



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

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**HASAS BABA TÜRBEŞİ'NİN FOTOGRAMETRİK RÖLÖVE ALIMI VE
FARKLI YAZILIMLARDA DOĞRULUK ARAŞTIRMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Pelinsu YILDIRIM DEMİR

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Aydan YAMAN

AKSARAY, 2023

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 202306003 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Pelinsu YILDIRIM DEMİR tarafından hazırlanan “**HASAS BABA TÜRBEŞİ'NİN FOTOGRAMETRİK RÖLÖVE ALIMI VE FARKLI YAZILIMLARDA DOĞRULUK ARAŞTIRMASI**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU 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/onaylamıyorum.....

Üye: Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ

Aksaray Üniversitesi

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

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Lutfiye KARASAKA

Konya Teknik Üniversitesi

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

Tez Savunma Tarihi:/...../.....

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

.....

Doç. Dr.
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 orijinalliğini 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.

Pelinsu YILDIRIM DEMİR

TEŞEKKÜR

“Hasas Baba Türbesinin Fotogrametrik Rölöve Alımı ve Farklı Yazılımlarda Doğruluk Araştırması” konulu çalışmam sırasında tez danışmanlığımı üstlenerek büyük bir sabır ve hoş görü ile bana sürekli destek olan, tecrübeleri ile yol gösteren çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Aydan YAMAN’a çok teşekkür ederim.

Hayatımın her anında olduğu gibi tezimle ilgili yaptığım çalışmalar boyunca da maddi manevi her türlü desteği veren, yoluma ışık tutan çok kıymetli abim Dr. Ulaş Can YILDIRIM’a çok teşekkür ederim.

Emeklerini üzerimden eksik etmeyen sevgili anne ve babama, her zaman yanımda olan ve destek veren sevgili kız kardeşim Sıla YILDIRIM’a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında desteklerini esirgemeyen, karşılaştığım tüm zorluklarda yanımda olan çok değerli meslektaşım Ali Rıza KOCAĞA’ya teşekkürlerimi sunarım.

Tezimle ilgili yapmış olduğum saha çalışmaları sırasında desteklerini esirgemeyen Yüksek Harita Mühendisi Ömer BOZDOĞAN’a çok teşekkür ederim.

Hayatımın her alanında olduğu gibi tez çalışmam boyunca da sürekli yanımda olan, büyük bir özveri ile elinden gelen her türlü desteği sunan yol arkadaşım, sevgili eşim Oğuz DEMİR’e ve onu yetiştiren diğer aileme destekleri için sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez çalışmamı çok kıymetli, canım anneme ithaf ediyorum.

Pelinsu YILDIRIM DEMİR

AKSARAY, 2023

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
3. KÜLTÜREL MİRASIN KORUNMASI VE DÖKÜMANTASYONU	10
3.1 Dokümantasyonun Önemi.....	10
3.2 Dokümantasyon Teknikleri.....	11
3.3 Kültürel Mirasın Dokümantasyonunda Harita Mühendisinin Önemi.....	11
3.4 Kültürel Mirasın Fotogrametrik Yöntemler ile 3B Modellenmesi	11
4. GENEL KAVRAMLAR.....	13
4.1 Fotogrametri.....	13
4.1.1 Yersel fotogrametri	13
4.1.2 Hava fotogrametrisi.....	14
4.1.3 Ortofoto haritalar.....	15
4.2 Hava Fotogrametrisinde Kullanılan Yöntemler	15
4.2.1 İHA fotogrametrisi	16
4.2.1.1 İHA'ların tarihçesi ve çeşitleri.....	17
4.2.1.2 İHA fotogrametrisinin uygulama alanları.....	20
4.2.1.3 İHA fotogrametrisinin avantajları ve dezavantajları.....	21
5. UYGULAMA.....	23
5.1 Uygulama Yeri Hakkında Genel Bilgiler.....	23
5.2 Arazi Uygulaması.....	28
5.3 Büro Çalışması	35
5.3.1 Agisoft Metashape Professional yazılımı ile 3B model üretilmesi.....	36
5.3.2 Pix4D Mapper yazılımı ile 3B model üretilmesi	41
5.3.3 Context Capture yazılımı ile 3B model üretilmesi.....	47
6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	50
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	54
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ.....	60

