın genel yapısını ve detaylarını incelemesine olanak tanır (Fernández-Hernández vd., 2015).

El tipi lazer tarayıcılar ise, yüksek hassasiyetli nokta bulutu verileri elde ederek yüzeylerin detaylı bir şekilde belgelenmesini sağlar. Bu tarayıcılar, özellikle karmaşık yapıların, ince detayların ve erişimi zor alanların belgelenmesinde etkilidir. Lazer tarayıcıların sağladığı veriler, arkeolojik buluntuların üç boyutlu modellerinin oluşturulmasında ve bu modellerin analiz edilmesinde büyük fayda sağlar (Demir ve Kaya, 2019).

Arkeolojik alanların belgelenmesinde İHA ve el tipi lazer tarayıcıların kullanımı, sadece verilerin hızlı ve doğru bir şekilde toplanmasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda bu verilerin saklanması, analiz edilmesi ve paylaşılmasını da kolaylaştırır. Bu teknolojiler, arkeologların ve diğer araştırmacıların alan çalışmaları sırasında elde ettikleri bilgileri daha etkin bir şekilde yönetmelerine olanak tanır. Ayrıca belgelemede İHA ve el tipi lazer tarayıcıların kullanımı, kültürel mirasın korunması ve doğru bir şekilde geleceğe aktarılması için etkili ve yenilikçi bir yöntem sunmaktadır. Bu teknolojilerin entegrasyonu, arkeolojik araştırmaların doğruluğunu artırmakta ve belgelenme sürecini daha verimli hale getirmektedir. Gelecekte bu alanda yapılacak yatırımlar ve araştırmalar, kültürel mirasın daha geniş kapsamlı ve detaylı bir şekilde korunmasına katkı sağlayacaktır.

Doğruluk değerlendirmesi, elde edilen verilerin güvenilirliğini ve kullanılabilirliğini sağlamak için kritik bir adımdır. İHA ve lazer tarayıcılarla elde edilen verilerin doğruluğu, kullanılan cihazların kalibrasyonu, tarama yöntemleri ve çevresel faktörler gibi birçok değişkene bağlıdır. Bu nedenle, verilerin doğruluğunu sağlamak ve hata

kaynaklarını minimize etmek için düzenli kalibrasyon, uygun tarama teknikleri ve dikkatli veri analizi gereklidir (Gonzalez-Jorge vd., 2013).

Bu çalışma, İHA ve el tipi lazer tarayıcıların arkeolojik alanlarda kullanılmasının faydalarını ve etkisini daha iyi anlamak için yapılmıştır. Arkeolojik alanların detaylı bir şekilde belgelenmesi ve doğruluk değerlendirmesi için İHA ve el tipi lazer tarayıcıların kullanılması bu alanda önemli bir gelişmedir. İnsansız hava araçları, arazi çalışmalarının daha hızlı ve etkili bir şekilde yapılmasına olanak tanırken el tipi lazer tarayıcılar ise alanın hassas bir şekilde taranarak haritalanmasını sağlar.

Sonuçta, İHA ve el tipi lazer tarayıcıların kullanılması artık arkeolojik alanlarda vazgeçilmez hale gelmiştir. Bu çalışmada da bu teknolojilerin kullanımının avantajları ve arkeolojik alanların korunması üzerindeki etkisini daha detaylı bir şekilde inceleyerek arkeoloji disiplinine katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Remondino vd. (2011) yaptığı çalışmada çeşitli fotogrametrik yazılım seçenekleri arasında yapılan karşılaştırmada, işleme süresi ile doğruluk arasında bir denge gözlemlenmiştir. Çalışmamızda, Agisoft ile yapılan modellerin işlenmesi yaklaşık 9 saat sürmüştür, ancak GOpot'a göre biraz daha iyi doğruluk sağlamıştır. Öte yandan, GOpot verimli nokta bulutu oluşturmaya öncelik vererek, modellemeyi yalnızca 3 saatin biraz üzerinde bir sürede, doğrulukta yalnızca küçük bir azalma ile tamamlamaktadır.

Doğruluk ve hız arasındaki bu ilişki, Remondino vd. (2011) fotogrametri yazılım seçenekleri arasında yaptığı karşılaştırmalarda da görülmüştür. Bu çalışmada, Agisoft'un en doğru modelleri ürettiği, GOpot gibi diğer yazılımların ise daha hızlı ancak biraz daha az hassas olduğu belirlenmiştir. Benzer bulgular, literatürdeki diğer çalışmalarda da yer almaktadır (Adamopoulos ve Rinaudo, 2020).

Remondino (2011) tarafından miras modelleme teknikleri üzerine yapılan incelemede belirtildiği gibi, "doğruluk, otomasyon ve hız, İHA fotogrametrisi gibi görüntü tabanlı 3B modelleme tekniklerinin başlıca avantajlarıdır". Çalışmamızda da bu avantajlar doğrulanmış olup, kazı alanları üzerinde santimetre düzeyinde hassasiyet elde edilirken, yüksek çözünürlüklü 3B verilerin hızla yakalanabilmesi, arkeologlara mekansal bilgileri, stratigrafiyi ve eser ayrıntılarını kaydetmek için verimli ve düşük maliyetli bir yaklaşım sunmaktadır (Chiabrande vd., 2017).

Bu bağlamda, yaygın olarak kullanılan fotogrametri yazılımları, arkeolojik araştırmaların ve kazı kayıtlarının doğruluk ihtiyaçlarını karşılayan İHA ve yer tabanlı görüntülerden ayrıntılı 3B modeller üretebilmektedir. Hazırlanan bu çalışma, bu teknolojilerin kültürel miras uygulamaları için yararlılığını daha da güçlendirmektedir.

Genel olarak bulgular, arkeolojik alanların ve tarihi yapıların etkili ve doğru 3B modellemesi için İHA'ların ve fotogrametrinin yararlılığını pekiştirmektedir. Bu kapsamda diğer çalışmalar da arkeoloji için İHA fotogrametrisi ve lazer taramasının değerini göstermiştir (Fernandez-Hernandez vd., 2015; Güngör, 2022; Kaya vd., 2021).

Örneğin, Fernández-Hernandez vd. (2015), İspanya'daki iki Geç Antik kaleyi fotoğraflamak için bir İHA kullanmıştır. Çalışma kapsamında türetilen 3B modeller, önceki belgelerden daha fazla ayrıntı sağlamış ve duvar yapılarının ve görünür çökme alanlarının analizini mümkün kılmıştır.

Özgün (2020), Türkiye'deki arkeolojik alanların İHA ile havadan görüntülenmesi ve üç boyutlu modellerinin oluşturulması üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma, İHA teknolojisinin arkeolojideki uygulamalarını ve doğruluk değerlendirmesini ele alarak detaylı bilgiler sunmaktadır. Özgün, çalışmasında, İHA kullanarak elde edilen 3B modellerin, saha çalışmaları ve restorasyon projeleri için kritik bir öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır. Bu modellerin, arkeolojik alanların belgelenmesi ve analiz edilmesinde sağladığı faydalar, arkeoloji alanındaki çalışmalar için önemli bir katkı sunmaktadır.

Demir ve Kaya (2019), el tipi lazer tarayıcıların arkeolojik alanlarda kullanımı ve elde edilen verilerin doğruluk analizi üzerine odaklanmıştır. Çalışma, farklı lazer tarayıcıların performans karşılaştırmaları ve uygulama örnekleri içermektedir. Elde edilen veriler, arkeolojik kazı alanlarının detaylı haritalanmasında kullanılmaktadır.

Yıldırım ve Aksu (2021), Efes Antik Kenti'nde gerçekleştirdikleri çalışmada, İHA ve lazer tarayıcı kullanarak arkeolojik alanların belgelenmesi ve doğruluk değerlendirmesini ele almıştır. Çalışmalarında, iki teknolojinin entegrasyonunun, arkeolojik buluntuların detaylı ve hassas bir şekilde belgelenmesini sağladığını vurgulamışlardır.

Çakır ve Güngör (2018), Türkiye'deki çeşitli arkeolojik alanlarda İHA ve lazer tarayıcı kullanılarak yapılan belgeleme çalışmaları ve bu çalışmaların doğruluk analizleri üzerine kapsamlı bir inceleme sunmuştur. Çalışmalarında, bu teknolojilerin arkeolojik araştırmalarda sağladığı faydaları ve karşılaşılan zorlukları detaylı bir şekilde tartışmaktadırlar.

Kara ve Tunç (2022), İHA ve lazer tarayıcı teknolojilerinin arkeolojik araştırmalarda kullanımını karşılaştırarak her iki yöntemin avantajları ile doğruluk değerlendirmeleri üzerine odaklanmıştır. Araştırmalarında, arkeolojik alanların belgelenmesinde bu iki teknolojinin entegrasyonunun optimal sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Remondino vd. (2011), düşük maliyetli ve açık kaynaklı çözümler kullanarak otomatik görüntü yönlendirme tekniklerini incelemektedir. Lazer tarama ve İHA fotogrametrisi gibi teknolojilerin kültürel mirasın belgelenmesinde nasıl kullanılabileceği ve bu yöntemlerin avantajları ele alınmıştır.

Lambers vd. (2007), Peru'daki Pinchango Alto Geç Ara Dönem alanının kaydedilmesi ve modellenmesi için fotogrametri ve lazer tarama yöntemlerini birleştirmiştir. Çalışmaları, bu iki teknolojinin entegrasyonunun arkeolojik alanların detaylı ve hassas belgelenmesi için sağladığı avantajları vurgulamaktadır.

Doneus ve Briese (2011), ormanlık alanlarda havadan lazer tarama (LiDAR) kullanımının arkeolojik keşiflerdeki potansiyelini ve sınırlamalarını incelemektedir. Bu çalışmada, yoğun bitki örtüsü altındaki arkeolojik kalıntıları tespit etmede LiDAR teknolojisinin nasıl etkili olabileceği tartışılmaktadır.

McCarthy (2014), çoklu görüntü fotogrametrisinin kültürel mirasın belgelenmesinde ve topluluk katılımında pratik bir araç olarak kullanılmasını ele alır. Çalışma, bu yöntemin düşük maliyetli ve kullanıcı dostu olmasının, arkeolojik alanların belgelenmesinde ve toplulukla işbirliğinde nasıl faydalar sağlayabileceğini gösterir.

Yapılan çalışmada Agisoft Photoscan, nokta bulutu, ağ ve ortomozaik oluşturma işlemlerini tamamlamak için yaklaşık 15 saatlik bir süreye ihtiyaç duyulurken, GOpot aynı işlemleri yaklaşık 3 saatte tamamlayarak daha hızlı bir performans sergilemiştir. Bu bulgu, Nex ve Remondino'nun (2014) çalışmasında da benzer şekilde ortaya konmuş olup uzun hesaplama süreleri nedeniyle Agisoft iş akışının daha az verimli olduğu, ancak sonuçların doğruluğu açısından Agisoft'un üstün olduğu belirlenmiştir.

2.1 Kültürel Mirasın Korunması ve Dökümantasyonu

Arkeolojik alanların belgelenmesi ve incelenmesi, kültürel mirasın korunmasında ve gelecek nesillere doğru ve eksiksiz bir şekilde aktarılmasında kritik bir rol oynar ( zdoğan, 2016). Bu  alışmalar, sadece fiziksel kalıntıların korunması için değil, aynı zamanda geçmiş medeniyetlerin yaşam tarzları, sosyal yapıları ve dünya görüşleri hakkında derinlemesine bilgi edinilmesi için de önemlidir (Smith, 2012). Arkeolojik belgeleme, alandaki buluntuların detaylı bir şekilde kayıt altına alınması, sınıflandırılması ve analiz edilmesini içerir (Renfrew ve Bahn, 2018). Bu süreç, modern teknolojilerin kullanılmasıyla daha etkili ve kapsamlı hale gelmiştir (Demir ve Kaya, 2019).

Arkeolojik belgeleme, geçmişin doğru bir şekilde yorumlanması için gereklidir. Belgeleme süreci, kazı alanlarından elde edilen verilerin sistematik bir şekilde kaydedilmesini ve korunmasını sağlar. Bu, arkeologların ve araştırmacıların alan çalışmaları sırasında elde ettikleri bulguların kapsamlı bir analizini yapmalarına olanak tanır (Aydın vd., 2023).

Belgeleme  alışmaları, arkeolojik alanların sadece kazıldığı dönemde değil, gelecekte de doğru bir şekilde incelenebilmesine olanak tanır. Bu sayede, ileride yapılacak araştırmalarda önceki bulgulara dayalı karşılaştırmalar ve analizler yapmak mümkün hale gelir (Şenol ve Orman, 2022).

Kültürel mirasın korunması, ulusal ve uluslararası düzeyde önemli bir konudur. Bu, sadece fiziksel kalıntıların değil, aynı zamanda bu kalıntıların taşıdığı kültürel ve tarihsel bilgilerin korunmasını da kapsar. Arkeolojik alanlar, geçmiş medeniyetlerin ve toplumların izlerini taşıdığı için, bu alanların doğru bir şekilde belgelenmesi ve korunması, toplumsal hafızanın devamlılığı açısından büyük önem taşır (Yiğit ve Ulvi, 2020).

Kültürel mirasın korunması, aynı zamanda toplumsal bilinç düzeyinin artırılmasını da içerir. Toplumun, geçmiş medeniyetlerin değerlerini ve katkılarını anlaması, bu mirasın korunmasına yönelik daha fazla destek ve ilgi gösterilmesini sağlar. Bu nedenle, kültürel mirasın korunması ve tanıtılması, eğitim programları ve toplumsal etkinliklerle desteklenmelidir (Ertek ve şahin, 2021).

Ayrıca, genç nesillerin arkeolojiye olan ilgisinin artırılması ve bu alanda kariyer yapmalarının teşvik edilmesi, kültürel mirasın korunması için gerekli olan insan kaynağının sürdürülebilirliğini sağlar. Eğitim programları ve burs imkânları, genç araştırmacıların bu alanda çalışmalarını teşvik edebilir (Gündoğdu, 2023).

Sonuç olarak, arkeolojik alanların belgelenmesi ve incelenmesi, sadece geçmişi anlamak için değil, aynı zamanda geleceği inşa etmek için de önemlidir. Kültürel mirasın korunması ve toplumsal bilinç düzeyinin artırılması için arkeolojik araştırmalara yapılan yatırımlar hem bilimsel hem de toplumsal açıdan büyük faydalar sağlar (Keskin ve Zeren, 2022).

2.1.1 Dokümantasyonun önemi

Arkeolojik alanların belgelenmesi ve korunması için dokümantasyon çok büyük bir öneme sahiptir. Bu dokümantasyon süreci, elde edilen verilerin detaylı bir şekilde kaydedilmesini sağlayarak, araştırmacılara ve koruma uzmanlarına son derece değerli bilgiler sunar. Bu bilgiler sayesinde arkeolojik alanların korunması için alınacak tedbirler daha kesin ve etkili bir şekilde belirlenebilir. Ayrıca, dokümantasyonun sağladığı bir başka büyük fayda da arkeolojik alanlardaki değişim ve tahribatın sürekli olarak takip edilebilmesidir. Bu sayede, var olan sorunlarla zamanında ilgilenmek ve gelecek nesillere aktarılacak kültürel mirası daha iyi koruma altına almak mümkün olur. Bütün bunlar düşünüldüğünde, dokümantasyonun önemi gerçekten vazgeçilmezdir ve kültürel mirasımızın korunması ve gelecek kuşaklara aktarılması için büyük bir gerekliliktir. Bu nedenle, arkeolojik alanların dokümantasyon işlemlerine büyük bir özen gösterilmelidir ve bu sürece yeterli kaynaklar ve destek sağlanmalıdır (Mekonnen vd., 2022; Otero, 2022; Solla vd., 2020).

Dokümantasyonun önemli bir parçası da arkeolojik alanlarda yapılan kazı çalışmalarının detaylı bir şekilde kaydedilmesidir. Kazılar sırasında bulunan her bir nesne, duvar, tabaka veya herhangi bir yapı birer kanıttır ve bu kanıtların dokümantasyonu gelecekteki çalışmalara büyük bir kaynak olabilir. Bu kaynaklar sayesinde, arkeologlar ve uzmanlar daha önce bilmedikleri detayları ortaya çıkarabilir ve geçmiş medeniyetlerin yaşam tarzları, sosyal yapıları ve teknolojik gelişmeleri hakkında yeni bilgiler elde edebilirler. Bir arkeolojik kazı sırasında dokümantasyon yapmanın birçok avantajı vardır. Öncelikle, kazı alanında yapılan tüm çalışmaların

kaydedilmesi, gelecekteki araştırmalar için önemli bir referans kaynağı olabilir. Ayrıca, kazı sırasında ortaya çıkan buluntuların fotoğraflanması ve ölçümünün yapılması, detaylı bir veri tabanının oluşturulmasına katkı sağlar. Bu veri tabanı, araştırmacıların ve akademisyenlerin bilgiye kolayca erişmelerini sağlar ve farklı araştırmaların yapılmak istendiğı durumlarda büyük bir kaynak olarak kullanılabilir (Cleere, 2020; Lozić ve Štular, 2021; Rebec vd., 2022).

Dokümantasyon süreci ayrıca arkeolojik alanlardaki değişimleri ve tahribatları izlemek için kullanılır. Arkeologlar, kazı alanındaki her türlü değişikliği kaydederek, zararlı etkileri tespit edebilir ve koruma önlemleri alabilirler. Örneğın, arkeolojik alanın yakınına yeni bir inşaat projesi başladığında, dokümantasyon ekibi hemen harekete geçerek, alanın mevcut durumunu fotoğraflar ve ölçümler yapar. Sonrasında, inşaatın bir etkisi olup olmadığını belirlemek için düzenli olarak alanı kontrol ederler ve herhangi bir zarar durumunda yetkilileri bilgilendirirler (Kansa vd., 2020; Sánchez-Aparicio vd., 2020).

Sonuç olarak, arkeolojik alanların dokümantasyona işlemleri büyük bir titizlikle yapılmalı, yeterli kaynak ve destek sağlanmalıdır. Bu sayede araştırmacılar, koruma uzmanları ve gelecek nesiller geçmişimizin ipuçlarını koruyabilmek ve kültürel mirasımızı daha iyi anlayabilmek için gereken bilgileri elde edebilirler. Arkeolojik dokümantasyonun önemi yadsınamaz ve bu alanda çalışan herkesin bu önemin farkında olması ve gereken özeni göstermesi gerekmektedir (Cantatore vd., 2020; Korro vd., 2021).

2.1.2 Kültürel mirasın belgelenmesi

Kültürel mirasın korunması, geçmişin ve toplumların kimliğinin devamı için son derece önemlidir. Arkeolojik alanların belgelenmesi ve korunması, kültürel mirasın gelecek nesillere aktarılmasını sağlar. Tarihi eserler, insanlığın ortak mirasıdır ve bu mirasın korunması insanlığın ortak sorumluluğudur. Kültürel mirasın önemi, sadece tarih ve sanat açısından değil aynı zamanda toplumsal ve kültürel bağlamda da büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle, kültürel mirasın korunması, dokümantasyonu ve geleceğe taşınması, toplumların ve insanlığın sürdürülebilir gelişimi için kritik bir konudur. Eşsiz kültürel mirasımızın gelecek nesillere sağlıklı bir şekilde

aktarılabilmesi ve korunabilmesi için ulusal ve uluslararası işbirliği gerekmektedir (Dumanlı, 2024; Ozorhon, 2024).

Alanında uzman araştırmacılar, koruma alanları ve müzeler aracılığıyla kültürel mirasın tüm yönleriyle belgelenmesi ve sergilenmesi toplumların birbirlerini daha iyi anlamalarını ve kültürel çeşitliliğin zenginliğini sağlar. Bu sayede, kültürel mirasımızın değeri ve korunması gerekliliği daha geniş kitlelere yayılabilir ve toplumların bunun farkında olması sağlanabilir. Mirasımızın korunması ve geleceğe taşınması; kültürel kimliğimizi güçlendirecek, toplumları birleştirecek ve insanlığın ortak hafızasını zenginleştirecektir. Bu yüzden, kültürel mirasımıza sahip çıkmak ve korumak hepimizin sorumluluğudur (Gündoğdu, 2023; Perçin vd., 2023; Soylu, 2023).

Kültürel mirasın korunması aynı zamanda insanları bir araya getiren, ortak bir kimlik oluşturan ve kültürel çeşitliliğin yaşatılmasını sağlayan bir süreçtir. Bu süreç, farklı toplumlar arasında köprüler kurmaya yardımcı olur ve birbirimizi daha iyi anlamamızı sağlar. Kültürel mirasın korunması, gelecek nesillere değerli bir miras bırakmanın yanı sıra toplumların birlikte çalışmasına ve dayanışmasına da katkıda bulunur. Kültürel mirasın korunması yalnızca tarih ve sanatı ilgilendiren bir konu olmaktan çıkar ve aynı zamanda toplumun sürdürülebilir kalkınması için önemli bir strateji haline gelir. Kültürel mirasımızın korunması ve geleceğe taşınması; geçmişten gelen bir hazineyi korumanın yanı sıra, gelecek kuşaklara aktarılacak bir armağan olma niteliği taşır. Bu nedenle kültürel mirasımıza sahip çıkmak ve korumak, toplumlarımızın ve insanlığın ortak sorumluluğudur (Adem, 2022; Kendir, 2020; Özlü, 2024; Tutu, 2023; Yıldırım, 2022).

2.2 Fotogrametri

Fotogrametri, arkeolojik alanların belgelenmesinde kullanılan son derece önemli bir teknolojidir. Yersel fotogrametri, arkeolojik alanların yüzeyinin çok daha detaylı haritalarının oluşturulmasını sağlar. Bu yöntem sayesinde arkeologlar, alanın topoğrafik özelliklerini daha iyi anlayabilir ve kazı çalışmalarında daha verimli bir şekilde ilerleyebilirler. Hava fotogrametrisi ise, büyük ölçekli alanların belgelenmesi ve ince detayların ortaya çıkarılması için kullanılır. Bu yöntemde, hava fotoğrafları ve özel yazılımlar kullanılarak 3 boyutlu modeller oluşturulur. Arkeologlar, bu modeller sayesinde alanın yapısını daha iyi analiz edebilir ve tarihi detayları daha kolay bir

şekilde ortaya çıkarabilirler (Balcı, 2022; Çalışır, 2021; Korumaz ve Kubiloğlu, 2021 Pehlivan vd., 2022; Ünver ve Ulvi, 2022; Yıldırım ve Yaman, 2024; Yiğit vd., 2020).