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HASAS BABA TÜRBESİ'NİN FOTOGRAMETRİK RÖLÖVE ALIMI VE FARKLI YAZILIMLARDA DOĞRULUK ARAŞTIRMASI

Pelinsu YILDIRIM DEMİR

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Aydan YAMAN

ÖZET

Fotogrametrik rölöve çalışmaları kültürel mirasımızın dokümantasyon işlemlerinde yıllardır kullanılmaktadır. Son zamanlarda gelişen teknoloji sayesinde fotogrametrik çalışmalar sürekli yenileniyor ve gelişen teknoloji ile birlikte fotogrametride sürekli canlı kalan bir alan olarak kendisini göstermektedir. İHA (İnsansız Hava Aracı) fotogrametrisi de özellikle son yıllarda oldukça tercih edilen bir fotogrametri tekniği olarak kendisine yer edinmiştir.

Bu çalışmada, Aksaray il merkezinde bulunan, hakkında yazılı bir kitabe olmadığından dolayı tam olarak tarihi bilinmeyen ancak mimari özellikleri göz önüne alındığında Anadolu Selçuklu Devleti'nin son zamanlarında ya da Karamanoğulları zamanında inşa edildiği düşünülen Hasas Baba Türbesi, İHA uçuş verileri ve üç farklı fotogrametrik yazılım kullanılarak 3B modellenmiştir. Fotogrametrik tekniklerle 3B modelleme yapılan bu çalışmada Agisoft Metashape Professional yazılımında konum hatasının $m_{xy}=\pm 3.39$ cm, yükseklik hatasının $m_z=\pm 3.04$ cm olduğu, Pix4D Mapper yazılımında konum hatasının $m_{xy}=\pm 3.66$ cm, yükseklik hatasının $m_z=\pm 3.24$ cm olduğu, Context Capture yazılımında konum hatasının $m_{xy}=\pm 3.42$ cm, yükseklik hatasının $m_z=\pm 3.28$ cm olduğu hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre Agisoft Metashape Professional, Pix4D Mapper ve Context Capture yazılımlarından elde edilen konum ve yükseklik hassasiyetlerinin BÖHHBÜY'e göre kabul edilebilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

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

Nisan, 2023; 60 sayfa

M.Sc. THESIS

PHOTOGRAMMETRIC SURVEY OF THE HASAS BABA TOMB AND ACCURACY RESEARCH IN DIFFERENT SOFTWARE

Pelinsu YILDIRIM DEMİR

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

Supervisor: Assistant Professor Aydan YAMAN

ABSTRACT

Photogrammetric surveys have been used for years in the documentation of our cultural heritage. Photogrammetric studies are constantly being renewed thanks to the technology that has developed recently, and the branch of photogrammetry is frequently preferred in such studies. UAV (Unmanned Aerial Vehicle) photogrammetry has also gained a place as a highly preferred photogrammetry technique especially in recent years.

In this study, Hasas Baba Tomb, which is located in Aksaray province center and whose exact date is unknown due to the lack of a written inscription, but which is thought to have been built in the late Anatolian Seljuk Empire or during the Karamanoğulları period considering its architectural features, was 3D modeled using UAV flight data and three different photogrammetric software. In this study where 3D modeling was performed with photogrammetric techniques, it was calculated that the position error was $m_{xy}=\pm 3.39$ cm and the height error was $m_z=\pm 3.04$ cm in Agisoft Metashape Professional software, the position error was $m_{xy}=\pm 3.66$ cm and the height error was $m_z=\pm 3.24$ cm in Pix4D Mapper software, and the position error was $m_{xy}=\pm 3.42$ cm and the height error was $m_z=\pm 3.28$ cm in Context Capture software. According to these results, it was concluded that the position and height accuracies obtained from Agisoft Metashape Professional, Pix4D Mapper and Context Capture software are acceptable according to BÖHMBÜY.

Keywords: BÖHMBÜY, Photogrammetry, 3D Model, Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Hasas Baba Tomb.

April, 2023; 60 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Roketten çekilen ilk fotoğraf .	19
Şekil 4.2. Balondan çekilen ilk fotoğraf .	19
Şekil 5.2. Aksaray Hasas Baba Türbesinin Türkiye haritası üzerindeki yeri	24
Şekil 5.3. Aksaray Hasas Baba Türbesi 1950’li yıllar.	25
Şekil 5.4. Aksaray Hasas Baba Türbesi restorasyon öncesi görüntüsü.	25
Şekil 5.5. Aksaray Hasas Baba Türbesi restorasyon sonrası genel görüntüsü - 1.	26
Şekil 5.7. Aksaray Hasas Baba Türbesi planı.	27
Şekil 5.8. Aksaray Hasas Baba Türbesi planı.	27
Şekil 5.9. Aksaray Hasas Baba Türbesi kesiti.	28
Şekil 5.10. E-Survey E600 IMU GNSS alıcısı	29
Şekil 5.11. P8II kontrol ünitesi	30
Şekil 5.12. Topcon GPT-3500	32
Şekil 5.13. İHA DJI Air 2S	32
Şekil 5.14. İHA DJI Air 2S kontrol ünitesi.	33
Şekil 5.15. Aksaray Hasas Baba Türbesi İHA görüntüsü-1.	34
Şekil 5.16. Aksaray Hasas Baba Türbesi İHA görüntüsü-2.	35
Şekil 5.17. Aksaray Hasas Baba Türbesi İHA görüntüsü-3.	35
Şekil 5.18. Agisoft Metashape Professional yazılımında YKN’lerin yazılıma tanıtılması.	37
Şekil 5.19. Agisoft Metashape Professional yazılımında tiepoint toplama işlemi	37
Şekil 5.20. Agisoft Metashape Professional yazılımında sık nokta bulutu oluşturma işlemi.	38
Şekil 5.21. Agisoft Metashape Professional yazılımında nokta yoğunluğu görüntüsü	38
Şekil 5.22. Agisoft Metashape Professional yazılımında oluşturulan mesh model...	39
Şekil 5.23. Agisoft Metashape Professional yazılımında doku giydirilmiş 3B model (a)	39
Şekil 5.24. Agisoft Metashape Professional yazılımında doku giydirilmiş 3B model (b)	40
Şekil 5.25. Agisoft Metashape Professional yazılımında ortofoto görüntüsü	40
Şekil 5.26. Pix4D Mapper yazılımında oluşturulan seyrek nokta bulutu görüntüsü .	42
Şekil 5.27. Pix4D Mapper yazılımında oluşturulan sık nokta bulutu	43
Şekil 5.28. Pix4D Mapper yazılımında oluşturulan mesh görüntü.	43
Şekil 5.29. Pix4D Mapper yazılımı ile oluşturulan doku giydirilmiş 3B model (ön cephe)	44
Şekil 5.30. Pix4D Mapper yazılımı ile oluşturulan doku giydirilmiş 3B model (arka cephe)	44
Şekil 5.31. Pix4D Mapper yazılımında oluşturulan ortofoto görüntüsü	45
Şekil 5.32. Pix4D Mapper yazılımı ile üretilen ortofoto Google Earth üzerine işlenmiş hali	45
Şekil 5.33. Pix4D Mapper yazılımında oluşturulan yükseklik tematik harita	46
Şekil 5.34. Context Capture yazılımında seyrek nokta bulutu	47
Şekil 5.35. Context Capture yazılımında 3B mesh model görüntüsü	48
Şekil 5.36. Context Capture yazılımında giydirilmiş 3B model görüntüsü (ön cephe)	48
Şekil 5.37. Context Capture yazılımında giydirilmiş 3B model görüntüsü (arka cephe)	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1. E-Survey E600 IMU GNSS alıcısı teknik özellikleri.....	29
Çizelge 5.2. P8II kontrol ünitesine ait teknik özellikler.....	31
Çizelge 5.3. DJI Air 2S markalı İHA'ya ait teknik özellikler.....	33
Çizelge 5.4. YKN ve detay noktalarının arazi ve 3B model koordinatları (Agisoft)...	41
Çizelge 5.5. YKN ve detay noktalarının arazi ve 3B model koordinatları (Pix4D)...	46
Çizelge 5.6. YKN ve detay noktalarının arazi ve 3B model koordinatları (Context)..	49
Çizelge 6.1. Agisoft Metashape yazılımına göre hata değerleri	50
Çizelge 6.2. Pix4D Mapper yazılımına göre hata değerleri	51
Çizelge 6.3. Context Capter yazılımına göre hata değerleri	51
Çizelge 6.4. Karesel ortalama hata değerleri	52
Çizelge 6.5. Arazide ölçülen bazı cepheler ile 3B modellerden alınan cephe ölçüleri	53