2.2.1 Yersel fotogrametri

Yersel fotogrametri, arazi üzerinde kullanılan kameralar ve ölçüm ekipmanlarıyla son derece detaylı ve yüksek çözünürlüklü haritalar oluşturmak için oldukça kullanışlı bir tekniktir. Bu teknik, bağımsız çekilen fotoğrafların analiz edilmesiyle arazi detaylarının kesin bir şekilde ölçülerek haritalandırılmasını sağlar. Yersel fotogrametri, son derece hassas ölçümler sayesinde, yüksek doğrulukta haritalar oluşturulabilir ve arazi üzerindeki nesnelerin boyutları ve konumları kesin bir şekilde tespit edilebilir. Aynı zamanda, bu yöntem birçok farklı uygulama alanında büyük başarıyla kullanılmaktadır. Özellikle arkeolojik alanların dokümantasyonu, yapı güncelleme çalışmaları, kentsel planlama, jeolojik incelemeler ve tarım arazilerinin izlenmesi gibi alanlarda oldukça etkilidir. Bu yöntem, ayrıntılı arazi incelemeleri yapmayı mümkün kılar ve arazi üzerindeki ölçülebilir ayrıntıların belirlenmesinde önemli bir rol oynar (Deliry ve Avdan, 2021; Marin-Buzon vd., 2021).

Bununla birlikte, yersel fotogrametri uygulamaları bazı zorluklar da içermektedir. Örneğin, yeterli sayıda referans noktasını belirlemek önemlidir ve bu noktaların arazide doğru bir şekilde işaretlenmesi ve fotoğraflarda görünür hale getirilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda, ekipmanın taşınabilir olması da büyük bir öneme sahiptir, çünkü araziye ulaşmak ve fotoğrafları çekmek için hareketlilik gerekmektedir. Bu nedenle, yersel fotogrametri çalışmalarının uzmanlık gerektirdiği söylenebilir. Sonuç olarak, yersel fotogrametri yöntemi, detaylı ve yüksek çözünürlüklü haritalar oluşturmak için son derece etkili bir araçtır (Eltner ve Sofia, 2020; Iheaturu vd., 2020; Janiszewski vd., 2022; Shukina vd., 2022; Zanutta vd., 2020).

Bu yöntem, arazi üzerindeki nesnelerin, detayların analizini sağlar ve arazi incelemeleri için ideal bir yöntemdir. Ancak, başarı için doğru ekipmanın kullanılması ve uygun sayıda referans noktasının belirlenmesi gerekmektedir. Şekil 2.1.'de görülen yersel fotogrametri yöntemi sayesinde, arazi üzerindeki detaylar daha iyi anlaşılır ve analiz edilebilir hale gelir. Bu yöntem, arazi haritalandırma ve dokümantasyon

alışmalarında önemli bir rol oynar. Birçok uygulama alanında büyük bir başarıyla kullanılmaktadır (Jiménez-Jiménez vd., 2021; Kovani vd., 2021; Liu vd., 2021).



Şekil 2.1. Yersel fotogrametri iş akışı (URL-1).

2.2.2 Hava fotogrametrisi

Hava fotogrametrisi, geniş arazi alanlarının hızlıca ve kolayca belgelenmesi, detaylı haritaların oluşturulması için son derece etkili ve verimli bir yöntemdir. Bu metot sayesinde, uçaklar vasıtasıyla yüksek irtifalardan gerçekleştirilen çekimlerle inanılmaz sonuçlar elde edilebilmektedir. Özellikle arkeolojik kalıntıların büyük ölçekte incelenmesi ve analiz edilmesi gerektiğinde hava fotogrametrisi ideal bir seçim olacaktır. Bu yöntemin dezavantajları da mevcuttur, yüksek maliyetli bir süreç olması bunlardan birisidir. Uçaklarla gerçekleştirilen çekimlerin maliyetleri oldukça yüksek olabilmekte ve bu da genellikle araştırma bütçesini zorlayıcı kılabilir. Ayrıca, hava şartlarına bağlı olarak çekim yapılması gerekliliği de bir dezavantaj olarak ortaya çıkmaktadır. İdeal sonuçlar elde etmek için, uygun hava koşullarının oluşması ve uçakların zamanında eyleme geçirilmesi gerekmektedir. Yine de hava fotogrametrisi yöntemi, tüm dezavantajlarına rağmen alan belgeleme ve harita oluşturma süreçlerinde kritik bir rol oynamaktadır (Acar vd., 2022; Marin-Buzon vd., 2021).

Teknolojik gelişmelerle birlikte maliyetlerin düşmesi ve hava şartlarına duyarlılığın azalması gibi iyileştirmelerin yapıldığı görölmektedir. Bu da hava fotogrametrisinin gelecekte daha popüler hale gelmesini ve daha geniş bir uygulama alanı bulmasını sağlayabilecektir. Özellikle arkeolojik araştırmalarda hava fotogrametrisinin kullanılması geçmişin sırlarını çözmek ve tarih öncesi dönemlerden gelen izleri daha

net bir şekilde görmek adına büyük bir öneme sahiptir. Sonuç olarak, hava fotogrametrisi geniş arazi alanları için etkili bir belgeleme yöntemi olup arkeolojik çalışmalardan coğrafi bilgilendirmeye kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Her ne kadar yüksek maliyetli ve hava şartlarına bağlı zorluklar içerse de teknoloji ilerledikçe bu yöntemin daha yaygın ve erişilebilir olması beklenmektedir. Bu şekilde, hava fotogrametrisi, araştırmacılar ve uzmanlar için daha da önemli bir araç haline gelecektir. Böylece arazi alanlarının ayrıntılı haritaları daha hızlı bir şekilde oluşturulabilir ve arkeolojik alanlarda daha fazla keşif yapılabilir (Acar vd., 2022).

Ayrıca, bu yöntem, doğal afetlerin etkilerini belirlemek ve çevresel değişikliklerin izlerini takip etmek gibi alanlarda da kullanışlı olabilir. Tüm bu nedenlerle, hava fotogrametrisi önemli ve değerli bir araştırma belgeleme yöntemidir. Hava fotogrametrisi, arkeoloji çalışmaları ve coğrafi bilgilendirme gibi arazi analizlerinde vazgeçilmez bir araçtır. Büyük ölçekli arazi belgeleme projelerinde kullanıldığında, son derece ayrıntılı ve hassas haritalar elde etmek mümkündür. Bu da arkeoloji alanında bilim insanlarına, araştırmacılara geçmişin sırlarını keşfetme ve tarih öncesi dönemlerden gelen izleri daha iyi anlama imkânı sunmaktadır. Yüksek maliyetli bir yöntem olmasına rağmen teknolojinin ilerlemesiyle birlikte maliyetlerin düşmesi beklenmektedir (Marín-Buzón vd., 2021; Ruşid, 2022). Şekil 2.2.'de hava fotogrametri yöntemi gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Hava fotogrametrisi (URL-1).

2.2.3 İHA fotogrametrisi

İHA fotogrametrisi, otonom veya manuel olarak çalıştırılan bir hava taşıtına entegre edilmiş bir kamera tarafından, genellikle insansız olarak çekilen fotoğraflardan yararlanan bir fotogrametri sürecinin genel tanımıdır. Bu bağlamda İHA fotogrametrisi özellikle yeni görüntü işleme teknikleriyle mimari, arkeolojik ve tarihi eserlerin 3 boyutlu modelleme çalışmalarının gözdesi haline gelmiştir. İHA'lar, geleneksel veri toplama yöntemlerine göre daha fazla esneklik, sahada daha az zaman harcanması ve önemli maliyet avantajları sunar (Habib vd., 2009).

Ayrıca İHA'ya entegre edilen Küresel Konumlama Sistemi (GPS) sayesinde bu sistem, çekilen görüntülerden koordinat bilgisi alabilme avantajına da sahiptir. Ayrıca hem GPS modülünün bulunması hem de bu İHA'lar ile otomatik olarak fotoğraf çekilebilmesi, bozulmaları (öteleme, döndürme ve çarpıklık) azaltmaktadır. Ayrıca insansız hava araçlarının alçaktan uçuş kabiliyeti ve gelişmiş teknik görüntüleme sistemleriyle elde edilen veriler, uydu görüntüleri ve insanlı hava araçlarından elde edilen verilere göre çok daha yüksek çözünürlüğe sahip ve çok daha detaylı bilgiler içermektedir.

Kullanım alanına göre çeşitli sistemler (termal kamera, kızılötesi kamera, video kamera, lidar sistemleri) yerleştirilebilen insansız hava araçlarının boyutları ufak olduğundan dolayı faydalı yük kapasiteleri azdır. Bu sebeple, kullanılan kameralar ve sensörlerin kalitesi düşmektedir ve dolayısıyla görüntü kalitesi de düşmektedir. Ancak son zamanlarda gelişen teknoloji ile GNSS/IMU ve otomatik pilot özellikleri de insansız hava araçlarında bulunmaktadır. Bu sayede uçuş planına göre otomatik uçuş yapılabilmekte, dönüklükler ve görüntülerin yaklaşık koordinatları elde edilebilmektedir (Xiang vd., 2011). Şekil 2.3'te İHA fotogrametrisi iş akış diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 2.3. İHA fotogrametrisi iş akış diyagramı.

2.2.3.1 İHA fotogrametrisinin avantajları ve dezavantajları

İHA fotogrametrisi, diğer yöntemlere göre daha düşük maliyetli ve daha hızlı bir teknolojidir. Ayrıca, dar veya karmaşık alanlarda kolaylıkla kullanılabilme avantajına sahiptir. Bununla birlikte, İHA'ların pil ömrü sınırlılığı, uzun süreli görevleri kısıtlayabilir ve bu da bazı zorluklar doğurabilir. Aynı şekilde, yüksek rüzgâr koşulları da İHA'nın uçuşunu engelleyebilir ve bu da görevlerin başarılı bir şekilde tamamlanmasını zorlaştırabilir. Bununla birlikte, İHA'ların düşük irtifalarda yapılan uçuşlarda detay kaybı yaşaması da bir dezavantaj olarak kabul edilmektedir. Bu faktörler, İHA fotogrametrisinin kullanımıyla ilgili dikkatli planlama ve optimize edilmiş uçuş koşulları gerektirebilir (Koçyiğit, 2020; Makineci, 2020).

Özellikle uzun süreli görevler için pil ömrünün artırılması ve sağlam bir uçuş kontrol sistemine sahip olunması önemlidir. Aynı zamanda, yüksek rüzgar koşullarına karşı dayanıklı ve stabil bir İHA tasarımı, görevlerin başarıyla tamamlanması için elzemdir. Detay kaybını minimize etmek için ise yüksek çözünürlüklü kameralar ve gelişmiş görüntü işleme algoritmaları kullanılabilir (Ünel vd., 2020).

İHA fotogrametrisi, diğer yöntemlere göre daha düşük maliyetli ve daha hızlı bir teknolojidir. Ayrıca dar veya karmaşık alanlarda kolaylıkla kullanılabilme avantajına sahiptir. Bu avantaj, bütçeleri sınırlı olan kurum ve kuruluşlar için ideal bir seçenek

haline gelmektedir. Üstelik İHA'ların pil ömrü konusundaki sınırlılığı da göz önüne alındığında, uzun süreli görevler için daha verimli kullanım ve planlama yapılması gerekmektedir (Kabadayı ve Erdoğan, 2023).

2.3 Lazer Tarama

Lazer tarama, arkeolojik alanların belgelenmesinde kullanılan son derece önemli bir tekniktir. Bu inanılmaz yöntem sayesinde alanın yüzeyini tarayarak 3 boyutlu veri setleri elde etmek mümkündür. Lazer tarama prensipleri, yüksek yoğunluklu lazer ışınlarının nesnelere gönderilmesi ve nesnelerden yansıyan ışık dalgalarının algılanması üzerine kuruludur. Bu teknoloji; yersel, el tipi, giyilebilir ve mobil kullanım alanlarında büyük bir işlevselliğe sahiptir. Bununla birlikte, lazer tarama sürecinde bazı hata kaynakları da bulunmaktadır. Bu hatalar genellikle eğim, yansıma özellikleri, malzeme özellikleri ve cihaz kalibrasyonu gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Ancak ileri teknolojik gelişmeler, bu hataları minimize etmek için çeşitli düzeltme yöntemleri sunmaktadır. Bu sayede lazer tarama yöntemi, arkeologlar ve diğer uzmanlar tarafından daha fazla güvenilir ve doğru sonuçlar elde etmek için sıklıkla tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir (Balcı, 2022).

2.3.1 Prensip, kullanım alanları ve hata kaynakları

Lazer tarama sistemi, birkaç temel prensip üzerinden çalışır:

1. Time-of-Flight (TOF) Metodu: Bu prensip, lazer ışınının bir nesneye çarpıp geri dönmesi için geçen süreyi ölçerek mesafeyi hesaplar. TOF yöntemi, geniş alanları ve mesafeleri ölçmek için uygundur ve arazi modellemesi gibi büyük ölçekli projelerde sıklıkla kullanılır (Reshetyuk, 2009).
2. Faz Kaydırma Yöntemi: Lazer ışınının fazının modüle edilmesiyle çalışan bu yöntem, yüksek çözünürlük ve hassasiyet sağlar. Özellikle yapıların ve ince detayların ölçümünde tercih edilir (Boehler vd., 2003).
3. Üçgenleme Metodu: Lazer ışınının oluşturduğu üçgenin açılarını kullanarak mesafeyi hesaplar. Üçgenleme, küçük ve karmaşık yapıların detaylı taramalarında etkilidir (Leica Geosystems, 2020).

Lazer tarama teknolojisi, çeşitli alanlarda geniş uygulama olanakları sunar:

1. Arkeoloji: Arkeolojik alanların belgelenmesi, analiz edilmesi ve korunmasında yaygın olarak kullanılır. Lazer tarama, tarihi eserlerin ve alanların dijital haritalarının oluşturulmasına olanak tanır (McCarthy, 2019).
2. Mimarlık ve İnşaat: Bina ve altyapı projelerinin hassas 3D modellerini oluşturmak için kullanılır. Bu teknoloji, projelerin planlama ve değerlendirme süreçlerinde önemli bir rol oynar (Fuchs ve Aschoff, 2021).
3. Madencilik: Maden ocaklarının ve yer altı yapılarının güvenli bir şekilde haritalanması ve izlenmesi için lazer tarama teknolojisi kullanılmaktadır (Lavigne vd., 2012).
4. Sanayi ve Üretim: Fabrika ve üretim hattı düzenlemeleri ile kalite kontrol işlemlerinde detaylı ölçümler sağlar (Schmitt ve Knox, 2022).

Lazer tarama sürecinde karşılaşılabilecek bazı hata kaynakları bulunmaktadır:

1. Yüzey Yansımaları Özellikleri: Parlak veya yansıtıcı yüzeyler, lazer ışınının geri yansımalarını etkileyerek hatalı ölçümlere neden olabilir. Bu tür yüzeyler lazer ışığının dağılmasına veya emilmesine yol açabilir (Chow vd., 2013).
2. Eğim ve Geometri: Karmaşık yüzey geometrileri ve eğimli alanlar, lazer ışınlarının doğru şekilde algılanmasını zorlaştırabilir. Tarama planlaması, bu tür hataları minimize etmeye yardımcı olabilir (Shan ve Toth, 2018).
3. Malzeme Özellikleri: Farklı malzemelerin lazer ışınlarını emme veya yansıtma kapasiteleri, ölçüm sonuçlarını etkileyebilir. Bu, tarayıcı kalibrasyonunun doğru yapılmasını gerektirir (Gonzalez-Jorge vd., 2013).
4. Cihaz Kalibrasyonu: Tarayıcı cihazlarının düzenli olarak kalibre edilmemesi, sistematik hatalara yol açabilir. Doğru ve düzenli kalibrasyon, ölçüm hassasiyetini artırır (Kersten vd., 2009).

2.3.2 Yersel lazer tarama

Yersel lazer tarama ya da yer tabanlı lazer tarama, alanın doğrudan yansıyan lazer ışınları ile taranması yöntemidir. Bu yöntem, alanın ayrıntılı bir haritasının oluşturulması için kullanılır. Yersel lazer tarama, arkeolojik alanların hassas bir şekilde belgelenmesine olanak sağlar ve izole edilmiş bölgelerde etkili bir şekilde kullanılabilir. Bununla birlikte, engellerle karşılaşma ve tarama süresinin uzun olma olasılığı vardır. Detaylı bir harita oluşturabilmek için lazer ışınlarının her açıdan tarama yapması gerekmektedir. Tarama esnasında alanın tüm zemin yüzeyleri, yapıların çevresi ve yapının iç kısımları taranır. Bu sayede, alanla ilgili önemli veriler elde edilir ve arkeolog, mühendislik gibi meslek gruplarının çalışmalarını daha kolay bir şekilde yapmaları sağlanır (Aliefendioğlu ve Demiralp, 2022; Tanrıvermiş ve Demiralp, 2022).

Yersel lazer tarama, hızlı ve etkili bir veri toplama yöntemi olduğu için birçok araştırmada yaygın olarak kullanılmaktadır. Yani, lazer ışınları sayesinde alanın yüzeyi çok ayrıntılı bir şekilde taranır ve yansıyan ışık bilgisayar tarafından detaylı bir şekilde işlenerek, alanın üç boyutlu modeli oluşturulur. Bu 3B model de arkeologlara ve diğer uzmanlara rehberlik etmektedir ancak tarama süresi uzun olduğu için sabır gerektirmektedir. Aynı zamanda, engellerle karşılaşılması da mümkün olduğundan bu engellerin aşılması, taramanın yapıldığı alanda çalışmayı daha da zorlaştırabilir. Yersel lazer tarama, arkeologlar başta olmak üzere birçok farklı sektörde yaygın olarak kullanılan bir teknolojidir ve gelecekte daha da geliştirilerek daha etkili sonuçlar elde edilmesi amaçlanmaktadır (Döş ve Yiğit, 2022; Koçyiğit, 2020; Özden, 2022).

Lazer tarama, alanın tam bir analizi ve belgelendirmesi için müthiş bir araçtır. Bu nedenle araştırmalarda kullanılan en önemli tekniklerden biridir. Lazer tarama, yüksek çözünürlüklü veri toplaması ve hızlı işleme yetenekleriyle bilinen bir yöntemdir. Bu arkeologların ve diğer uzmanların kapsamlı bir analiz yapmalarını sağlar. Ayrıca, lazer tarama sayesinde büyük arazi alanları verimli bir şekilde taranabilir ve önemli alanlar belirlenebilir. Bu da arkeologlara zaman ve çaba tasarrufu sağlar. Yersel lazer tarama, gelecekte daha fazla kullanım alanı bulacak olan bir teknolojidir. Gelecekte lazer tarama ekipmanının geliştirilmesiyle birlikte daha doğru ve ayrıntılı sonuçlar elde edilecektir. Bu teknolojinin etkisi, arkeoloji çalışmalarını dönüştürecek ve bilim insanlarının geçmişi anlamalarına yardımcı olacaktır. Devam eden araştırmalarla

birlikte, yersel lazer taramanın potansiyeli daha da genişlemektedir. Gelecekte, bu teknolojinin arkeolojiye olan katkısı daha da belirgin hale gelecektir. Genel olarak lazer taramanın kullanımı arkeoloji çalışmalarını daha etkili ve verimli hale getirirken, araştırmacılara çok değerli bir araç sunmaktadır. Bu nedenle yersel lazer tarama teknolojisinin geliştirilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması, arkeoloji alanında devrim niteliğinde bir ilerleme sağlayacaktır (Dörtbudak vd., 2023; Özsoy ve Aksoy, 2021; Ulutaş, 2022; Yiğit ve Ulvi, 2020). 3B yersel lazer tarayıcı örneği Şekil 2.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Yersel lazer tarayıcı örneği (URL-2).

2.3.3 El tipi lazer tarama

El tipi lazer tarama cihazları, arkeolojik alanlarda pratik ve kullanımı kolay aletler olarak kullanılmaktadır. Bu cihazlar, arkeologlar için büyük bir kolaylık sağlar ve tarama işlemlerini rahatlıkla gerçekleştirmelerini sağlar. Ayrıca, bu cihazlar değerli verilerin toplanmasına imkân tanır ve dar alanlarda bile kolaylıkla kullanılabilir. Hızlı veri toplama özellikleri sayesinde araştırmacılara büyük bir avantaj sağlar. Özellikle, arkeolojik keşiflerin artması için bu cihazların hassasiyetine ve veri doğruluğuna dikkat etmek önemlidir (Aydiner, 2022; Aynur, 2023; Ulutaş, 2022; Yoldaş Sezgin, 2024).

Veri toplama sürecinde titizlikle çalışmak ve hassas ölçümler yapmak büyük önem taşır. El tipi lazer tarama cihazları, arkeologlar için vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. Zorluklar olsa da bu cihazlar doğru şekilde kullanıldığında, arkeolojik araştırmalara daha fazla bilgi sağlayarak ilerlememizi destekler. Bu nedenle, arkeologlar için bu cihazların önemi büyüktür ve gelecekte daha da yaygın bir şekilde

kullanılması beklenmektedir. Arkeolojik alanlarda kullanılan el tipi lazer tarama cihazları, keşiflerimizi ileriye taşıma potansiyeline sahip önemli bir teknolojik gelişmedir (Arslan, 2023; Kaçarlar, 2023; Koçyiğit, 2020; Özbilen, 2023; Sürmeli, 2021). Çalışma alanında kullandığımız el tipi lazer cihazı Şekil 2.5.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.5. STONEX X120GO SLAM el tipi lazer tarama cihazı.

2.3.4 Giyilebilir lazer tarama

Giyilebilir lazer tarama sistemleri, arkeologlara sahada eller serbest bir şekilde 3B veri toplama imkânı sunar. Bu sistemler genellikle kask veya gözlük üzerine monte edilmiş lazer tarayıcıları içerir. Giyilebilir lazer tarama, kullanıcıların hareket halindeyken doğrudan veri toplayabilmesi ve daha esnek bir çalışma imkânı sunması açısından oldukça avantajlıdır. Ayrıca, teknolojinin hızlı gelişimiyle birlikte kablosuz bağlantı ve pil ömrü gibi teknik konular da büyük önem taşımaktadır (Marín-Buzón vd., 2021; Sánchez-Aparicio vd., 2021).

Arkeologlar, bu benzersiz giyilebilir sistemleri kullanarak alan çalışmalarında daha etkili ve verimli bir şekilde veri elde edebilirler. Giyilebilir lazer tarama sistemleri, ince detayları ve hassas ölçümleri yakalamak için yüksek çözünürlüklü lazer tarayıcılarıyla donatılmıştır. Bu sayede arkeologlar, en karmaşık ve zorlu arkeolojik alanlarda bile veri toplayabilirler. Ayrıca, giyilebilir lazer tarama sistemleri, tarama sırasında kullanıcının ellerini serbest bırakmasına olanak tanır. Bu da araştırmacıların

diğer ekipmanları kullanmalarına ve buluntuları keşfetmelerine yardımcı olur (Kantaros vd., 2023; Ulvi vd., 2021; Yu vd., 2024).

Kask veya gözlük üzerine takılan lazer tarayıcılar, kullanıcıların başlarını hareket ettirmelerine olanak tanır ve bu sayede derinlemesine ve ayrıntılı bir şekilde alanların incelenmesini sağlar. Bununla birlikte, giyilebilir lazer tarama sistemlerinde dikkate alınması gereken bazı teknik konular vardır. Kablosuz bağlantı, sistemin verileri hızlı ve güvenilir bir şekilde aktarması için son derece önemlidir. Ayrıca, pil ömrü de kullanıcılara uzun süreli bir kullanım imkânı sağlamak için etkili bir şekilde yönetilmelidir. Bu nedenle, araştırmacılar, alan çalışmaları sırasında bataryalarını düzenli olarak kontrol etmeli ve şarj etmelidirler (Di vd., 2021; Ibiş ve Çakici Alp, 2024; Varol ve Öksüz, 2024).

Sonuç olarak, giyilebilir lazer tarama sistemleri arkeologların sahada daha verimli ve etkili bir şekilde çalışmalarını sağlar (Şekil 2.6). Bu yenilikçi teknoloji, hareket halindeyken veri toplama imkânı sunması ve detaylı ölçümleri yakalaması açısından büyük avantajlar sunmaktadır. Ancak, teknik konuların dikkate alınması ve düzgün yönetilmesi gerekmektedir. Giyilebilir lazer tarama sistemleri, arkeolojik araştırmalarda önemli bir araç olarak kabul edilir ve gelecekte daha da gelişmesi beklenmektedir (Gautier vd., 2020; Ulvi ve Yiğit, 2022).



Şekil 2.6. Giyilebilir lazer tarama cihazı (URL-3).

2.3.5 Mobil lazer tarama

Mobil lazer tarama sistemleri genellikle araçlar üzerine monte edilmiş lazer tarayıcılarını içermektedir. Bu sistemler, hızlı bir şekilde kapsamlı olarak tarama sağlayarak büyük kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca bu tarama sistemleri, veri toplama sürecini etkili bir şekilde geniş alanlarda gerçekleştirme imkânı sunmaktadır. Bu

sayede araştırmacılar ve arkeologlar, daha geniş ve ayrıntılı bir veri seti elde etmektedirler. Bu mobil tarama sistemleri arazi koşullarına ve araç hareketine olan duyarlılığı nedeniyle veri doğruluğunu etkileyebilir ve bu nedenle hassasiyet konusunda dikkatli olunması gerekmektedir (Marín-Buzón vd., 2021; Sánchez-Aparicio vd., 2021; Ulvi vd., 2021).

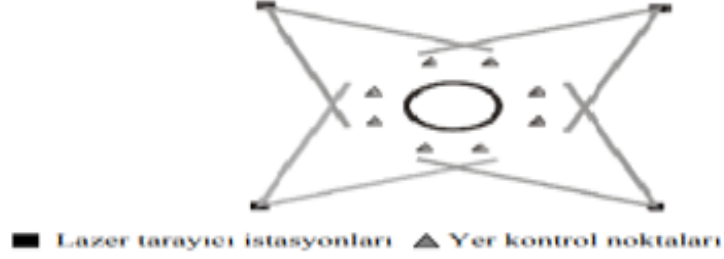
Arazi yapısının değişkenlik gösterebileceği ve araç hareketlerinin veri toplama işlemine etkisi olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Bu faktörlerin, elde edilen verilerin etkili bir şekilde yorumlanması ve analiz edilmesine yardımcı olduğu unutulmamalıdır. Bu nedenle, mobil lazer tarama sistemleri, arkeolojik alanların detaylı bir şekilde incelenmesi ve belgelenmesinde büyük bir destek sağlayan araçlar olarak büyük bir öneme sahiptir (Ibiş ve Çakici Alp, 2024; Kantaros vd., 2023; Varol ve Öksüz, 2024; Yu vd., 2024;).

Arkeologlar, bu sistemleri kullanarak, tarih öncesi dönemlerden kalma yapıları keşfedebilir, eski şehir kalıntılarını belgeleyebilir ve arkeolojik alanların 3B modellerini oluşturabilirler. Tüm bu özellikler, şekil 2.7.'de görülen mobil lazer tarama sistemlerinin arkeologlar için vazgeçilmez bir araç haline gelmesini sağlamaktadır (Di vd., 2021; Gautier vd., 2020; Ulvi ve Yiğit, 2022).



şekil 2.7. Mobil lazer tarama (URL-4).

şekil 2.8.'de lazer tarayıcı ve YKN dağılımı, şekil 2.9.'da lazer tarama yöntemiyle 3B modelleme örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Lazer tarayıcı ve YKN dağılımı.



Şekil 2.9. Lazer tarama yöntemiyle 3B modelleme örneği (URL-5).

2.4 İnsansız Hava Araçları

İHA'lar, başlangıçta genellikle askeri amaçlarla geliştirilmiş olup, son yıllarda arkeolojik alanların belgelenmesi ve doğruluk değerlendirmesi gibi alanlarda da yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Eisenbeiss, 2009). İHA'ların kullanımı, havadan elde ettikleri görüntüler sayesinde arkeologlara ve mühendislik gibi çeşitli meslek gruplarına büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajlar dolayısıyla İHA'ların arkeolojik araştırmalarda kullanımı giderek artan bir trend göstermektedir (Chiabrando vd., 2017).

İHA'lar, arkeologların çalışmalarını daha etkili bir şekilde yürütebilmelerine imkân tanıyarak, alanların daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesi ve tespitlerin daha kolay yapılabilmesi fırsatını sunmaktadır (Remondino vd., 2011). Bu sayede, arkeolojik buluntu ve kalıntıların daha hızlı ve doğru bir şekilde tespit edilmesi ve belgelenmesi mümkün hale gelmektedir. Ayrıca, İHA'lar arkeolojik alanların haritalanması ve topografik analizlerin yapılması gibi süreçlerde de büyük bir kolaylık sağlamaktadır (Lambers vd., 2007).

İHA'lar sayesinde, arkeologlar daha önce erişilemeyen ya da zorlu koşullara sahip olan bölgelerde bile çalışmalarını sürdürebilmekte ve önemli keşifler yapabilmektedir (Doneus ve Briese, 2011). Tüm bu nedenlerle, İHA'lar arkeoloji alanında giderek daha yaygın bir şekilde kullanılmakta ve arkeologların çalışmalarına yeni bir boyut kazandırmaktadır.

2.4.1 İnsansız hava araçlarının tarihçesi

İnsansız Hava Araçlarının tarihçesi, insanlık tarihinin derinliklerine uzanmaktadır ve oldukça köklü bir geçmişe sahiptir. İlk keşfedilen İHA örneği, 1849 yılında Avusturyalı bir subay tarafından icat edilmiştir ve bu icat, tarihteki önemli bir dönüm noktası olarak kabul edilir. Ancak, gerçek anlamda modern İHA'ların tarihçesi, genellikle 20. yüzyılın başlarına kadar uzanmaktadır. İHA'ların askeri amaçlar için geliştirilmesi, bu dönemde hız kazanmış ve yeni teknolojik gelişmelerle birlikte farklı alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır. İnsansız hava araçları; güvenlik, keşif ve gözetim gibi birçok alanda hayati bir rol oynamaktadır (Marín-Buzón vd., 2021; Sánchez-Aparicio vd., 2021).

Günümüzde, İHA'lar endüstriyel faaliyetlerden tarım sektörüne, insani yardım çalışmalarından havaalanı güvenliğine kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Bu nedenle İHA'ların evrim ve gelişimi, teknolojik ilerlemeyle birlikte giderek daha da önem kazanmaktadır. Artık hayatımızın bir parçası haline gelen İHA'lar, gelecekte daha da yaygınlaşacak ve gelişecektir. İnsansız hava araçlarının tarihçesi, ilk insan yapımı uçan cihazların ortaya çıkışından bu yana uzanan bir yolculuktur (Kantaros vd., 2023; Ulvi vd., 2021; Yu vd., 2024).

İHA'ların geçmişi, 1849 yılında bir Avusturyalı subay tarafından icat edilen Şekil 2.11.'de görülen örnekle başlamış ve bu icat, havacılık tarihindeki önemli bir dönüm noktası olarak tanınmıştır. Ancak, gerçek anlamda modern İHA'ların tarihçesi, genellikle 20. yüzyılın başlarına kadar uzanmaktadır. Bu dönemde, İHA'lar askeri amaçlar için geliştirilmiş ve gelişen teknolojiyle birlikte farklı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. İnsansız hava araçları, güvenlik, keşif ve gözetim gibi birçok alanda hayati bir rol oynamaktadır. Günümüzde İHA'lar, endüstriyel faaliyetlerden tarım sektörüne, insani yardım çalışmalarından havaalanı güvenliğine kadar geniş bir yelpazede yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle İHA'ların evrimi ve gelişimi,

teknolojik ilerlemeyle birlikte giderek daha da önemli hale gelmektedir (Di vd., 2021; Ibiş ve Çakici Alp, 2024; Varol ve Öksüz, 2024).

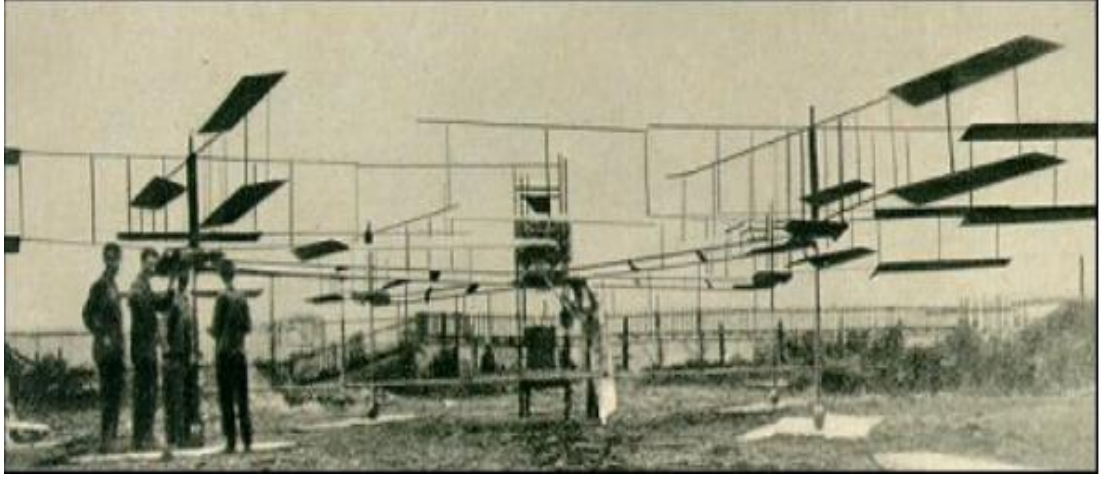
Hayatımızın bir parçası haline gelen İHA'lar, gelecekte yaygınlıklarını ve gelişimlerini daha da artıracaktır. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte İHA'ların geçmişi de büyük bir heyecan ve ilerleme ile dolu olacaktır (Gautier vd., 2020; Ulvi ve Yiğit, 2022). Şekil 2.11' de Avustralya'nın ilk insansız savaş balonları gösterilmektedir.



Şekil 2.10. Avustralya'nın ilk insansız savaş balonları (1849) (URL-6).

Whittlesey, 1967'de başladığı arkeolojik belgeler için bağlı bir balonun kullanımını 1970'te rapor etti. Kameralar bir gimbal içine monte edildi, kamera ünitesi uçuş sırasında balonun 9 m altındaydı. Bu kameralar yerden 50 m yüksekliğe kadar görüntü alınmasına izin verdi. Daha sonra, görüntü alımı için radyo kontrolünü sağlayan bir kamera kullanıldı. Bu özel yapının yükü 2,7 kg idi ve balon yerden 600 m yüksekliğe kadar uçabildi. Bu platform, İHA'ların farklı uçuş yüksekliklerinde kullanılabileceğini gösterdi. 1979'da sabit kanatlı İHA'larla fotogrametride yapılan ilk deneylerden biri yapılmıştır (Marín-Buzón vd., 2021).

Drone tarihinde ilk quadcopter olan 1972 Jacques ve Louse Brequet isimli iki kardeş tarafından geliştirilmiştir. 1907 yılında yapılan uçuş başarısız olsa da bu icat bugüne kadar gelen quadcopter uçuş prensiplerinin gelişmesine katkı sağlamıştır (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Tarihte ilk quadcopter (1907) (URL-6).

İlk radyo kontrollü askeri dron Nicola Tesla tarafından geliştirilmiş ve ilk askeri insansız hava aracıdır. Drone tarihinde önemli bir yere sahip sabit kanatlı drone '*HWETTS SRREY*' 1917'de 1.Dünya Savaşında patlayıcı bomba taşıma amacıyla Amerika Birleşik Devletleri tarafından yapılmıştır. Birçok kişi tarafından uçan patlayıcı olarak adlandırılmış ve fırlatmalı bir modeldir.

Birinci Dünya savaşından sonra deneysel olarak üretilen Torpido idi saatte 80 km/h hızlara çıkabiliyordu. 121 km'ye kadar uçuş menzili vardı. Denemeleri başarısızlıkla sonuçlandığı için hiçbir zaman kullanılamadı.

Radioplane markası QQ2 sabit kanatlı İHA, drone tarihinde seri üretilen ilk drone olma özelliği taşımaktadır ve İkinci Dünya Savaşında kullanılmıştır (URL-6).

Birleşik Devletler Donanması, uçakların daha stabil uçabilmesi ve pilot gereksinimini ortadan kaldırma potansiyeli nedeniyle "uçan torpido" tasarımı üzerinde çalışmaya başladı. Bu çalışmaların sonucunda, 1918 yılında İngiliz C. Kettering tarafından geliştirilen "Kettering Bug" adlı hava torpidosu, tarihteki ilk insansız hava aracı olarak kabul edilir. Kettering Bug, belirli bir hedefe pilot olmadan ulaşabilen ve o dönemde İHA teknolojisinin öncüsü olan bir hava aracıdır. Bu gelişmeler, insansız hava araçlarının savunma sanayisinde ve diğer alanlarda kullanılmasının yolunu açmıştır (Trimble, 2013).

2.4.2 İnsansız hava araçları çeşitleri

İnsansız Hava Araçları (İHA), teknolojik gelişmelerle birlikte son yıllarda büyük bir evrim geçirmiştir. Artık farklı özelliklere sahip birçok çeşidi bulunmaktadır ve bu da İHA'ların kullanım alanlarını ve işlevlerini genişletmiştir. İHA'ların çeşitlilik göstermesi, farklı tiplerde ayrılmasını ve boyut ile menzile açısından da değişkenlik göstermesini sağlamıştır. (Kantaros vd., 2023; Marín-Buzón vd., 2021; Sánchez-Aparicio vd., 2021; Ulvi vd., 2021).

Sabit kanatlı, döner kanatlı ve çok pervaneli İHA'lar gibi farklı kategorilere ayrılan bu teknoloji, aynı zamanda mini İHA'lar, mikro İHA'lar ve orta menzilli İHA'lar gibi farklı boyutlarda ve menzillerde de sunulmaktadır. Her bir İHA alt kategorisi ise optimize edilmiş çözümler sunarak farklı ihtiyaçlara ve görevlere yönelik kullanılmaktadır (İbiş ve Çakıcı Alp, 2024; Yu vd., 2024).

Örneğin, mini İHA'lar dar ve güçsüz alanlarda manevra kabiliyeti sağlamak için tasarlanmıştır ve keşif ve gözetleme gibi amaçlar için idealdir. Mikro İHA'lar ise daha zorlu koşullarda görev yapabilme özelliğine sahip olup daha küçük boyutlarıyla dikkat çekmektedir. Ortalama menzilli İHA'lar ise daha uzun süreli uçuşlar için uygundur ve verimlilikleri yüksektir. Her bir İHA çeşidinin kendine özgü avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır (Di vd., 2021; Gautier vd., 2020; Varol ve Öksüz, 2024).

Sabit kanatlı İHA'lar, yüksek hızları ve uzun uçuş süreleriyle öne çıkarken, manevra kabiliyetleri daha sınırlı olabilmektedir. Döner kanatlı İHA'lar ise daha esnek manevra yapabilme özelliğiyle dikkat çekerken, uçuş süreleri daha kısadır. Çok pervaneli İHA'lar ise hem sabit kanatlı hem de döner kanatlı İHA'ların avantajlarını bir arada sunarak farklı görevlerde kullanılabilirlik sağlarlar. İHA'lar, çeşitli tiplere ayrılabilirdiği için farklı avantajlara ve dezavantajlara sahiptir (Ulvi ve Yiğit, 2022).

2.4.3 İnsansız hava araçları uygulama alanları

İnsansız Hava Araçları (İHA), arkeolojik alanların belgelenmesi ve doğruluk değerlendirmesi gibi uygulama alanlarının yanı sıra; yangın söndürme, kolluk kuvvetlerinin operasyonları, haritalama ve inşaat sektörü gibi çeşitli alanlarda da etkin bir şekilde kullanılmaktadır. İHA'lar, başarılı bir şekilde yapılan araştırmalar ve

gelişmelerle her geçen gün daha da genişlemektedir (Kantaros vd.,2023; Marín-Buzón vd., 2021; Sánchez-Aparicio vd., 2021; Ulvi vd., 2021).

İnsansız hava araçlarındaki teknolojik ilerlemeler, bu araçların çeşitli uygulama ve kullanım alanlarının artmasına olanak sağlamaktadır. Özellikle arkeoloji alanında, İHA'lar sayesinde tarihî kalıntıların daha hızlı ve doğru bir şekilde keşfedilmesi ve belgelenmesi mümkün olmaktadır. Yangın söndürme operasyonlarında, İHA'lar havadan yapacakları müdahalelerle daha hızlı ve etkili bir şekilde yangınları kontrol altına almaktadır. Kolluk kuvvetlerinin operasyonlarında ise İHA'lar, güvenlik güçlerine kritik bilgiler sağlayarak operasyonların daha başarılı ve güvenli bir şekilde yürütülmesine katkı sağlamaktadır (İbiş ve Çakıcı Alp, 2024; Varol ve Öksüz, 2024; Yu vd., 2024).

İHA'lar ayrıca haritalama ve inşaat sektöründe de büyük avantaj sağlamaktadır. Hassas sensörleri ve yüksek çözünürlüklü kameraları sayesinde İHA'lar, detaylı haritalama ve inşaat projelerinde kullanılan verilerin daha hızlı ve doğru bir şekilde elde edilmesini sağlamaktadır (Şekil 2.12.). Bu da projelerin daha verimli bir şekilde hayata geçirilmesine yardımcı olmaktadır (Di vd., 2021; Gautier vd., 2020; Ulvi ve Yiğit, 2022).



Şekil 2.12. İnsansız hava araçlarının uygulama alanları (Chiabrando vd., 2017).

3. UYGULAMA

3.1 Çalışma Alanı Hakkında Genel Bilgiler

Hekimhan, Doğu Anadolu'nun Yukarı Fırat bölümünde yer alan bir bölgedir; doğuda Arguvan, batıda Kuluncak ve Darende, güneyde Yazıhan ilçesi, kuzeyde ise Sivas ilinin Kangalı ilçesi ile çevrilidir. Buraya adını veren Hekimhan'daki kervan halk arasında Taşhan olarak da bilinmektedir. Biri Arapça-Ermeni-Süryanice ve diğeri sadece Arapça olmak üzere üç farklı dilde yazılmış kitabesi mevcuttur. Bu kitabelerden Malatyalı hekim Ebû Sâlim B. Ebû'l-Hasan tarafından yaptırıldığı ve yapımının günümüze kadar sürdüğünü göstermektedir. Yapımına 615 (1218) yılında başladığı, I. Alâeddin Keykubad (1220-1237) döneminde bitirildiği ve 1071 Muharrem'inde (Eylül 1660) Osmanlı mimarı Hasan Ağa tarafından onarıldığı anlaşılmaktadır. Sultan Misafirhanesi binası, derin sivri eyvanlarla çevrili geniş bir avlu (29 × 30 m) ve sivri kemerlerle örtülü, üç bölüm uzunluğunda üç bölmeli geniş bir iç odadan (19 × 29 m) oluşmaktadır. İki sıra halinde yerleştirilmiş on adet taş sütundan meydana gelir. Yazılı kaynaklarda mescit, hamam, çeşme gibi mimari yapıların bulunduğu söylenen kervansarayın günümüzde büyük bölümü yıkıntı halinde olduğundan bazı bölümlerinin işlevi kesin olarak belirlenememektedir. Eyvanların boyutları farklılık göstermektedir ve kullanılabilir cepheler son zamanlarda camekânlarla kapatılmıştır; Köşe mekânları oda şeklindedir. Aydınlatma, arka duvardan direklerle açılan üç uzun cumbalı pencereyle sağlanıyordu. 19. yüzyıl onarımlarına ait düzgün kesme taş işçiliği görülmektedir. Ayrıca batı duvarında Osmanlı onarımları sırasında yapıldığı sanılan üç adet kare payanda bulunmaktadır. Orijinal doğu duvarının dış yüzeyinde kötü işlenmiş büyük taş bloklar göze çarpmaktadır. Yenileme çalışmaları sırasında bina içindeki sütunların büyük bir kısmı yeniden inşa edilmiş ve bazı bölümleri onarılmıştır. Özellikle iç duvarlarda farklı taş işçiliği izlerini görülebilmektedir. Taşhan, 2006-2009 yılları arasında

Vakıflar Bölge Müdürlüğü tarafından restore edilerek tamamlanmıştır (URL-7).