SİMGELER VE KISALTMALAR

BÖHHBÜY	Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
GNSS	Küresel Navigasyon Uydu Sistemi
GPS	Küresel Konumlama Sistemi
İHA	İnsansız Hava Aracı
LİDAR	Işık Algılama ve Mesafe Değiştirme
SfM	Hareket ile Nesne Oluşturma
YKN	Yer Kontrol Noktası
YÖA	Yer Örneklem Aralığı
2B	2 Boyutlu
3B	3 Boyutlu



1. GİRİŞ

Kültürel miras geçmişten geleceğe bağ kuran, toplumları ve insanları birbirine bağlayan önemli bir hazinedir. Her toplum dünya üzerinde izler bıraktığından aynı zamanda evrensel bir ortak mirastır. Bu yüzden korunması ve belgelenmesi oldukça önemlidir (Öztemiz, 2017). Geçmişten günümüze ülkemiz konumu sebebiyle pek çok medeniyete ev sahipliği yapmıştır. Ülkemizin coğrafyasında varlık gösteren her medeniyet kendi kültürünü yansıtan başta mimari olmak üzere farklı alanlarda eserler ortaya çıkarmıştır. Bu eserlerin büyük bir bölümü günümüze kadar ulaşmayı başarmış ve pek çok özelliğini koruyarak sağlam kalmıştır. Zaman içerisinde bu kültürel mirasların korunması giderek daha zor hale gelmiş ve yeni koruma yöntemlerine duyulan ihtiyacı gözler önüne sermiştir. Fotogrametri bilimi bu ihtiyaca cevap veren bilim dallarından biri olmuştur. Zaman içerisinde teknolojinin de gelişmesiyle fotogrametri biliminin sunduğu yöntem ve çözümler de gelişim göstermiştir. Bu bağlamda kültürel miraslar için fotogrametrik rölöve çalışmaları diğer yöntemlere göre daha çok ön plana çıkmaktadır.

Fotogrametrik rölöve, bir nesnenin geometrisi, dokusu, rengi gibi verileri 3B olarak toplayarak çeşitli yazılımlar yardımıyla dijital görüntüleri oluşturup 3B bir modelin üretilmesi tekniği ve sanatıdır. Gelişen teknoloji ile birlikte fotogrametri alanında birçok değişim ve gelişim yaşanmıştır. Özellikle günümüzde fotogrametri biliminde ön plana çıkan insansız hava araçları (İHA) ile veri toplanması, kültürel mirasların 3B modelinin üretilmesi noktasında uygulayıcılara hızlı ve ekonomik kolaylıklar sağlamaktadır (Sucu, 2019).

İHA (insansız hava aracı) uzaktan pilotaj ile komuta-kontrol edilen bir entegre sistemdir. Özellikle kültürel mirasın dijital olarak arşivlenmesi ve sonraki nesillere korunarak aktarılması hususunda ön plana çıkan fotogrametrik rölöve çalışmalarında İHA sık kullanılan bir yöntemdir.

Haritacılık çalışmaları kapsamında geleneksel fotogrametri tekniği ile İHA tekniğinin görsel ve sayısal olarak karşılaştırıldığı birçok çalışma yapılmıştır. Bu karşılaştırmalar genel olarak: Sayısal yüzey model karşılaştırması, sayısal yüzey modeli üzerine giydirilmiş görüntülerin karşılaştırılması ve yer kontrol noktalarının doğruluk

karşılaştırmasıdır. Bu karşılaştırmalardan elde edilen bulgular şu şekildedir. Doğruluk açısından fotogrametrik harita üretiminde büyük alanlar söz konusu olduğunda geleneksel fotogrametrik yöntemin avantajlı olduğu, küçük alanlarda ise İHA'lar ile üretilen haritaların avantajlı olduğu görülmüştür.