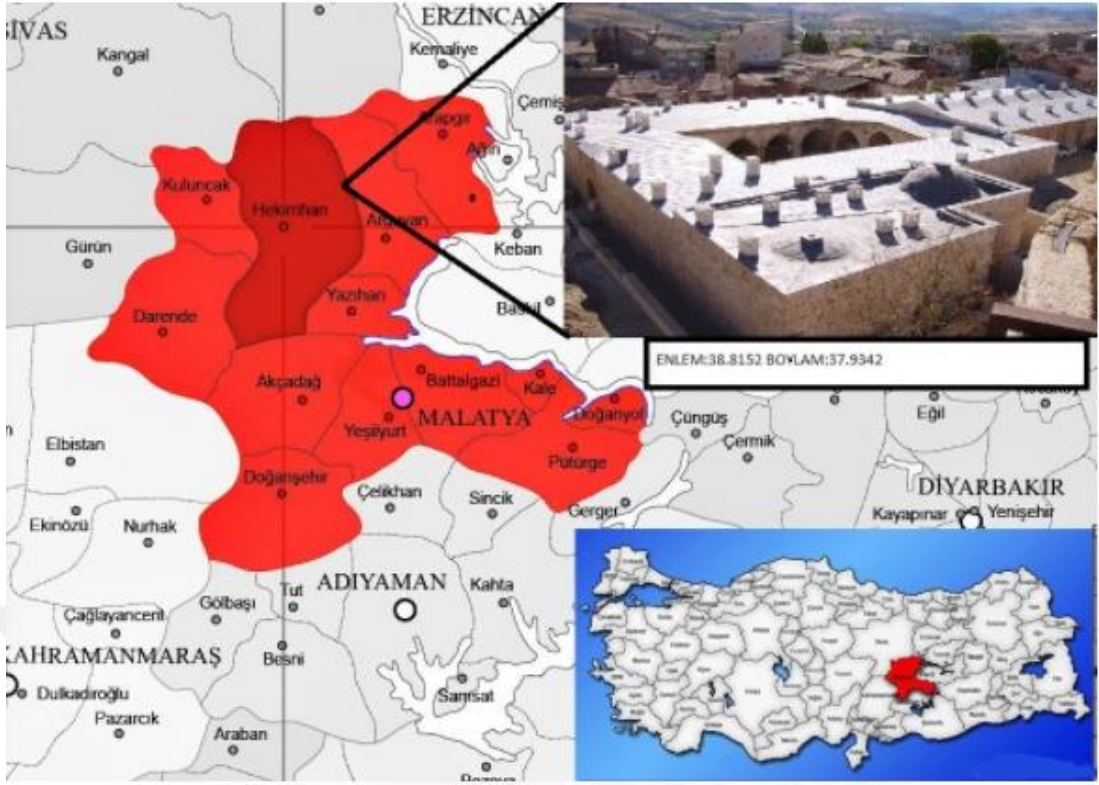
Şekil 3.1.'de Taşhan'a ait mimari detay, Şekil 3.2.'de ise giriş kapısı görülmektedir. Şekil 3.3.'te Taşhan'ın coğrafi konumu görülmektedir.



Şekil 3.1. Uygulama yeri Taşhan'a ait mimari detay (URL-7).



Şekil 3.2. Hekimhan Taşhan giriş kapısı.



Şekil 3.3. Uygulama yeri Taşhan' ın coğrafi konumu.

3.2 İHA ile Yapılan Çalışmalar

Çalışma alanı Taşhan üzerinde İHA ile uçuş yapmadan önce, Hekimhan Kaymakamlığı İlçe Emniyet Amirliği'nden ve Hekimhan Belediyesi'nden izin alınmış hava koşulları dikkate alınarak araç ve insan yoğunluğu olmayacak saatlerde uçuş yapılmıştır. Uygulama sahasında ilk olarak 6 adet yer kontrol noktası (YKN) belirlenmiş ve bu belirleme yapılırken YKN'lerin çalışma alanına homojen dağılmasına, hava fotoğraflarında net belli olacak renkte, aralıkta ve büyüklükte olmalarına dikkat edilmiştir. Yer kontrol noktaları TUSAGA Aktif CORS-TR sisteminde kontrollü ölçülmüştür. YKN'lerin tesisi amacıyla Spectra SP60 GNSS alıcısı kullanılmıştır (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Spectra Precision SP60 GNSS alıcısı.

GNSS alıcısı UTM projeksiyonunda, 3 derece diliminde, 39 dilim orta meridyeni, ITRF-96 datumu, GRS80 elipsoid, 2005 epok tanımlanarak YKN ölçümleri tamamlanmıştır ve zemine işaretlenmiştir.

GNSS alıcısı ile çalışma yapılırken gördüğü uydu sayısı, epok değeri gibi veriler kontrol edilerek cihaz fix durumda iken koordinatlandırma işlemlerine kontrollü geçilmiştir. Yer kontrol noktaları (YKN) işaretlenmiştir. Spectra Precision SP60 GNSS alıcısının teknik özellikleri Çizelge 3.1’de gösterildiği gibidir. T41 el ünitesi Şekil 3.5.’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Spectra Precision SP60 GNSS alıcısı teknik özellikleri.

YAZILIM:	SURVEY PRO, FAST SURVEY, SURVEY MOBILE
KANAL SAYISI:	240
RADYO MODEM:	2W RADYO MODEM (OPSİYONEL)
ÖLÇÜM HASSASİYETİ:	(STATİK)
YATAY:	3mm+0.5ppm DÜŞEY: 5mm+0.5ppm
ÖLÇÜM HASSASİYETİ:	(RTK)
YATAY:	8mm+1ppm DÜŞEY: 15mm+1ppm
DESTEKLEDİĞİ UYDULAR:	GPS+GLONAS+BEIDOU+GALILEO+QZSS+SBAS+IRNSS
EKRAN:YOK:	(LED GÖSTERGE PANOSU)
ALICI TANIMI:	ÇİFT FREKANSLI
HAFIZA:	256 MB
BATARYA:	1 ADET BATARYA (5 SAAT)
TAM ŞARJ SÜRESİ:	4 SAAT
ÇALIŞMA SICAKLIĞI:	-40°C ile +65°C
DEPOLAMA SICAKLIĞI:	-40°C ile +85°C
TOZ ve SUYA KARŞI DAYANIKLILIK:	IP67
BLUETOOTH:	VAR (400 M 'YE KADAR BLUETOOTH RTK)
USB:	VAR (MİNİ USB)



Şekil 3.5. Spectra Precision T41 kontrol ünitesi.

Toplam 80m yükseklikten 104 adet fotoğraf çekilmiştir. Hazırlık çalışmalarının ardından İHA uçuşu başlatılmıştır. Uçuş süresi yaklaşık 5 dakikada tamamlanmıştır. Uygulamada kullanılan İHA'nın markası DJI Phantom 4 Pro RTK modelidir (Şekil 3.6.). Çalışmada kullanılan İHA'nın teknik özellikleri Çizelge 3.2.'de verilmiştir. İHA DJI Phantom 4 Pro RTK kontrol ünitesi Şekil 3.7.' de verilmiştir.



Şekil 3.6. İHA DJI Phantom 4 Pro RTK.

Çizelge 3.2. İHA DJI Phantom 4 Pro RTK teknik özellikleri.

Teknik Özellikleri	
Kalkış Ağırlığı	: 1350gr-1400 gr
Çapraz Uzunluk	: 350 mm
Uçuş Süresi	: 30 dk
Video Çekim Kalitesi	: H.264,4K:3840×2160 30p
Fotoğraf Çözünürlüğü	: 5472x3648(3:2)
Engel Sensörü	: Var
Takip Sistemi	: Var
Sensör	: 1" CMOS; Effective pixels: 20 M
Çekim Özellikleri	: HDR, Zaman Aralıklı Çekim, Seri Çekim, H.264120° Gimbal
GPS Modu	:Var
Kullanım Mesafesi	:7000 m
Azami Rakım	:6000 mAh
Pil Kapasitesi	:5870 m



Şekil 3.7. İHA DJI Phantom 4 Pro RTK kontrol ünitesi.

Şekil 3.8.'de görülen Taşhan Hekimhan Fatih mahallesinde bulunduğu yer ve çevresi üzerinde 80 m yükseklikte otonom uçuş yapılmıştır. Fotoğrafların çekimi sırasında üretilen 3B modelinin yüksek çözünürlük ve hassasiyette olması için YKN'lerin ve detay noktalarının fotoğraflarda görünür olması, yeterli sayıda ve doğru açıyla fotoğraflar çekilmesine dikkat edilmiştir. Şekil 3.9.'da Taşhan'ın iç kısmı görülmektedir.



Şekil 3.7. Taşhan İHA görüntüsü.



Şekil 3.8. Taşhan iç kısım.

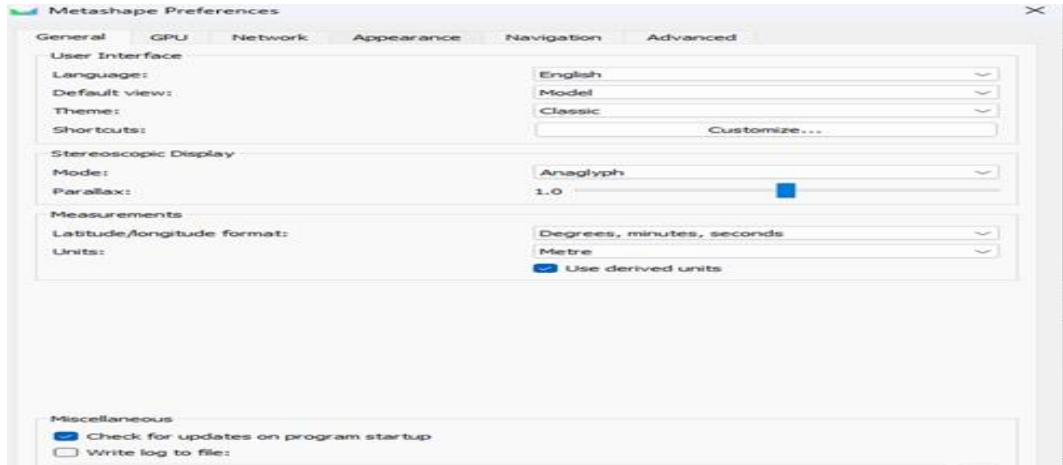
3.2.1 İHA verileri ile büro çalışmaları

Kültürel miraslarımızdan Hekimhan Taşhan ve çevresinin İHA uçuşu ile alınan görüntü verileri üzerinden fotogrametrik değerlemesi aşamasına geçilmiştir. Bu çalışmada fotogrametrik değerlemeler yapılacak ve neticesinde yazılımların sunmuş olduğu sonuç ürünlerinin konum hassasiyeti, görüntü giydirme kalitesi, arayüz kolaylığı, fotogrametrik değerlendirme süresi karşılaştırılacaktır. Sonuçta İHA ile alınan görüntü verileri ile el tipi lazer tarayıcı ile ne tür sonuçlarla karşılaşılabileceği üzerinde çalışılmıştır. Bu çalışma süresince Agisoft Metashape Professional, NETCAD 5.2 ve GO Post yazılımı kullanılmıştır.

GNSS alıcısı ile tesis edilen YKN koordinatları (X, Y, Z) 30 epokla ölçülmüş ve kesin koordinatlar olarak kabul edilmiştir.

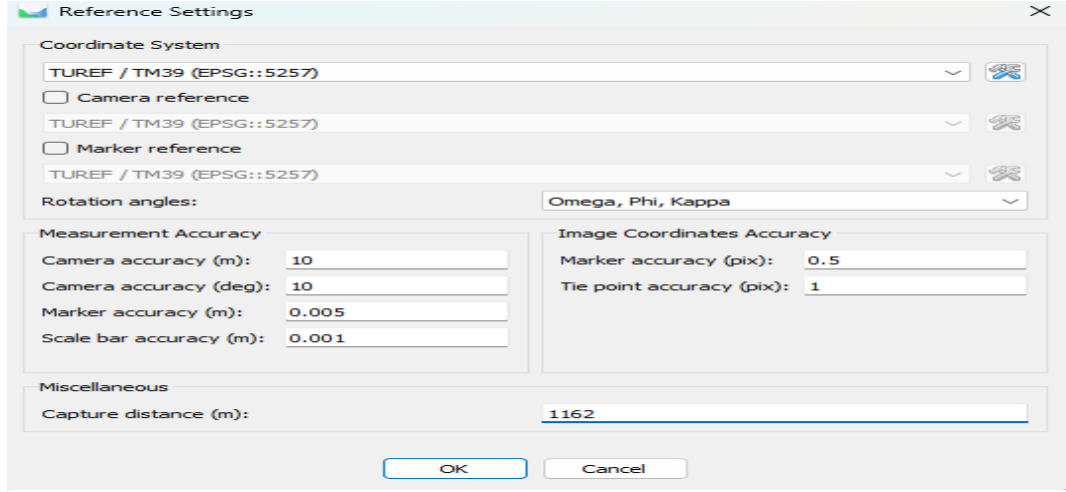
3.2.2 Agisoft ile 3B model üretilmesi ve işlem adımları

Agisoft Metashape Professional programında “Tools” menüsünden “Preferences” sekmesinden general bölümünden tema, dil seçeneği seçilir ve GPU kısmından ekran kartını kullanması için işaretlenir (Şekil 7.10.).



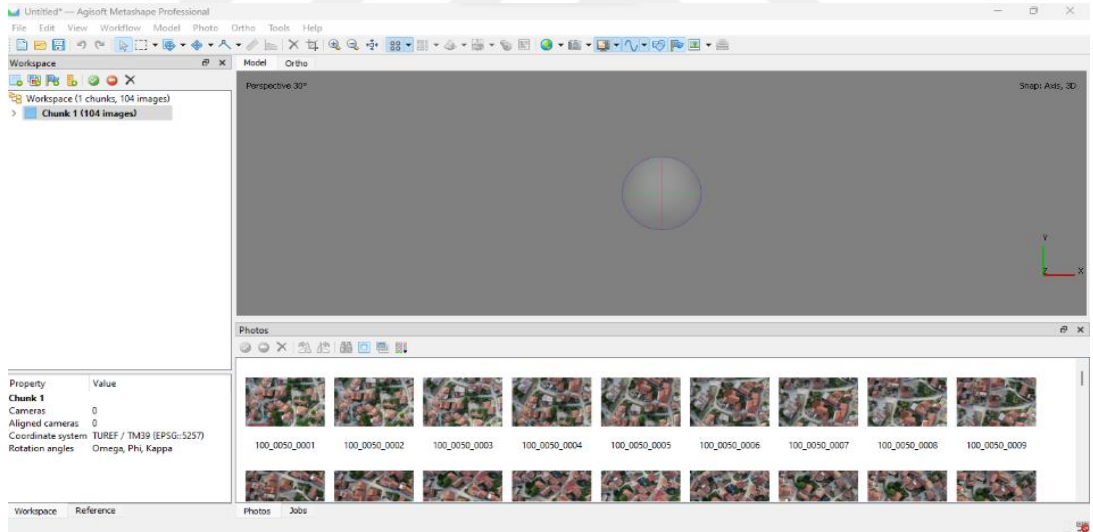
Şekil 3.9. AGISOFT programı dil ve tema seçeneği.

“Reference” kısmından koordinat sistemi (TUREF 39) tanımlanır. “Capture Distance” alım yaptığımız yer kontrol noktalarının (YKN) ortalamasını yazarız. (1162m). “Rotation Angles” kısmından Omega, Fi, Kapa seçilir (Şekil 3.11.).



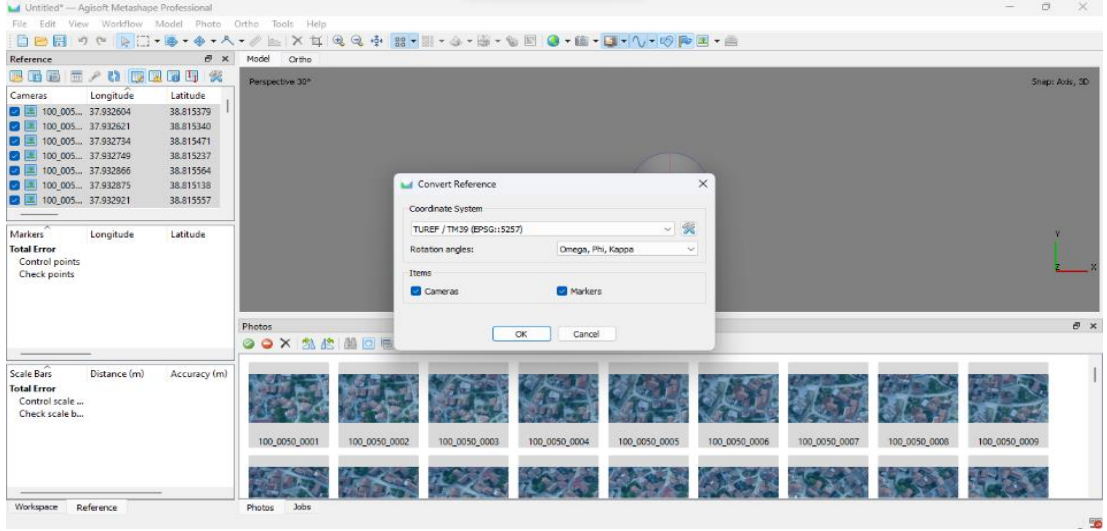
Şekil 3.10. Referans ayarlarını girme.

Menü çubuğunda bulunan “Workflow” menüsünden “Add photos” sekmesi ile fotoğrafları seçerek ya da “Add Folders” sekmesi ile fotoğrafların bulunduğu klasörü seçerek Drone ile 80m yükseklikten çektiğimiz 104 adet resimleri yükleriz (Şekil 3.12.).



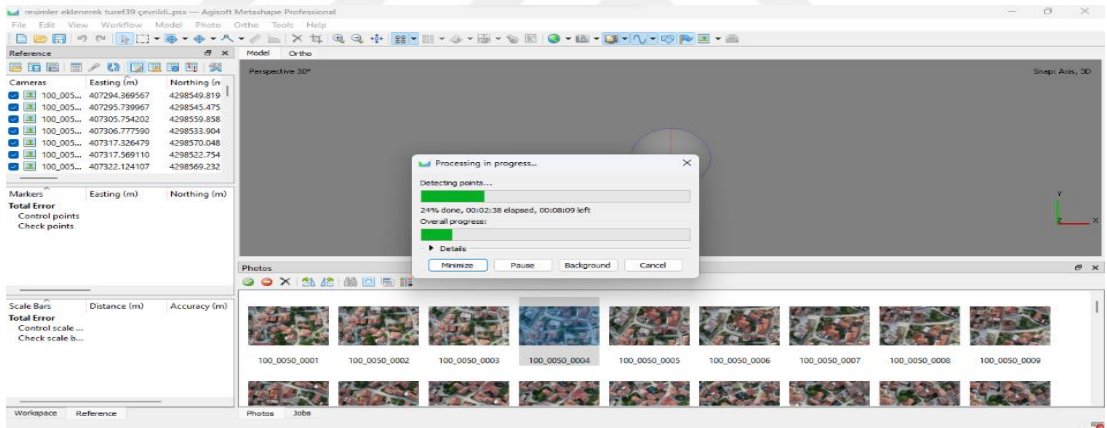
Şekil 3.11. Fotoğrafların yüklenmesi.

“Reference” kısmından tüm resimleri seçeriz ve “Convert” seçeneği ile resimleri TUREF39 koordinat sistemine dönüştürür ve iç yöneltme parametrelerini omega, fi, kapa seçeriz. Drone ile alınan noktalar ve yer kontrol noktaları (YKN) aynı koordinat sistemine dönüştürülerek işleme devam edilir (Şekil 3.13.).

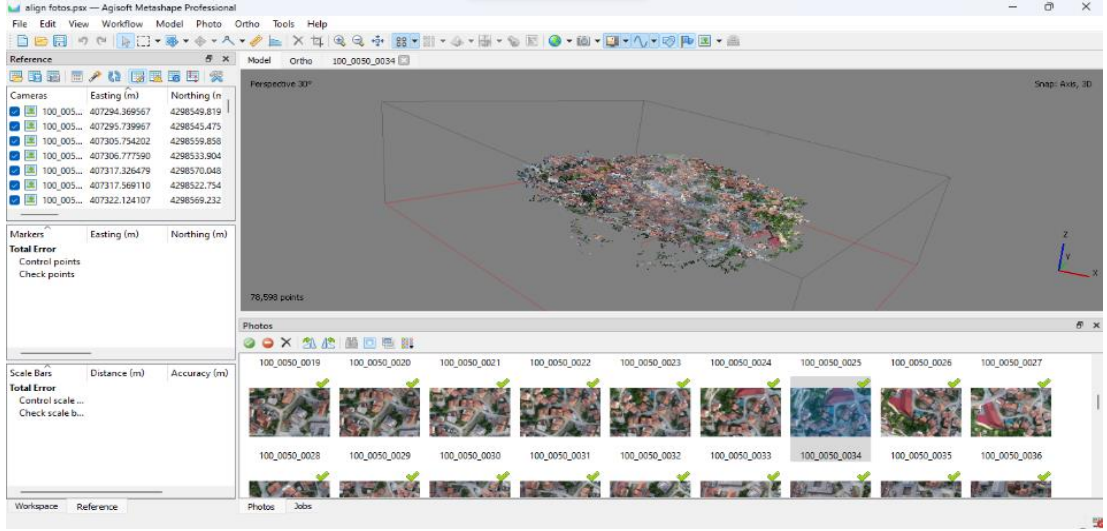


Şekil 3.12. Fotoğrafların dönüştürülmesi.

Program menüsü “Workflow” sekmesinden “Align Photos” sekmesi seçilince yeni bir iletişim kutusu açılır ve bu pencereden ilk işlem parametre tercihleri yapılarak fotoğraflar hizalanması sağlanır (Şekil 3.14. ve Şekil 3.15.).

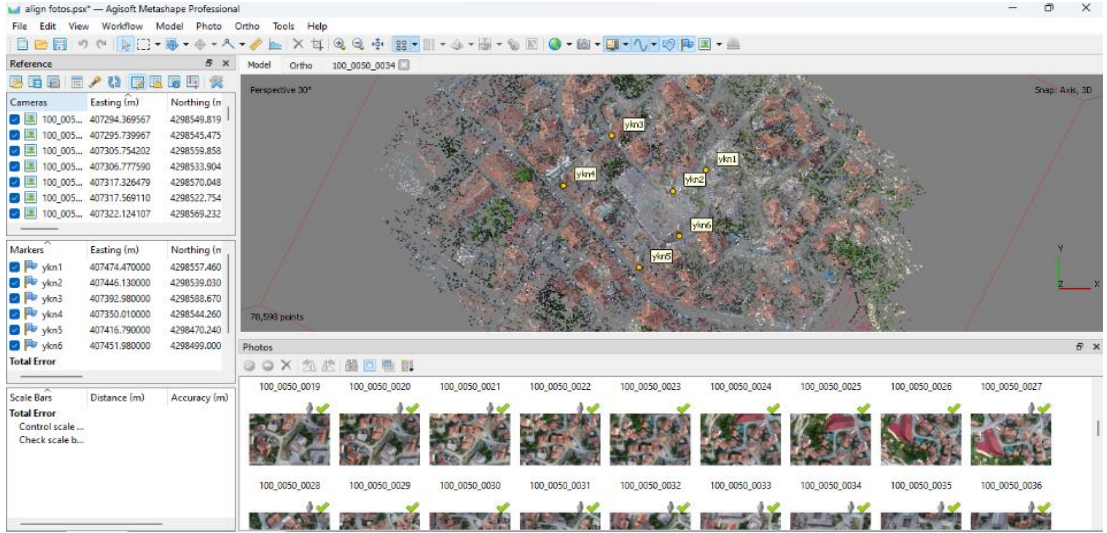


Şekil 3.13 Fotoğrafların birleştirilmesi..



Şekil 3.14. Align edilmiş fotoğraflar.

Yer kontrol noktalarını eklemek için “Reference” menüsü “import” komutundan ekleme yapılır. Yer kontrol noktaları aynı koordinat sistemde olmalıdır. Yer kontrol noktası ve resimler birbiriyle çakıştığı görülmektedir. YKN atarken çalışma alanı büyüklüğüne göre görülecek boyutta, ağırlık merkezine ve köşelere atılmalıdır. YKN noktaları arası mesafenin 400 m’den büyük olmamasına dikkat edilmelidir (Şekil 3.16.).



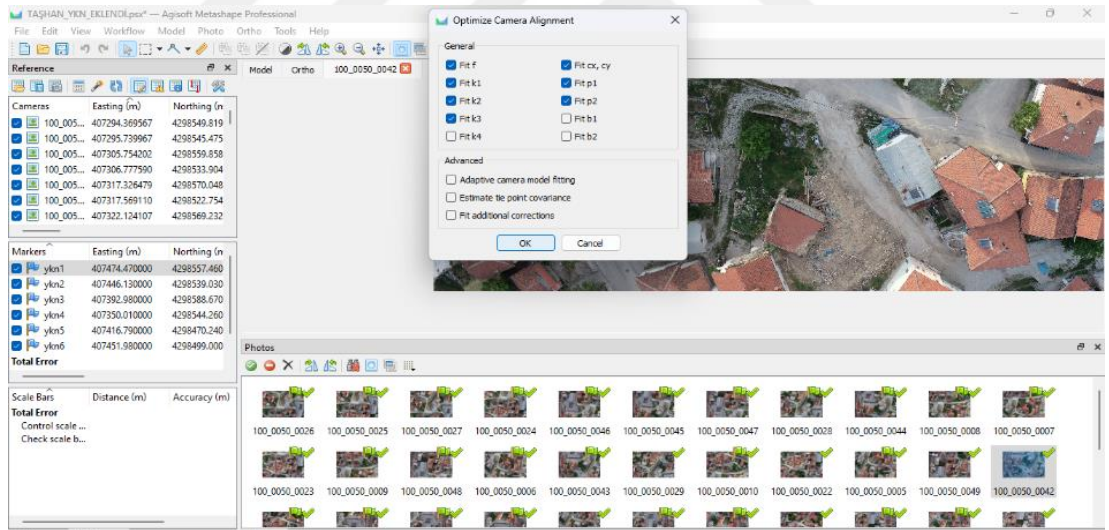
Şekil 3.15. YKN’lerin dağılımı.

Tüm YKN noktaları fotoğraf üzerinde “Filter Photos by Markers” ile tek tek konumlandırılır. Dengeleme işlemi yapılır (Şekil 3.17.).



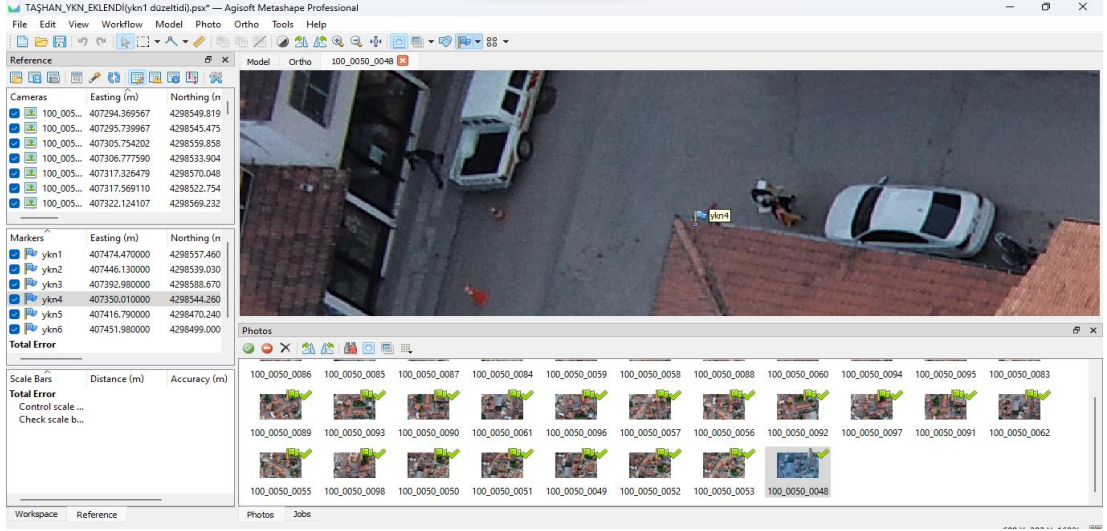
Şekil 3.16. YKN’lerin dengelenmesi.

“Reference” menüsünde bulunan “Optimize Camera Alignment” ile tüm yer kontrol noktaları için ayrı ayrı yapılır. Ne kadar çok yer kontrol noktasında yapılırsa hassasiyet o kadar iyi olur (Şekil 3.18.).



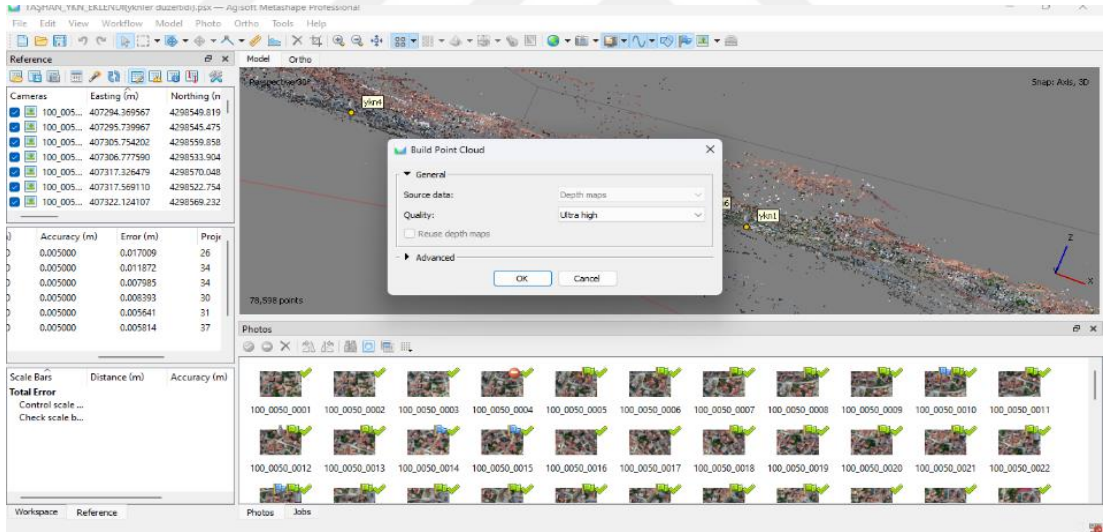
Şekil 3.17. YKN’lerin optimize edilmesi.

YKN (Yer kontrol noktası) görülmeyen fotoğraflarda “Unpin Marker” yapılarak dışarda bırakılır (Şekil 3.19.).



Şekil 3.18. Resim üzerinde görülmeyen YKN noktalarının iptali.

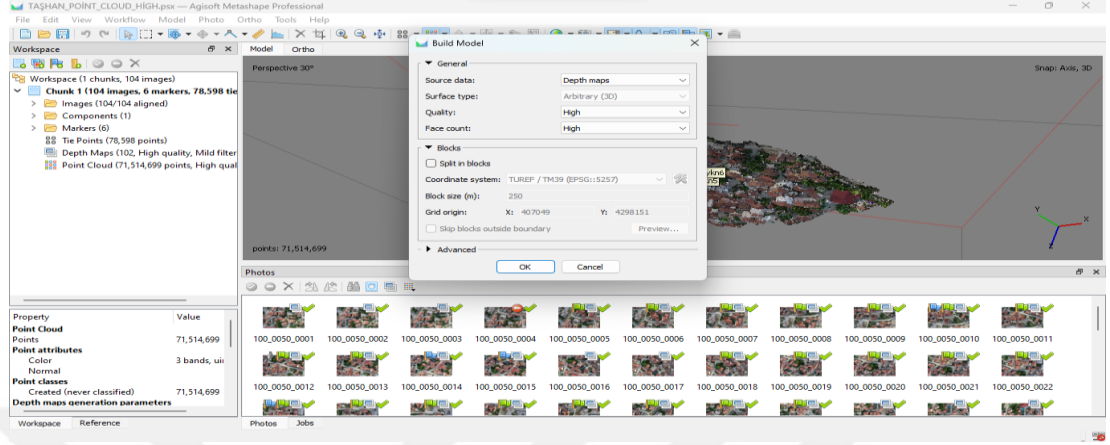
Menü çubuğundan “Workflow” menüsünden “Build Dense Cloud” sekmesi seçilince yeni bir iletişim kutusu açılır ve bu pencereden işlem parametre tercihleri yapılır (Şekil 3.20.).



Şekil 3.19. Nokta bulutu oluşturulması.

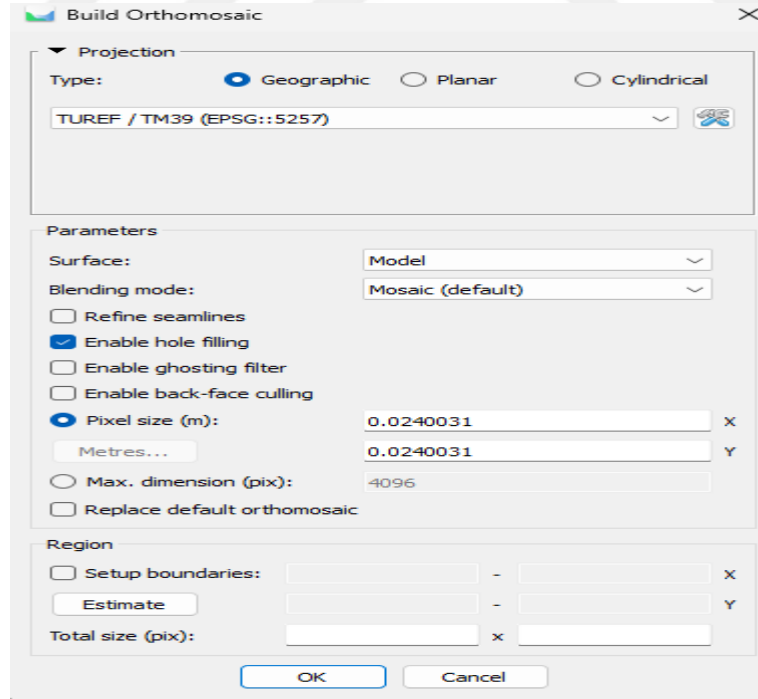
“Point Cloud” işlemimiz ‘high’ seviyede 6 saat 11 dakika sürdü ve 71514,699 adet nokta üretildi. Oluşan verimize sağ tıklayıp “Export Cloud” ile verimizi dışarı aktarılır. “Workflow” menüsünden “Build model” ile katı model oluşturulur (Şekil 3.21.).

3B model üretimi için gerekli olan nokta bulutu üretimi İHA görüntülerindeki ortak piksellerin eşleştirilmesi ile yapılmıştır. Bu eşleşme için yoğun görüntü işleme metodu kullanılmıştır.



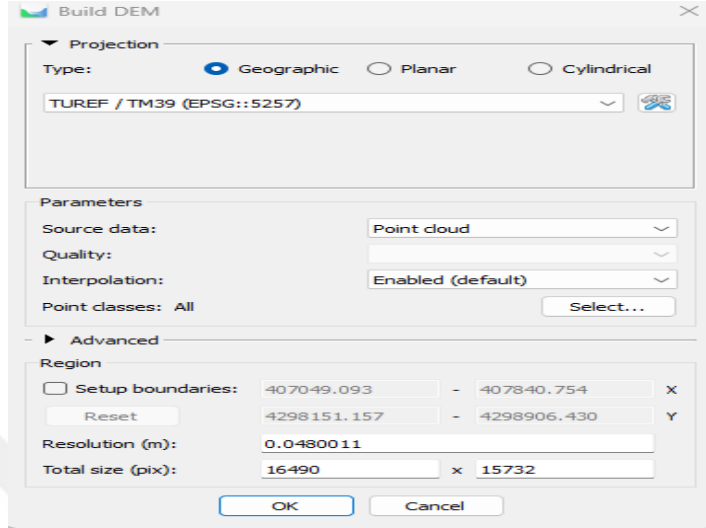
Şekil 3.20. Build model ile katı model oluşturulması.

Menü çubuğunda bulunan “Workflow” menüsünden “Build Orthomosaic” sekmesi seçilince yeni bir iletişim kutusu açılır ve bu pencereden işlem parametre tercihleri yapılır (Şekil 3. 22.).



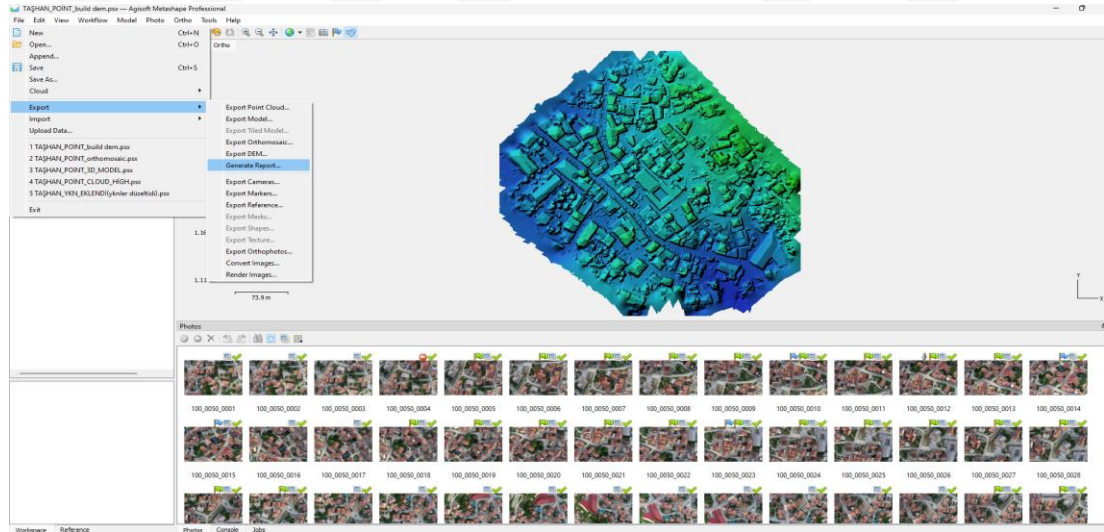
Şekil 3.21. Ortofoto oluşturulması.

Menü çubuğunda bulunan “Workflow” menüsünden “Build DEM” sekmesi seçilerek yeni bir iletişim kutusu açılır ve bu pencereden işlem parametre tercihleri yapılır (Şekil 3.23.).



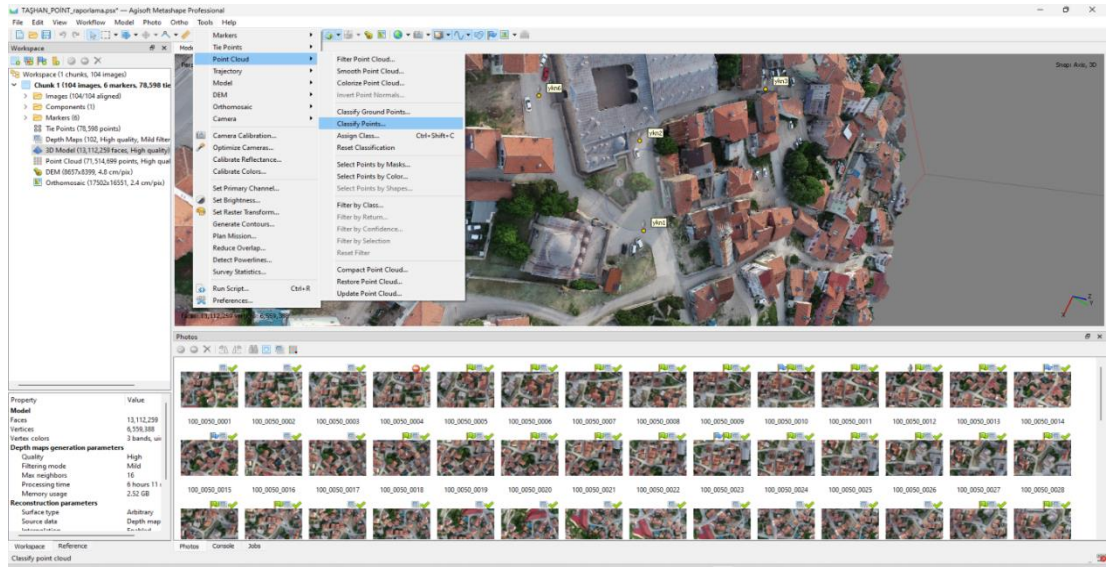
Şekil 3.22. DEM haritasının oluşturulması.

“File” menüsünden “Export-Generate Report” sekmesinden genel raporlama yapılır (Şekil 3.24.).



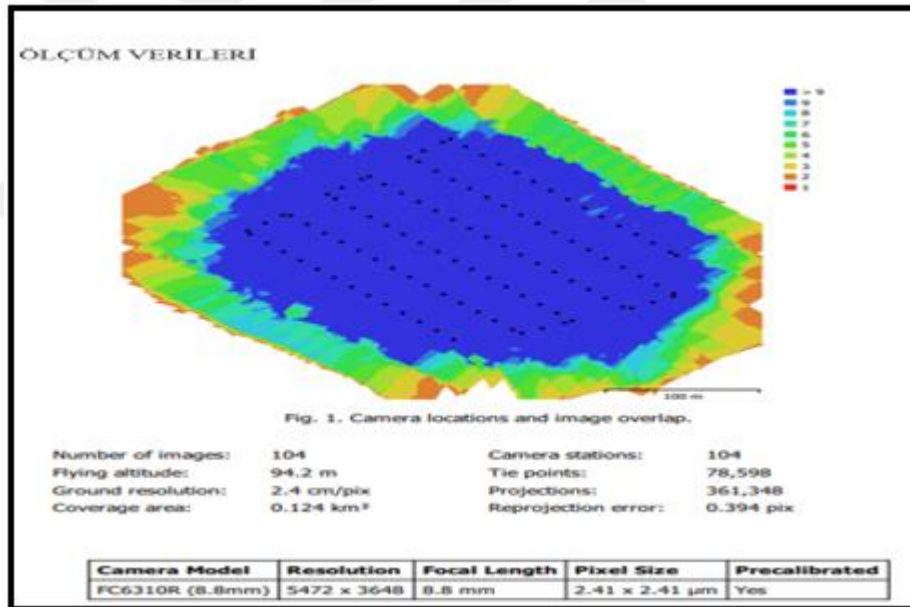
Şekil 3.23. Raporlama yapılması.

“Tools” menüsünden “Point Cloud” sekmesinden Classify Points ile kontrollü sınıflandırma yapılır (Şekil 3.25.).