Fotogrametrik rölöve çalışmaları genellikle büyük bir alan gerektirmediğinden İHA'ların bu alanda kullanılması avantajlıdır. 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. Fotogrametrik rölöve çalışmalarında yersel fotogrametri yöntemi de oldukça sık kullanılmaktadır. Yersel fotogrametri tekniğinin sunduğu birçok avantajın yanında bu tekniğin bazı eserlerde eksik kaldığı bilinmektedir. Özellikle yer merkezli çekilen fotoğraflarda bina çatılarından doğru veriler alınamaması ve istenilen hassasiyete ulaşılamaması sorunu İHA'ların havadan çektiği fotoğraflar kullanılarak çözülebilmektedir.

Gelişen teknoloji ile birlikte tarihi yapılar, arkeolojik alanlar gibi önemli yapı, anıt veya alanlara duyulan merak artmakta ve bunları koruyabilmek için önemli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarla birlikte elde edilen en önemli bulgulardan biri de kültürel eserlerin belgelenmesidir. Tarihi eserlerin belgelenmesi ve dijital olarak arşivlenebilmesi için uzun zamandır farklı birçok teknik denenmiştir. Şimdiye dek kullanılan yöntemlerden hiçbiri fotoğraf çekmekten daha pratik çözümler sunamamıştır (Kaya vd., 2021).

İHA fotogrametrisi bir hava aracı platform olarak kullanılarak havadan çekilen fotoğrafların kullanılarak uygulanan bir fotogrametri sürecidir. Teknolojinin de hızla gelişmesi ile fotogrametri tarihi eserlerin 3B modellenmesinde son yıllarda çok sık kullanılan bir yöntem olmuştur (Yiğit ve Ulvi, 2020).

İHA fotogrametrisi bir hava aracını platform olarak kullanan kameralardan alınan fotoğrafların değerlendirilmesiyle sonuçlanan bir fotogrametri sürecidir (Şenol vd., 2021).

Bu süreçte 3B modellemesi üretilecek bir eserin çalışmalarında başarı sağlanabilmesi için doğru konumdan yeterli fotoğraf çekilmesi gerekmektedir (Uslu ve Uysal, 2017).

İnsansız hava araçları geçmişte askeri amaçlarla kullanılsa da günümüzde geomatik uygulamalarda da yaygın olarak kullanılmaya başlandı. İHA'lar sayesinde küçük alanlarda büyük ölçekli topografik haritalar ve 3B model haritaları düşük maliyetli bir şekilde üretmek mümkün olmuştur (Elkhrachy, 2021).

Yazılım özelliklerinin devamlı gelişimi ve sonuçlarının doğruluğu zamanla daha da iyileştiği için fotogrametriyi yaşayan, dinamik bir teknik haline getirmektedir (Pena-Villasenin vd., 2020).

3B modelleme çalışmalarında fotogrametrik yazılımların 3B model doğrulukları birbiri ile kıyas edilebilir. Tarihi bir alan üzerinde yüksek çözünürlüklü hava görüntüleri kullanılarak farklı yazılımlarda değerlendirme yapılır. Bu değerlendirmede oluşturulan nokta bulutlarının kalitesini ve yazılım performansını ölçmek için çeşitli görseller kullanılır (Alidoost ve Arefi, 2017).

Tarihi eserin yerden ve havadan fotoğraflarının alınması ile rölöve, ortofoto, kesitler ve 3B modelleri üretilmektedir. Fotogrametrik tekniklerle tarihi eserlerin dijital ortamdaki 3 boyutlu modellerinden üç boyutlu koordinatlar sayesinde yeniden inşası veya restorasyon uygulamaları için gerekli doneler oluşturulabilir (Ulvi vd., 2020).

Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, Ülkemizde yıpranmış, yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmış kültürel miras eserlerinin acilen koruma çalışmalarının başlatılması gerekmektedir. Dolayısıyla yeterince hassas ölçümler yapılabilen fotogrametrik rölöve tekniği ile 3B modellerin oluşturulması koruma çalışmalarında zaman ve maliyet açısından da faydalı sonuçlar verecektir (Erdoğan vd., 2021).