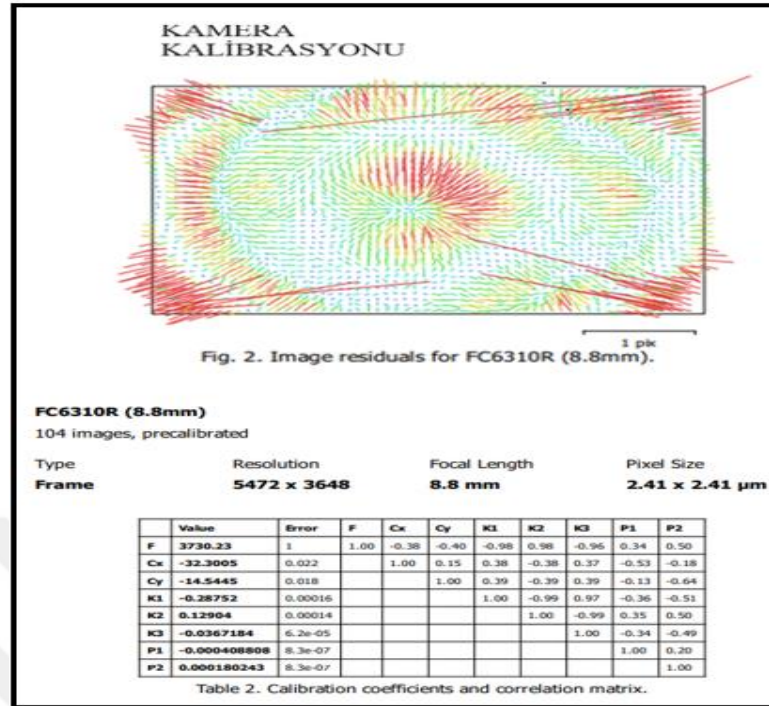
Şekil 3.24. Sınıflandırma işlemleri.

Kamera konumları ve görüntü örtüşmesi Şekil 3.26.'da verilmiştir.



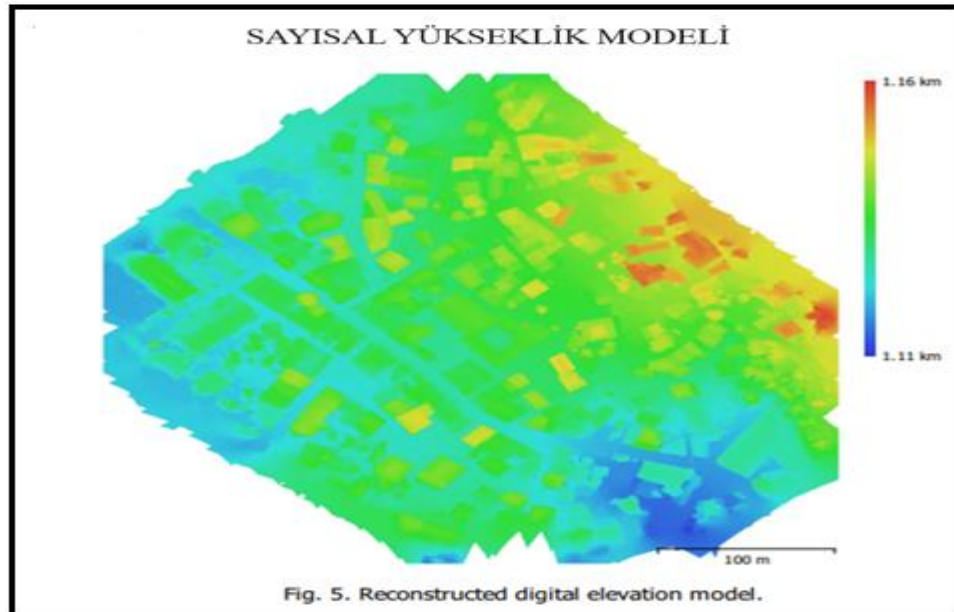
Şekil 3.25. Kamera konumları ve görüntü örtüşmesi.

Kalibrasyon katsayıları ve korelasyon matrisi Şekil 3.27.'de sunulmuştur.



Şekil 3.26. Kalibrasyon katsayıları ve korelasyon matrisi.

Şekil 3.28.'de elde edilen sayısal yükseklik modeli ve Şekil 3.29.'da ise ortofoto görüntü verilmiştir.



Şekil 3.27. Sayısal yükseklik modeli.



Şekil 3.28. Ortofoto görüntü, YKN noktaları ve kadastro sınırı.

3.2.3 STONEX X120GO SLAM el tipi lazer tarayıcı ile arazi işlemleri

El Tipi Lazer Tarayıcı ile işleme başlamadan önce Yer kontrol noktaları TUSAGA-Aktif CORS-TR sistemi kullanılarak ölçülmüştür. YKN'leri oluşturmak için bir Spectra SP60 GNSS alıcısı kullanılmıştır. GNSS alıcısı UTM projeksiyonunda, 3 derece diliminde, 39 dilim orta meridyeni, ITRF-96 datumu, GRS80 elipsoid, 2005 epok tanımlanarak YKN ölçümleri tamamlanmıştır ve zemine işaretlenmiştir.

STONEX X120GO Slam el tipi lazer tarayıcı açılarak 60 saniyelik kalibrasyonu yapılmıştır (Şekil 3.30.).



Şekil 3.29. STONEX X120GO slam el tipi lazer tarayıcı kalibrasyonu.

Ölçüm aşamasında cihazın manuel elde taşınarak gezdirilmesi ile devam edilmiştir (Şekil 3.31.).



Şekil 3.30. STONEX X120GO slam el tipi lazer tarayıcı ile ölçüm işlemi.

Elde gezdirilmesi sırasında zemine tesis olunan YKN noktalarında 10 saniyelik oturumlar neticesinde tekrardan lazer tarayıcı ile nokta tesisi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.32.).

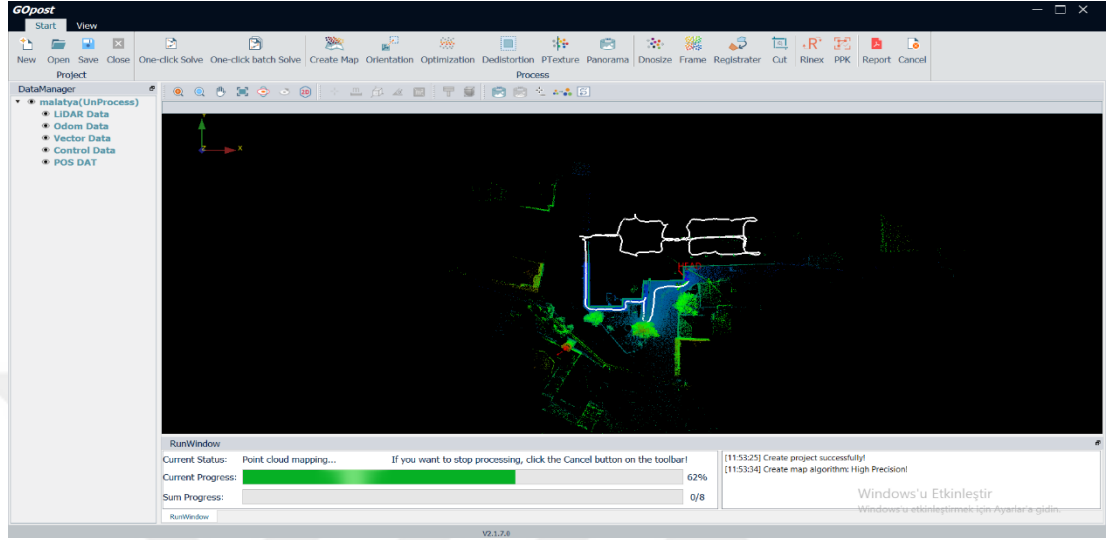


Şekil 3.31. STONEX X120GO slam el tipi lazer tarayıcı ile YKN ölçümü.

Bütün alanın aynı bütün olarak gezdirilmesi sonucu cihaz başlangıç noktasına getirilip mevcut lazer tarama işlemi sonlandırılmıştır. Değerleme işlemine geçmek için noktalar GOPost yazılımına aktarılmıştır.

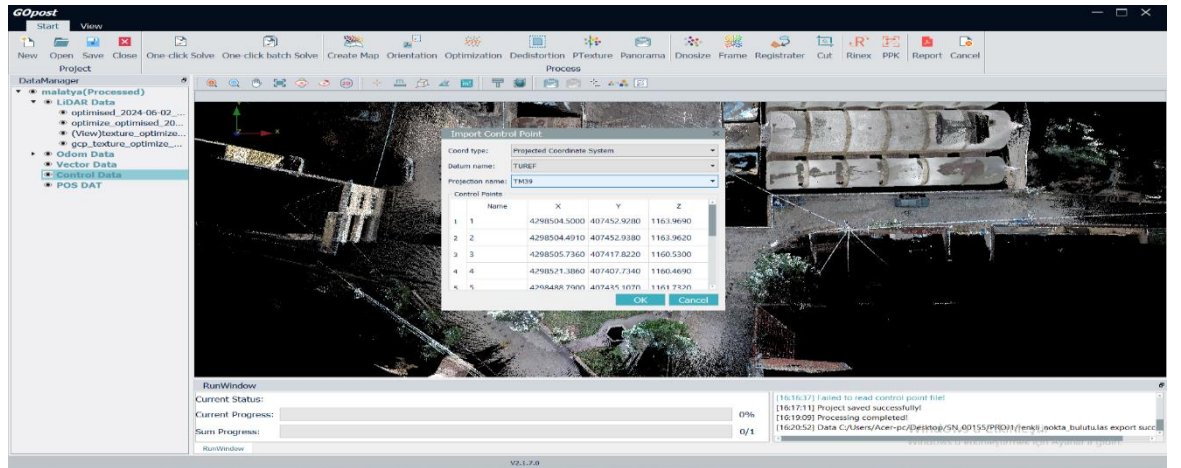
3.3 Değerleme İşlemleri

Elde edilen ham veri GOpst yazılımına aktarılarak Proses işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 3.33.).



Şekil 3.32. GOpst yazılımı ile proces süreci.

Noktalar yüklendikten sonra YKN ile eşleştirilip dönüşüm yapılmıştır ve gerçek konumuna getirilmiştir (GNSS alıcısına UTM projeksiyonu, 3 derece dilim, 39 orta meridyeni, ITRF-96 datumu, GRS80 elipsoid, 2005 epok) (Şekil 3.34.).

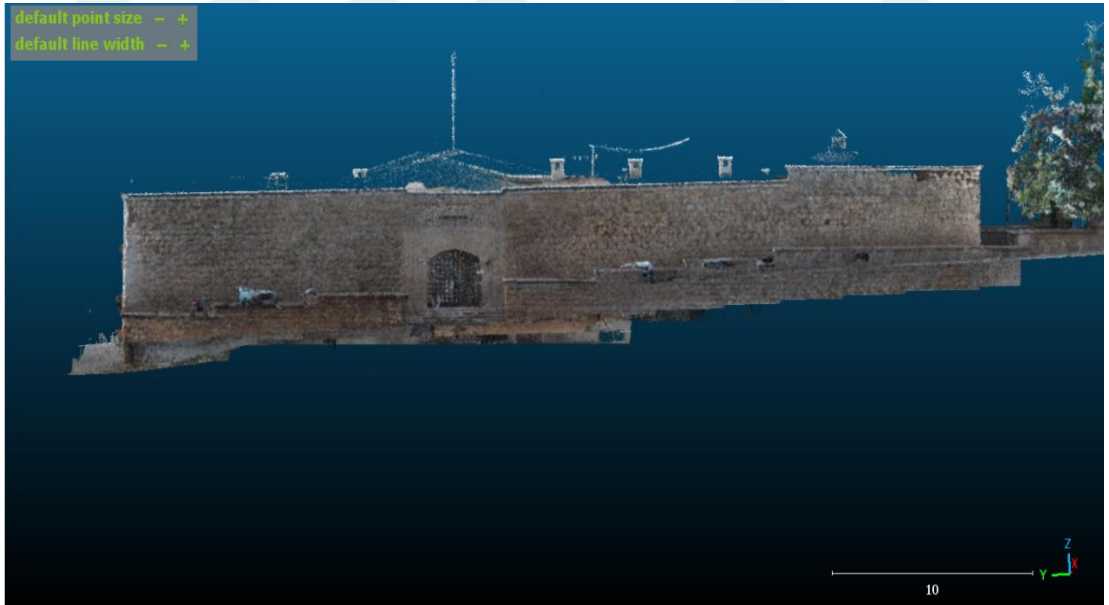


Şekil 3.33. Noktaların dönüştürülmesi.

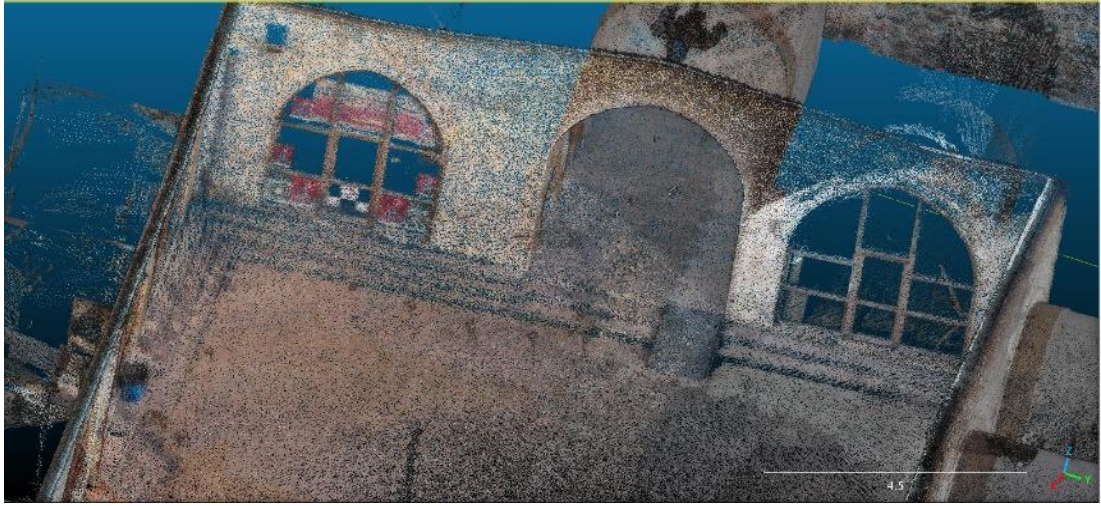
İşlemler sonucunda yapının üstten, yandan, içten ve yatay görünümü elde edilmiştir (Şekil 3.35., Şekil 3.36., Şekil 3.37., Şekil 3.38., Şekil 3.39.).



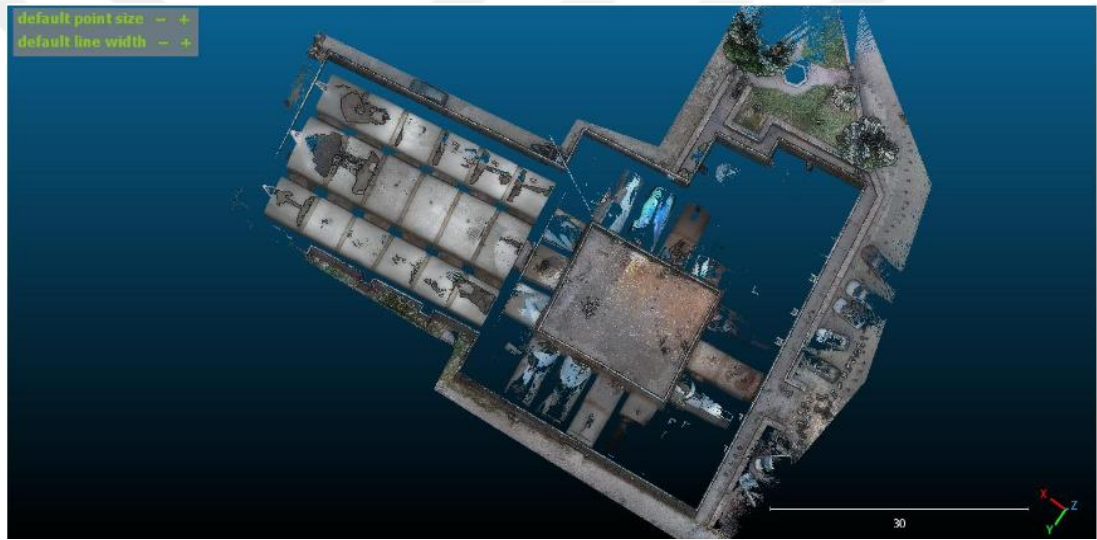
Şekil 3.34. Yapının üstten 3B görünümü.



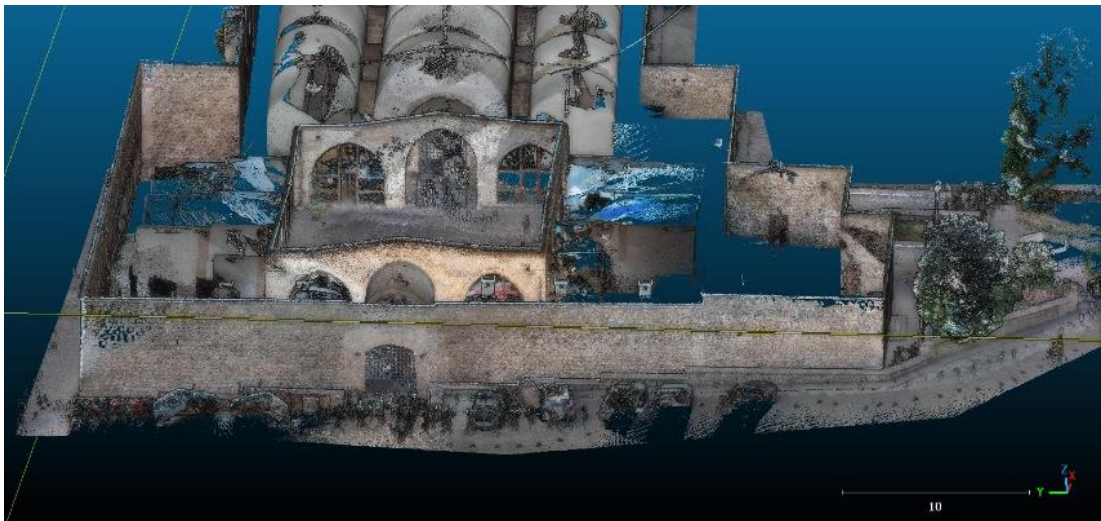
Şekil 3.35. 3B model yandan görünümü.



Şekil 3.36. Taşhan içten görünümü



Şekil 3.37. Taşhan üstten görünümü



Şekil 3.38. Taşhan yatay görünümü.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu tez kapsamında tarihi yapının incelenmesi amacıyla el tipi lazer tarayıcı ve İHA ile elde edilen hava fotoğrafları ile elde edilen veriler değerlendirilerek analiz yapılmıştır. Lazer tarama yönteminde lazer ışınının gidiş geliş süresinin (time of flight) hesabı ile çalışan el tipi lazer tarayıcı, fotogrametrik değerlendirme için ise İHA ile elde edilen veriler kullanılmıştır.

İHA ile elde edilen veriler Agisoft Photoscan Professional yazılımıyla, El Tipi Lazer Tarayıcı'dan elde edilen veriler GOpot yazılımlarına elde edilen x, y ve z yönündeki hatalar Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Elde edilen konum ve yükseklik hataları.

Kullanılan Yazılım	mxy (cm)	mz (cm)
1-Agisoft Photoscan Professional	±3.11 cm	±3.48 cm
2-GOpot	±2.01 cm	±3.02 cm

Tabloya bakıldığında Agisoft Photoscan Professional tarafından üretilen 3 boyutlu modelin fotogrametrik çekimlerle hassasiyeti değerlendirildiğinde konum hatası $m_{xy} = \pm 3,11$ cm ve yükseklik hatası $m_z = \pm 3,48$ cm olduğu görülmektedir. GOpot yazılımı tarafından üretilen 3 boyutlu modelin fotogrametrik teknikler kullanılarak değerlendirilmesi sonucu konum hatasının $m_{xy}=\pm 2,01$ cm, yükseklik hatasının ise $m_z=\pm 3,02$ cm olduğu ortaya çıktığı görülmektedir. Hesaplanan sonuçlara göre, İHA ve el tipi lazer tarayıcı yöntemleriyle fotogrametrik teknikler kullanılarak arkeolojik dokümantasyonun yeterli konumlandırma doğruluğuna ulaşılacağı görülmektedir. Zamanın mükemmel bir şekilde anlaşılması avantajına sahip olan arkeolojik belgeleme ile 3 boyutlu model istenilen boyut ve değerler hassas bir şekilde elde edilebilmektedir. GOpot ve Agisoft Photoscan Professional'da yaptığımız modelleme sonuçlarını kullanılabilirlik, zaman ve doğruluk açısından karşılaştırdığımızda elde edilen sonuçlar hakkında şu yorumlar yapılabilir; Agisoft Photoscan Professional yazılımı, nokta bulutu oluşturma işlemini 6 saat 11 dakikada, ortofoto görüntüsü ve dijital yüzey modelleme işlemini ise yaklaşık 9 saatte tamamlamıştır. Bilgisayarın donanım (RAM,ekran kartı, vb.) ve istenilen verinin hassasiyetine göre süre artmaktadır. GOpot yazılımı ile ise 3 saat 15 dakikada tamamlamıştır. Doğruluk

kıyaslandığında, Agisoft Photoscan Professional yazılımında konum hatası $m_{xy}=\pm 3.11$ cm, yükseklik hatası ise $m_z=\pm 3.48$ cm'lik bir doğruluk elde edilirken, GoPOST ile konum hatası $m_{xy}=\pm 2.01$ cm, yükseklik hatası ise $m_z=\pm 3.02$ cm bir doğruluk elde edilmiştir.

Agisoft Photoscan, yüksek doğruluğu ancak uzun işlem gereksinimleri ile bilinen endüstri standardı bir fotogrametri yazılımıdır (Sapirstein, 2016). İHA ve yersel lazer taramanın bir arada kullanılması, miras dokümantasyonunda ortaya çıkan bir eğilimdir. Lerma vd. (2010), tarihi bir bina cephesini modellemek için İHA ve yersel lazer taramalarını birleştirerek, her iki yöntemi tek başına kullanmaya kıyasla model doğruluğunu ve ayrıntısını iyileştirmişlerdir. Her tekniğin güçlü yanlarından yararlanmak için fotogrametriyi lazer taramasıyla tamamlamaya yönelik vurguları, bu çalışmada benimsenen yaklaşımla örtüşmektedir.

Bu çalışmada, tarihi bir yapıyı belgelemek ve analiz etmek için İHA ile elde edilen hava fotoğrafları ve elde taşınan lazer tarama kullanılmış ve 3B veri hesaplamıştır. İHA görüntüleri, 3B nokta bulutları, dijital yüzey modelleri ve ortofotolar oluşturmak için fotogrametrik olarak işlenmiştir. Agisoft Photoscan'den İHA fotogrametri 3B modelinin doğruluğunu değerlendirirken, $\pm 3,11$ cm'lik bir konumsal hata ve $\pm 3,48$ cm'lik bir yükseklik hatası ortaya çıkmıştır. GOpst'tan gelen model, $\pm 2,01$ cm'lik konumsal hata ve $\pm 3,02$ cm'lik yükseklik hatası ile biraz daha iyi bir doğruluğa sahipti. Bu sonuçlar, İHA ve elde taşınan lazer taramanın arkeolojik belgeleme amaçları için yeterli doğruluğa ulaşabileceğini göstermektedir. Sauerbier ve Eisenbeiss (2010) tarafından hazırlanan çalışmada da İHA görüntülerinin fotogrametrik işlenmesinin, santimetre düzeyinde doğrulukla hassas dijital 3B yeniden yapılandırmaya olanak tanıdığından bahsedilmektedir. Bu bağlamda çalışmamızda ulaşılan sonuçların ilgili araştırma sonuçlarıyla örtüştüğü gözlemlenmektedir.

İşleme süresi ve kullanılabilirlik açısından, Agisoft Photoscan nokta bulutu, ağ ve ortomozaik oluşturmak için yaklaşık 15 saate ihtiyaç duyarken, GOpst yaklaşık 3 saatte daha hızlıydı. Agisoft iş akışı, GOpst'un daha verimli bir işleme hattına sahip olduğunu benzer şekilde bulan Nex ve Remondino (2014) tarafından uzun hesaplamaları nedeniyle bulgulanmış ancak Agisoft sonuçları bu çalışmada daha doğru olarak ortaya çıkmıştır. Bu, Remondino vd. (2011) çeşitli fotogrametrik yazılım seçenekleri arasında not ettiği işleme süresi ve doğruluk arasındaki durumu

yansıtmaktadır. Diğer bir deyişle çalışmamızda Agisoft modelleri yaklaşık 9 saat sürmüştür ancak GOPost'tan biraz daha iyi doğruluk elde etmiştir. GOPost ise tersine verimli nokta bulutu oluşturmaya öncelik vermekte ve modellemeyi yalnızca 3 saatin biraz üzerinde bir sürede, doğrulukta yalnızca küçük bir azalma ile tamamlamaktadır. Doğruluk ve hız arasındaki bu durum, çeşitli fotogrametri yazılım seçeneklerini karşılaştıran Remondino vd. (2012) sonuçlarını yansıtmaktadır. İlgili araştırmada çalışmacılar Agisoft'un en doğru modelleri ürettiğini, GOPost gibi diğer yazılımların ise daha hızlı ancak daha az hassas olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Benzer bulgu literatürdeki diğer bazı çalışmalarda da yer almaktadır (Adamopoulos ve Rinaudo 2020).

Genel olarak çalışma kapsamında ulaşılan bulgular, İHA fotogrametrisi ve el tipi lazer taramanın arkeolojik dokümantasyon için uygulanabilir ve doğru seçenekler olduğunu doğrulamaktadır. Remondino'nun (2011) miras modelleme tekniklerinin bir incelemesinde sonuca vardığı gibi, "doğruluk, otomasyon ve hız, İHA fotogrametrisi gibi görüntü tabanlı 3B modelleme tekniklerinin başlıca avantajlarıdır". Kazı alanları üzerinde santimetre düzeyinde hassasiyet elde ederken yüksek çözünürlüklü 3B verileri hızla yakalama yeteneği, arkeologlara mekansal bilgileri, stratigrafiyi ve eser ayrıntılarını kaydetmek için verimli ve düşük maliyetli bir yaklaşım sağlamaktadır (Chiabrando vd. 2017). Bu hususta yaygın fotogrametri yazılımları, arkeolojik araştırmaların ve kazı kayıtlarının doğruluk ihtiyaçlarını karşılayan İHA ve yer tabanlı görüntülerden ayrıntılı 3B modeller üretebilir. Hazırlanan bu çalışma, bu teknolojilerin kültürel miras uygulamaları için yararlılığını güçlendirmektedir.

Genel olarak, bulguların arkeolojik alanların ve tarihi yapıların etkili ve doğru 3B modellemesi için İHA'ların ve fotogrametrinin yararlılığını pekiştirmektedir. Bu kapsamda diğer çalışmalar da arkeoloji için İHA fotogrametrisi ve lazer taramasının değerini göstermiştir (Fernandez-Hernandez vd., 2015; Güngör, 2022; Kaya vd., 2021). Örneğin, Fernández-Hernandez vd. (2015), İspanya'daki iki Geç Antik kaleyi fotoğraflamak için bir İHA kullanmıştır. Çalışma kapsamında türetilen 3B modeller, önceki belgelerden daha fazla ayrıntı sağlamış ve duvar yapılarının ve görünür çökme alanlarının analizini mümkün kılmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Arkeolojik alanların İHA ve el tipi lazer taşıyıcı kullanılarak belgelenmesi ve doğruluk değerlendirmesi, kültürel mirasın korunması ve dökümantasyonu açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu teknolojilerin avantajları ve dezavantajları göz önüne alındığında, el tipi lazer tarama cihazlarının mobil kullanımıyla elde edilen veriler oldukça doğru ve detaylı olabilmektedir. Bu doğruluk ve detaylılık, arkeologlara araştırmalarında daha kapsamlı bir perspektif sağlamaktadır. Ayrıca, bu cihazlar arkeolojik alanların belgelenmesi sürecinde arkeologlara büyük kolaylıklar sağlamaktadır. İnsansız hava araçları (İHA'lar) ise arkeolojik alanların belgelenmesi ve doğruluk değerlendirmesi süreçlerinde büyük bir sıçrama yaratmıştır. İHA'ların tarihçesi incelendiğinde, bu teknolojilerin arkeologlara daha önce ulaşılması güç olan alanlara erişim sağladığı ve yeni keşiflerin yapılmasına olanak tanıdığı görülmektedir. Bu sayede, arkeologlar geçmişin izlerini daha kesin ve ayrıntılı bir şekilde takip edebilmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte, İHA'lar ve el tipi lazer tarama cihazları birlikte kullanıldığında, arkeolojik alanların belgelenmesi ve korunması için olağanüstü fırsatlar sunmaktadır. İHA'lar sayesinde zorlu coğrafi alanlarda bulunan arkeolojik kalıntılar kolaylıkla tespit edilebilir ayrıca İHA'lar arkeolojik alanlara hızlı ve etkili bir şekilde erişim sağlayarak, arkeologlara zaman kazandırmaktadır. El tipi lazer tarama cihazları ise bu kalıntıların detaylı bir şekilde haritalanmasına ve kaydedilmesine yardımcı olur. Bu iki teknolojinin birleşimi, arkeologların çok daha kapsamlı bir inceleme yapmasına ve arkeolojik alanların geçmişi hakkında daha fazla bilgi sahibi olmasına olanak tanır. Ayrıca, bu teknolojiler arkeologlara araştırmalarında daha objektif sonuçlar elde etme imkânı sunar. Sonuç olarak, İHA'lar ve el tipi lazer tarama cihazlarının bir arada kullanılmasıyla, arkeologlar arkeolojik alanların doğru bir şekilde belgelenmesi ve korunması için daha fazla veriye erişebilirler. Bu teknolojiler, kültürel mirasın korunmasında ve araştırmaların ilerlemesinde büyük bir rol oynamaktadır. Gelecekte, daha da gelişmiş teknolojilerin kullanılmasıyla arkeolojik çalışmalar daha da ileri bir noktaya taşınacaktır. Bu sayede, geçmişimizi daha iyi anlama ve gelecek nesillere aktarma imkânına sahip olacağız. Bu teknolojilerin sağladığı imkânlar sayesinde, arkeolojik alanların korunması ve kültürel mirasın geleceğe aktarılması konusunda büyük bir ilerleme kaydedilecektir. Teknoloji sayesinde elde edilen sonuçların doğruluğu ve detaylılığı, arkeologların araştırmalarında daha kapsamlı bir perspektif sunar. Bu nedenle, İHA'lar ve el tipi lazer tarama cihazlarının kullanımı, arkeologların

işlerini daha etkili bir şekilde yapabilmelerini sağlar. El tipi lazer tarama cihazlarının mobil kullanımı, arkeologların uygun bir şekilde belgeleme yapmalarını sağlar ve bu da arkeolojik alanların korunması için büyük önem taşır. İHA'ların tarihçesi incelendiğinde, bu teknolojilerin arkeologlara kolaylık sağladığı ve daha önce ulaşılması güç olan alanlara erişim imkânı verdiği görülmektedir. Bu da yeni keşiflerin yapılmasına ve geçmişin izlerinin daha ayrıntılı bir şekilde takip edilmesine yardımcı olur. İHA'lar ve el tipi lazer tarama cihazları arkeologlara fırsatlar sunar ve arkeolojik alanların doğru bir şekilde belgelenmesini sağlar. Zorlu coğrafi alanlarda bulunan arkeolojik kalıntıların tespiti, İHA'lar sayesinde kolaylıkla yapılabilir. İHA'lar ayrıca arkeologlara hızlı ve etkili bir şekilde erişim sağlar ve zaman kaybının önüne geçer. El tipi lazer tarama cihazları ise bu kalıntıların detaylı bir şekilde kaydedilmesine yardımcı olur. Bu iki teknolojinin birleşimi, arkeologların daha kapsamlı bir inceleme yapmalarını ve arkeolojik alanların geçmişi hakkında daha fazla bilgi sahibi olmalarını sağlar. Ayrıca, bu teknolojiler arkeologlara araştırmalarında daha objektif sonuçlar elde etme imkânı sunar. Gelecekte, gelişen teknolojiler sayesinde arkeolojik çalışmalar daha da ileriye taşınacak ve kültürel mirasın korunması ve aktarılması konusunda büyük bir adım atılacaktır. Bu adımların sonucunda, geçmişimizi daha iyi anlama şansına sahip olacak ve kültürel mirasımızın gelecek nesillere aktarılmasına yardımcı olunacaktır. Bu nedenle, İHA'lar ve el tipi lazer tarama cihazlarının kullanımı arkeolojik alanların belgelenmesi ve korunması için vazgeçilmez bir öneme sahiptir.

Hekimhan Taşhan bölgesindeki araştırma alanımızda uçuşun hassasiyeti ve uçuş kamerasının çözünürlüğü göz önünde bulundurularak DJI Phantom 4 PRO RTK serisi ile yapılması planlanmış olup, uçuş ortalama 80 metre yükseklikte gerçekleştirilmiştir. Lazer ile nokta bulutu tarama STONEX X120GO Slam El tipi lazer tarayıcı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ofis çalışmamızda uygulanan proje, çizim olanakları ve yazılımın diğer fonksiyonları dikkate alınarak Agisoft Photoscan Professional ve GOpot yazılımları ile nokta bulutu, ortofoto ve DEM üretim süreçleri gerçekleştirilmiştir.

Özetle bu çalışmaların sonucunda; Agisoft Photoscan Professional ve GOpot x,y,z hatalarına sonuç olarak; yürürlükte olan Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nin (BÖHHBÜY);“Detay Ölçme Doğruluğu” başlıklı 46/1. Maddesinde yer verilen “Detay noktalarının izdüşüm koordinatları ve yükseklikleri,

elektronik takeometri, GNSS, LİDAR veya diğer teknik ve yöntemler kullanılarak; konum doğruluğu ± 7 cm (dahil)'den daha iyi ve Helmert ortometrik yükseklik doğruluğu ± 7 cm (dahil)'den daha iyi olacak şekilde ölçülecektir” hükümleri gereği detay noktalarının ölçülmesinde yeni teknolojik yöntemlerin kullanılmasına olanak sağlamıştır.

Agisoft Photoscan Professional yazılımı ortofoto ve point cloud üretim sürecini 6 saat 11 dakikada, GOPost yazılımı ise 50 dakikada tamamlamıştır. Doğruluklar karşılaştırıldığında, Agisoft Photoscan Professional yazılımı $m_{xy}=\pm 3,11$ cm konum hatası doğruluğu ve $m_z=\pm 3,48$ cm yükseklik hatası elde ederken, GOPost yazılımı $m_{xy}=\pm 2,01$ cm konum hatası ve $m_z=\pm 3,02$ cm hatası elde edilmiştir.

Bu iki yazılımdan elde edilen veriler değerlendirildiğinde, el tipi lazer tarayıcının İHA'ya göre daha kullanışlı ve pratik bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca İHA tarafından çekilen fotoğrafların kullanılmasıyla yapılan fotogrametrik rölöve çalışmalarında, İHA sayesinde ulaşılması en zor noktalara dahi ekonomik ve hızlı bir şekilde ulaşarak 3B modelleme yapılması oldukça kolaylaşmaktadır. Burada da görüldüğü gibi kültürel mirasın İHA ve fotogrametrik tekniklerle ölçümünün doğruluğu kısa sürede tamamlanabilmektedir.

İnsansız Hava Aracı (İHA) verileri ile tarihi ve kültürel mirasın belgeleme ve üç boyutlu modelleme çalışmaları uygun yazılımlar kullanılarak beklentilere cevap vermekte ve yönetmelik hükümlerine uygun doğrulukta veriler elde edilebilmektedir.

KAYNAKLAR

- Acar, A., Atalay, F. B., Say, S., Tunca, E. M., Cetin, M. C., Çalışkan, Ş. N. ve Karakaya, A. F. 2022. Kültürel mirasa yönelik mobil artırılmış gerçeklik uygulaması geliştirilmesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 37, 4, 1931-1944.
- Acar, A., Satoğlu, F. B. A., Say, S., Tunca, M., Çetin, M. C., Çalışkan, Ş. ve Karakaya, F. 2022. Kültürel mirasa yönelik coğrafi konum tabanlı mobil artırılmış gerçeklik teknolojisi uygulaması araştırması ve geliştirilmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 37, 4, 1931-1944.
- Aliefendioğlu, Y. ve Demiralp, S. A., 2022. Sokak sağlıklılaştırma projelerinin gayrimenkul değerine etkisi: Kızılcabamam örneği, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 24, 4, 1338-1358.
- Anaç, M., 2022. HBIM destekli dijital arşiv modeli, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 39, 1, 443-460.
- Arslan, O., 2023. Bir fotogrametrik bilgisayarlı görüş tekniği olarak İHA fotogrametrisi, Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 5, 2, 59-71.
- Aydın, İ., Oso, C., Yaşar, M. ve Polat, N., 2023. Tarihi Kızılkoyun nekropol alanında M54 no. lu kaya mezarının fotogrametri ile 3B modellemesi, Türkiye Fotogrametri Dergisi, 5, 1, 36-42.
- Aydiner, H. M., 2022. Türkiye'de turizm destinasyon pazarlamasında dijital etkinlik kullanımı: Pandemi süreci uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gaziantep.
- Aynur, B., 2023. Afyonkarahisar Arkeoloji Müzesinde bulunan Bizans dönemi kemer tokaları, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Balcı, D., 2022. Kültürel mirasın belgelenmesinde lazer tarayıcıların kullanılması, Türkiye Lidar Dergisi, 4, 1, 27-36.
- Baloğlu, B., 2022. Modern mirasın pencere detaylarının korunmasında Hbim: Ankara Atatürk Bulvarı ve Cumhuriyet Caddesi üzerindeki Erken Cumhuriyet Dönemi kamu yapıları, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Blom, J. D., 2010. Unmanned aerial systems: A historical perspective, Combat Studies Institute Press, Kansas, ABD.
- Boehler, W., Vicent, M. B. ve Marbs, A., 2003. Investigating laser scanner accuracy, The International Archives Of Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences, 34, 5, 696-701.
- Bolkcom, C., 2004. Predator B: The MQ-9 Reaper, Congressional Research Service.

- Cantatore, E., Lasorella, M. ve Fatiguso, F., 2020. Virtual reality to support technical knowledge in cultural heritage: The case study of cryptoporticus in the archaeological site of Egnatia (Italy), *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 44, 465-472.
- Chiabrando, F., Nex, F., Piatti, D. ve Rinaudo, F., 2011. UAV and RPV systems for photogrammetric surveys in archaeological areas: two tests in the Piedmont region (Italy), *Journal of Archaeological Science*, 38, 3, 697-710.
- Chiabrando, F., Spanò, A., Sammartano, G. ve Losè, L. T., 2017. UAV oblique photogrammetry and lidar data acquisition for 3D documentation of the Hercules Fountain, *Virtual Archaeology Review*, 8, 16, 83-96.
- Chow, J. C. K., Lichti, D. D. ve Park, M., 2013. Improvements to 3D sensor accuracy assessment with multi-station adjustment, *Sensors*, 13, 6, 7222-7242.
- Church, A. T., 2020. Tarihi yığma kiliselerde hasarların fotogrametrik ölçme, *Journal of Geomatics*, 5, 1, 51-63.
- Cleere, H., 2020. Introduction: The rationale of archaeological heritage management, 1-19, Cleere, H. (Editör), *Archaeological Heritage Management in the Modern World*, 1. eKitap Baskısı, Routledge, Londra, İngiltere.
- Çakır, S. ve Güngör, B., 2018. İnsansız hava araçları ve lazer tarayıcılar ile arkeolojik alanların belgelenmesi: Türkiye’den örnekler, *Anadolu Arkeoloji ve Sanat Dergisi*, 3, 3, 75-92.
- Çalışır, K., 2021. Tarihi yapıların 3 boyutlu belgelenme sürecinde nokta bulutu yönteminin rolü: Yaylak Ulu Camii örneği, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 6, 3, 212-219.
- Deliry, S. I. ve Avdan, U., 2021. Accuracy of unmanned aerial systems photogrammetry and structure from motion in surveying and mapping: A review, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 49, 8, 1997-2017.
- Demir, E. ve Kaya, M. 2019. El tipi lazer tarayıcıların arkeolojik alanlarda kullanımı ve doğruluk analizi, *Arkeometri Dergisi*, 12, 2, 88-105.
- Di Stefano, F., Chiappini, S., Gorreja, A., Balestra, M. ve Pierdicca, R., 2021. Mobile 3D scan LiDAR: A literature review, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 12, 1, 2387-2429.
- DJI, 2023. Phantom 4 Pro RTK product specifications, URL Adres: <https://www.dji.com/phantom-4-rtk> Erişim tarihi: 01.08.2024.
- Doneus, M. ve Briese, C., 2011. Airborne laser scanning in forested areas–potential and limitations of an archaeological prospection technique, *Remote Sensing for Archaeological Heritage Management*, 3, 59-76.

- Dölek, İ. ve Çevik, A., 2023. Malazgirt savaş alanının tespiti, tarihi ve arkeolojik yüzey araştırması projesi kapsamında Malazgirt ilçesi sınırlarında bulunan kültürel miras eserlerin 3b modellemesi: Bir kültür envanteri çalışması, Kültürel Miras Araştırmaları, 4, 1, 43-48.
- Dörtbudak, E. B., Akça, Ş. ve Polat, N., 2023. Kompleks binaların 3 boyutlu modellenmesinde eğik ve nadir hava fotoğrafları kullanımının karşılaştırılması: GAP YENEV binası örneği, Türkiye Fotogrametri Dergisi, 5, 2, 58-65.
- Döş, M. E. ve Yiğit, A. Y., 2022. Tarihi minberlerin fotogrametri yöntemi ile belgelenmesi, Türkiye Fotogrametri Dergisi, 4, 2, 58-65.
- Dumanlı, Ş., 2024. Kültürel kimlik ve özgünlük algısının yerli turistlerin nostaljik deneyimi ve destinasyon sadakatine etkisi: Birgi örneği, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.
- Eisenbeiß, H., 2009. UAV photogrammetry, Doktora Tezi, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Zürich, İsviçre.
- Eltner, A. ve Sofia, G., 2020. Structure from motion photogrammetric technique, Developments in Earth Surface Processes, 23, 1-24.
- Erbaş, E. ve Tuncel, D., 2022. Kültür varlıklarının sanal ortamda yeniden işlevlendirilmesi: Yerebatan Sarnıcı örneği, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 41, 362-372.
- Ertek, Ş. ve Şahin, M. T., 2021. Sualtı kültür mirası araştırmaları hakkında bibliyometrik bir analiz, IBAD Sosyal Bilimler Dergisi, 11, 77-92.
- Fernández-Hernandez, J., González-Aguilera, D., Rodríguez-Gonzálvez, P. ve Mancera-Taboada, J., 2015. Image-based modelling from unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry: an effective, low-cost tool for archaeological applications, Archaeometry, 57, 1, 128-145.
- Fuchs, S. ve Aschoff, T., 2021. Applications of 3D laser scanning in architecture and civil engineering, Remote Sensing in Civil Engineering, 5, 3, 111-125.
- Gautier, Q. K., Garrison, T. G., Rushton, F., Bouck, N., Lo, E., Tueller, P. ve Kastner, R., 2020. Low-cost 3D scanning systems for cultural heritage documentation, Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development, 10, 4, 437-455.
- Gertler, J., 2012. US unmanned aerial systems, Congressional Research Service, URL Adres: <https://sgp.fas.org/crs/natsec/R42136.pdf> Erişim tarihi: 01.08.2024.
- Gonzalez-Jorge, H., Riveiro, B., Vazquez-Fernandez, E., Martínez-Sánchez, J. ve Arias, P., 2013. Metrological evaluation of microsoft kinect and asus xtion sensors, Measurement, 46, 6, 1800-1806.

- Gündoğdu, E. Ö., 2023. Taşınmaz kültür varlıklarının korunmasında izlenen yöntem, politika ve uygulamaların incelenmesi: Didim örneği, Yüksek Lisans Tezi, Kapadokya Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Araştırma Enstitüsü, Nevşehir.
- Güngör, M., 2022. Yersel lazer tarayıcıların arkeolojik alanlardaki kullanımının incelenmesi, Türkiye Lidar Dergisi, 4, 2, 85-90.
- Habib, A., Shan, J. ve Toth, C., 2009. Accuracy, quality assurance, and quality control of LIDAR data, Topographic Laser Ranging and Scanning: Principles and Proces-sing, 269-94.
- Hobbs, D., 2009. A Century of carrier aviation: The evolution of ships and shipborne aircraft, Naval Institute Press, Annapolis, ABD.
- Ibiş, A. ve Çakici Alp, N., 2024. Augmented reality and wearable technology for cultural heritage preservation, Sustainability, 16, 10, 4007.
- Iheaturu, C. J., Ayodele, E. G. ve Okolie, C. J., 2020. An assessment of the accuracy of structure-from-motion (SfM) photogrammetry for 3D terrain mapping, Geomatics, Landmanagement and Landscape, 2, 65-82.
- Janiszewski, M., Torkan, M., Uotinen, L. ve Rinne, M., 2022. Rapid photogrammetry with a 360-degree camera for tunnel mapping, Remote Sensing, 14, 21, 5494.
- Jiménez-Jiménez, S. I., Ojeda-Bustamante, W., Marcial-Pablo, M. D. J. ve Enciso, J., 2021. Digital terrain models generated with low-cost UAV photogrammetry: Methodology and accuracy, ISPRS International Journal of Geo-Information, 10, 5, 285.
- Kabadayı, A. ve Erdoğan, A., 2022. İHA fotogrametrisi kullanarak kadastrada binaların konum doğruluğunun incelenmesi, Türkiye Fotogrametri Dergisi, 4, 2, 66-72.
- Kabadayı, A. ve Erdoğan, A., 2023. İHA fotogrametrisi kullanarak yozgat çilekçi türbesi'nin 3 boyutlu nokta bulutu ve modelinin üretilmesi, Türkiye Fotogrametri Dergisi, 5, 1, 29-35.
- Kaçarlar, Z., 2023. Küçük objelerin üç boyutlu (3B) modellenmesinde kullanılan teknikler, Türkiye Lidar Dergisi, 5, 1, 8-16.
- Kansa, S. W., Atici, L., Kansa, E. C. ve Meadow, R. H., 2020. Archaeological analysis in the information age: Guidelines for maximizing the reach, comprehensiveness, and longevity of data, Advances in Archaeological Practice, 8, 1, 40-52.
- Kantaros, A., Ganetsos, T. ve Petrescu, F. I. T., 2023. Three-dimensional printing and 3D scanning: Emerging technologies exhibiting high potential in the field of cultural heritage, Applied Sciences, 13, 8, 4777.

- Kara, D. ve Tunç, E., 2022. Arkeolojik araştırmalarda İHA ve lazer tarayıcı teknolojilerinin karşılaştırılmalı analizi, Teknoloji ve Arkeoloji Dergisi, 8, 2, 98-115.
- Karabacak, A. ve Yakar, M., 2022. Giyilebilir mobil LİDAR kullanım alanları ve Cambazlı Kilisesinin 3B modellemesi, Türkiye Lidar Dergisi, 4, 2, 37-52.
- Kaya, A., 2022. Âşık Günay Yıldız'ın Avcı Mustafa İle Şahnizer Sultan Hikâyesinin arketipsel sembolizm bağlamında değeriendirilmesi, Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergi, 56, 185-197.
- Kendir, H., 2020. Mimari restorasyonda taşıma yönteminin irdelenmesi (İstanbul örneği), Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Kersten, T. P., Mechelke, K. ve Lindstaedt, M., 2009. 3D acquisition of large structures with a hand-held mobile laser scanning system, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 38, 103-108.
- Keskin, Y. ve Zeren, M. T., 2022. Arkeolojik alanlarda mimari düzenlemelerin ve sunum tekniklerinin Türkiye'deki örnekler üzerinden karşılaştırılmalı değeriendirilmesi, Artium, 10, 1, 21-35.
- Koçyiğit, F. U., 2020. Arkeolojik alanlarda insansız hava aracı (İha) kullanarak coğrafi bilgi sistemi (Cbs) için veri tabanı oluşturma: Anemurium Antik Kent örneği, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Bayram, Ö. F ve Akgün, A., 2023. Atıl bir misyoner koleji yerleşkesi: Talas Amerikan okulu için yeniden kullanım önerisi, 175-197, Büyükmihçı ve Kaderli, Mimarlık: Geçmişten Modernizme, Livre de Lyon, Lyon, Fransa.
- Korro Bañuelos, J., Rodríguez Miranda, Á., Valle-Melón, J. M., Zornoza-Indart, A., Castellano-Román, M., Angulo-Fornos, R. ve Ferreira-Lopes, P., 2021. The role of information management for the sustainable conservation of cultural heritage, Sustainability, 13, 8, 4325.
- Korumaz, S. A. G. ve Kubiloğlu, B., 2021, Evaluations on the use of 3d terrestrial laser scanning technology in architectural conservation projects, International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism-ICCAUA, Antalya, 1, 554-565,
- Kovanič, Ľ., Blistan, P., Rozložník, M. ve Szabo, G., 2021. UAS RTK/PPK photogrammetry as a tool for mapping the urbanized landscape, creating thematic maps, situation plans and DEM, Acta Montanistica Slovaca, 26, 4.
- Kum, Ö., 2022. Kültürel mirasın fotogrametrik yöntemle 3D modellenmesi: Tokat yazma kalıbı örneği, Türkiye Bilimsel Araştırmalar Dergisi, 7, 1, 237-252.

- Lambers, K., Eisenbeiss, H., Sauerbier, M., Kupferschmidt, D., Gaisecker, T., Sotoodeh, S. ve Hanusch, T., 2007. Combining photogrammetry and laser scanning for the recording and modelling of the Late Intermediate Period site of Pinchango Alto, Palpa, Peru, *Journal of Archaeological Science*, 34, 10, 1702-1712.
- Lavigne, D., Marion, P. ve Samyn, K., 2012. Laser scanning in underground mining: An overview, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 50, 60-70.
- Leica, G., 2020. Crime scene documentation: Preserving the evidence and the growing role of 3D laser scanning, CRC Press, Florida, ABD.
- Lerma, J. L., Navarro, S., Cabrelles, M. ve Villaverde, V., 2010. Terrestrial laser scanning and close range photogrammetry for 3D archaeological documentation: the Upper Palaeolithic Cave of Parpalló as a case study, *Journal of Archaeological Science*, 37, 3, 499-507.
- Liu, J., Xu, W., Guo, B., Zhou, G. ve Zhu, H., 2021. Accurate mapping method for UAV photogrammetry without ground control points in the map projection frame, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 59, 11, 9673-9681.
- Lozić, E. ve Štular, B., 2021. Documentation of archaeology-specific workflow for airborne LiDAR data processing, *Geosciences*, 11, 1, 26.
- Makineci, H. B., 2020. İnsansız hava aracı ile fotogrametrik temelli görüntü alımı ve uçuş optimizasyonu, Doktora Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Marín-Buzón, C., Pérez-Romero, A. M., León-Bonillo, M. J., Martínez-Álvarez, R., Mejías-García, J. C. ve Manzano-Agugliaro, F., 2021. Photogrammetry (SfM) vs. terrestrial laser scanning (TLS) for archaeological excavations: Mosaic of Cantillana (Spain) as a case study, *Applied Sciences*, 11, 24, 11994.
- Marín-Buzón, C., Pérez-Romero, A., López-Castro, J. L., Ben Jerbania, I. ve Manzano-Agugliaro, F., 2021. Photogrammetry as a new scientific tool in archaeology: Worldwide research trends, *Sustainability*, 13, 9, 5319.
- McCarthy, J., 2014. Multi-image photogrammetry as a practical tool for cultural heritage survey and community engagement, *Journal of Archaeological Science*, 43, 175-185.
- McCarthy, J., 2019. The use of terrestrial laser scanning in archaeological recording, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 25, 85-94.
- Mekonnen, H., Bires, Z. ve Berhanu, K., 2022. Practices and challenges of cultural heritage conservation in historical and religious heritage sites: evidence from North Shoa Zone, Amhara Region, Ethiopia, *Heritage Science*, 10, 1, 172.

- Newcome, L. R., 2004. Unmanned aviation: a brief history of unmanned aerial vehicles, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Virginia, ABD.
- Nex, F. ve Remondino, F., 2014. UAV for 3D mapping applications: a review, *Applied Geomatics*, 6, 1-15.
- Oruç, M. E. ve Ulvi, A., 2023. Maden sahalarındaki deformasyonların İHA'lar ile izlenmesi, *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5, 2, 43-57.
- Otero, J., 2022. Heritage conservation future: Where we stand, challenges ahead, and a paradigm shift, *Global Challenges*, 6, 1, 2100084.
- Ozorhon, G., 2024. Mimarlık eğitiminde geleneksel mimarlık bilgisi, *NEU Journal of Faculty of Architecture*, 6-1.
- Önlüel, K., 2023. İnsansız hava aracı (İHA) fotogrametrisi kullanarak Köyceğiz kampüsünün zamansal analizi, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Özbilen, S., 2023. Kâğıtsız bir arkeolojiye doğru, TÜBA-KED Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi, 28, 105-128.
- Özden, S., 2022. Yersel lazer tarama teknolojilerinin mimarlık eğitiminde yeniden işlevlendirme üzerinden incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özdoğan, M., 2016. Türkiye arkeolojisine tarihsel süreç içinde bir bakış, 29-46, Yalçın, Ü., Pulak, C. ve Slotta R. (Editörler), *Uluburun Gemisi. 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti*, Ege Yayınları, İstanbul.
- Özgün, A., 2020. İHA ile arkeolojik alanların belgelenmesi ve 3B modelleme, *Mimarlık ve Kent Araştırmaları Dergisi*, 7, 1, 45-60.
- Özlu, B., 2024. Kültürel miras turizm potansiyelinin bölgesel gelişmeye katkısında algı araştırması: Gaziantep örneği, Doktora Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Özsoy, E. E. ve Aksoy, T., 2021. Risk altındaki arkeolojik alanların belgelenmesinde fotogrametri ile uzaktan algılama entegrasyonu: İstanbul kara surları örnekleme, *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies*, 4, 2, 80-101.
- Pehlivan, G. F., Baldıran, A. ve Pehlivan, E., 2022. Kültürel mirasın belgelenmesinde farklı tekniklerin karşılaştırılması: İasos Bouleuterionu örneği, *GRID-Mimarlık Planlama ve Tasarım Dergisi*, 5, 1, 53-71.
- Pekkan, Z., 2019. Havacılık tarihinde insansız hava araçları ve Türkiye'deki gelişimi, *Savunma Bilimleri Dergisi*, 18, 1, 143-168.

- Perçin, İ., Çoban, V., Demirtaş, E. ve Perçin, C., 2023. Müze ile eğitim yoluyla ortaokul öğrencilerinde kültürel miras bilinci oluşturma, Uluslararası Akademik Birikim Dergisi, 6, 5.
- Rebec, K. M., Deanovič, B. ve Oostwegel, L., 2022. Old buildings need new ideas: Holistic integration of conservation-restoration process data using heritage building information modelling, Journal of Cultural Heritage, 55, 30-42.
- Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F. C., Scaioni, M. ve Sarazzi, D., 2011. UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling: Current status and future perspectives, International Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics, Zürich, İsviçre, Proceedings of International Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics (UAV-g), 25-31
- Remondino, F., Del Pizzo, S., Kersten, T. P. ve Troisi, S., 2012. Low-cost and open-source solutions for automated image orientation—A critical overview, Progress in Cultural Heritage Preservation: 4th International Conference, Limassol, Güney Kıbrıs Rum Kesimi, Proceedings 4, 40-54.
- Remondino, F., Spera, M. G., Nocerino, E., Menna, F. ve Nex, F., 2014. State of the art in high density image matching, The Photogrammetric Record, 29, 146, 144-166.
- Renfrew, C. ve Bahn, P. G., 2007. Archaeology essentials: Theories, methods, and practice, Thames & Hudson Inc., New York, ABD.
- Reshetyuk, Y., 2009. Terrestrial laser scanning: Error sources, self-calibration and direct georeferencing, Doktora Tezi, Royal Institute of Technology, Department of Transport and Economic, Stockholm, İsveç.
- Ruşid, F., 2022. Üsküp Türklerinin somut olmayan kültürel mirası, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.
- Sánchez-Aparicio, L. J., Masciotta, M. G., Garcia-Alvarez, J., Ramos, L. F., Oliveira, D. V., Martín-Jiménez, J. A. ve Monteiro, P., 2020. Web-GIS approach to preventive conservation of heritage buildings, Automation in Construction, 118, 103304.
- Sánchez-Aparicio, L. J., Mora, R., Conde, B., Maté-González, M. Á., Sánchez-Aparicio, M. ve González-Aguilera, D., 2021. Integration of a wearable mobile mapping solution and advance numerical simulations for the structural analysis of historical constructions: A case of study in San Pedro Church (Palencia, Spain), Remote Sensing, 13, 7, 1252.
- Sapirstein, P., 2016. Accurate measurement with photogrammetry at large sites, Journal of Archaeological Science, 66, 137-145.
- Schmitt, R. H. ve Knox, D. A., 2022. The application of laser scanning in the automotive industry, Journal of Manufacturing Processes, 67, 302-315.

- Shan, J. ve Toth, C. K., 2018. Topographic laser ranging and scanning: principles and processing, İkinci Baskı, CRC press, Florida, ABD.
- Shukina, O., Muborakov, K., Ruziev, A., Yakubov, G. ve Ergashev, M., 2022. Using digital photogrammetry to create large-scale topographic maps and plans in Uzbekistan, International Journal of Geoinformatics, 18, 1, 37-42.
- Smith, C., 2012. The past in the present: Archaeological approaches to cultural heritage, Routledge.
- Solla, M., Gonçalves, L. M., Gonçalves, G., Francisco, C., Puente, I., Providência, P. ve Rodrigues, H., 2020. A building information modeling approach to integrate geomatic data for the documentation and preservation of cultural heritage, Remote Sensing, 12, 24, 4028.
- Soylu, B. Ç., 2023. Ziyaretçi motivasyonu, soküm algısı, deneyim ve sadakat ilişkisi: Deve güreşleri örneği, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.
- Sürmeli, C., 2021. Dairesel mesafe ölçme sistemleri kullanılarak sensör geliştirilmesi Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Şenol, H. İ. ve Orman, E., 2022. Diyarbakır Mardin Kapı'nın yersel fotogrametri yöntemiyle 3B belgelenmesi, Türkiye Fotogrametri Dergisi, 4, 1, 1-6.
- Tanrıvermiş, Y. ve Demiralp, S. A., 2022. Sokak sağlıklılaştırma projelerinin gayrimenkul değerine etkisi: Kızılcahamam örneği, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 24-4.
- Trimble, S., 2013. How the Kettering Bug changed warfare, Flight Global.
- Tutu, E. R., 2023. kimlik inşasında tarihsel travmalar, Lapseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi, 4, 8, 28-39.
- Ulutaş, N., 2022. Yersel lazer tarama verisinin mimari vektörel çizimlerdeki kullanılabilirliği ve mimari belgelemeye katkısı, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Ulvi, A. ve Yiğit, A. Y., 2022. Comparison of the wearable mobile laser scanner (WMLS) with other point cloud data collection methods in cultural heritage: A case study of diokaisareia, ACM Journal on Computing and Cultural Heritage, 15, 4, 1-19.
- Ulvi, A., Yiğit, A. Y., Çelik, M. Ö. ve Alptekin, A., 2021. Detection of existing infrastructure lines with wearable laser scanners and making infrastructure map: a case of Mersin University, Mersin Photogrammetry Journal, 3, 2, 61-68.

- Ünel, F. B., Kuşak, L., Çelik, M., Alptekin, A. ve Yakar, M., 2020. Kıyı çizgisinin belirlenerek mülkiyet durumunun incelenmesi, Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi, 2, 1, 33-40.
- Ünver, S. ve Ulvi, A., 2022. 360 derece panoramik sanal tur uygulaması Mersin Üniversitesi Çiftlikköy Yerleşkesi örneği, Türkiye Fotogrametri Dergisi, 4, 2, 73-83.
- Varol, F. ve Öksüz, M., 2024. Use of advanced measurement and reality technologies in cultural heritage sites from the perspective of technology and tourism, Current Issues in Tourism, 1-19.
- Xiang, H. ve Tian, L., 2011. Development of a low-cost agricultural remote sensing system based on an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV), Biosystems Engineering, 108, 2, 174-190.
- Yıldırım Demir, P. ve Yaman, A., 2024. Hasas Baba Türbesi'nin fotogrametrik rölöve alımı ve farklı yazılımlarda doğruluk araştırması, Fırat University Journal of Engineering Science, 36-1.
- Yıldırım Demir, P., 2023. Hasas Baba Türbesi'nin fotogrametrik rölöve alımı ve farklı yazılımlarda doğruluk araştırması, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Yıldırım, E. C., 2023. G-20 ülkelerinin ekonomik inovasyon performanslarının CRITIC Temelli WASPAS ve Gri İlişkisel Analiz yöntemleriyle karşılaştırılmalı analizi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aksaray.
- Yıldırım, H. ve Aksu, T., 2021. Arkeolojik kazı alanlarının belgelenmesinde İHA ve lazer tarayıcı kullanımı: Efes Antik Kenti örneği, Tarih ve Arkeoloji Dergisi, 5, 4, 134-150.
- Yıldırım, M., 2022. Kültürel mirasın aktarımında illüstrasyon sanatının önemi ve minyatür sanatıyla karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Yiğit, A. Y. ve Ulvi, A., 2020. İHA fotogrametrisi tekniği kullanarak 3B model oluşturma: Yakutiye Medresesi Örneği, Türkiye Fotogrametri Dergisi, 2, 2, 46-54.
- Yiğit, A. Y., Ali, U. L. V. İ. ve Varol, F., 2020. Artırılmış gerçeklik uygulaması ile kültürel mirasın 3 boyutlu belgelenmesi: Özbekistan Chashma-Ayub Türbesi örneği, Journal of Tourism & Gastronomy Studies, 8, 4, 3155-3172.
- Yoldaş Sezgin, S., 2024. Konum tabanlı artırılmış gerçeklik uygulamalarında arayüz tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Işık Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

Yu, J., Jiang, X., Xu, F., Chen, H., Wu, W., Qiu, R. ve Wu, G., 2024. Research on the reconstruction method of old houses in Mindong, Republic of China, based on a wearable mobile scanning system, Buildings, 14, 6, 1766.

Zanutta, A., Lambertini, A. ve Vittuari, L., 2020. UAV photogrammetry and ground surveys as a mapping tool for quickly monitoring shoreline and beach changes, Journal of Marine Science and Engineering, 8, 1, 52.

Zeybek, M. ve Kaya, A., 2020. Tarihi yığma kiliselerde hasarların fotogrametrik ölçme tekniğiyle incelenmesi: Artvin Tbeti Kilisesi örneği, Geomatik, 5, 1, 47-57.

URL-1 <<https://ataymuhendislik.com/blog/fotogrametri-nedir/>>, Erişim tarihi: 01.08.2024.

URL-2 <<https://yorunge3d.wordpress.com/3d-lazer-yersel-tarama/>>, Erişim tarihi: 01.08.2024.

URL-3 <<https://www.geo-spektr.ru/lazernye-skanery/LiBackpack-C50.html>>, Erişim tarihi: 01.08.2024.

URL-4 <<https://paksoytekniik.com.tr/lazer-tarama/>>, Erişim tarihi: 01.08.2024.

URL-5 <<https://www.aa.com.tr/tr/kultur/bursadaki-tarihi-eserler-olasi-depreme-karsi-lazer-tarama-cihazlariyla-modelleniyor/2856562>>, Erişim tarihi: 01.08.2024.

URL-6 <<https://avdesodrone.com/dronlarin-ve-model-ucaklarin-tarihi/>>, Erişim tarihi: 01.08.2024.

URL-7 <<http://www.malatya.gov.tr/hekimhan>>, Erişim tarihi: 01.08.2024.

URL-8 <<https://islamansiklopedisi.org.tr/hekim-hani>>, Erişim tarihi: 01.08.2024.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Hüseyin ÇATAL

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Erciyes Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 2008-2013

Yüksek Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Taşınmaz Değerleme ve Geliştirme(Tezsiz Yüksek Lisans), 2018-2019

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, 2020-2024

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. ERCİYES HARİTA (STAJYER), Harita Mühendisi, 2013
2. DÖNENCE HARİTA, Harita Mühendisi, 2014
3. HİSARCIK YAPI DENETİ, Harita Mühendisi, 2014
4. PRONORM YAPI DENETİM, Harita Mühendisi, 2014
5. PROBETON YAPI DENETİM, Harita Mühendisi, 2014
6. TALAS ATATÜRK ENDÜSTRİ MESLEK LİSESİ, Harita Mühendisi, 2014
7. ALKAN MÜHENDİSLİK, Harita Mühendisi, 2015
8. MALATYA KULUNCAK BELEDİYE BAŞKANLIĞI FEN İŞLERİ MÜDÜRLÜĞÜ, Harita Mühendisi, 2015-Halen

KURS VE SERTİFİKALAR

1. ERCİYES ÜNİVERSİTESİ YABANCI DİLLER YÜKSEKOKULU İNGİLİZCE SERTİFİKASI, 2010
2. TİCARİ İHA PİLOTU SERTİFİKASI (İHA 0 VE İHA 1 EHLİYETİ)
3. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ UZMANLIĞI, 2014
4. KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ PEDAGOJİK FORMASYON EĞİTİMİ SERTİFİKASI, 2015

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Kongrelerde Sunulan Bildiriler

1. Çatal, H. ve Yaman, A., 2024. Documentation and accuracy assessment of archaeological sites using UAV and handheld laser scanner: Example of Ankara Roman bath and the ancient city, International Congress of Engineering and Natural Sciences Studies, Ankara, Abstracts Booklet, 221.