Bu çalışmada Aksaray ilimizin önemli kültürel miraslarından biri olan Hasas Baba Türbesi'nin İHA teknolojisinden faydalananarak görüntülerinin elde edildikten sonra farklı yazılımlarda 3B modellerinin üretilerek karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırmalarda farklı yazılımların görüntü işleme, doğruluk ve konum hassasiyetleri gibi çeşitli çıktı verileri dikkate alınmıştır.

Literatürde kimin yaptığı ve hangi tarihte yapıldığını bildiren herhangi bir ibare bulunmayan ancak mimarisi göz önünde bulundurulduğunda Anadolu Selçuklu Devleti'nin son zamanlarında ya da Karamanoğulları zamanında yapıldığı düşünülen

Hasas Baba Türbesi'nin, günümüze kadar bir kısmının korunarak ulaşması büyük bir şanstır. Ancak tarihi ile ilgili yazılı bir kayıt bulunmaması kültürel mirasların gelecek nesillere belgelendirilerek aktarılmasının ne kadar önemli olduğunu bir kere daha hatırlatmaktadır. Bu bağlamda Kültürel Mirasların 3B modellerinin oluşturulması ve bilimsel çalışmalara konu olması, bu eserlerin belgelendirilerek gelecek nesillere aktarılması hususunda oldukça faydalıdır.

İHA yöntemi ile 3B modeller üretmek son dönemlerde oldukça yaygınlaşmıştır. Bu çalışmada; eserin kent merkezi içerisinde bulunmasından dolayı etrafının binalar ve ağaçlarla çevrili olması, etrafında ki bina katlarının farklılıklar göstermesi, eserin bulunduğu bölgede yaya ve araç trafiğinin yoğun olması, eserin etrafında elektrik direkleri ve elektrik tellerinin bulunması gibi etkenlerden dolayı İHA uçuşu yapmanın nasıl bir sonuç doğuracağı, İHA ile alınan verilere göre yazılımlardan çıkan değerlendirmelerin nasıl sonuçlanacağı konusunda bir merak uyandırmış ve bölgesel özelliklerin yapılacak çalışma üzerinde nasıl bir iz bırakacağı konusunda çalışılmıştır.

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

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Agisoft Photoscan Professional yazılımı ve Pix4D Mapper Pro yazılımlarında bulunan sonuç verilerinin İHA görüntülerini fotogrametrik yazılımlar ile kültürel mirasların dokümantasyonu konusunda detay ölçme doğruluğunu veren tekniklerden olduğu görülmektedir (Sucu, 2019).

Kültürel miraslar geçmiş ile günümüzü, günümüz ile geleceği birbirine bağlayan önemli bir iletişim kaynağıdır. Kültürel mirası korumanın ve belgelemenin önemi giderek daha da anlaşılır hale gelmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte klasik dokümantasyon yöntemleri yerini dijital dokümantasyon araçlarına bırakmıştır. Yersel lazer taramalar ve İnsanız hava araçları bu araçların başında gelmektedir (Ulvi, 2021).

Fotogrametri maaliyet, hız ve tehlikeli alanlarda alet operatörünün güvenliğini sağlama olanağı gibi avantajları ile kültürel mirasın dokümantasyonu konusunda veri havuzlarının oluşturulmasında son derece yaygın bir ölçüm tekniğidir (Gagliolo vd., 2018).

Son yıllarda dijital kameralar, İHA donanımlarında ki gelişmeler nedeniyle 3B modelleme üzerine çok fazla çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar kültürel mirasın korunması ve kaydedilmesi için 3B modellemenin mümkün olduğunu göstermiştir (Jeon vd., 2017).

Yiğit ve Ulvi (2020), çalışmalarında Erzurum İli'nde bulunan Yakutiye Medresesi'nin İHA verilerinden yararlanarak 3B modelleme çalışmasını yapmışlardır. Modelleme çalışması Context Capture yazılımında yapılmış olup 10 adet kontrol noktasından yararlanılarak modelin karesel ortalama hatası X, Y, Z sırasıyla 2.16, 2.26, 2.04 mm hesaplanmıştır.

Sauerbier ve Eisenbeiss (2010) çalışmalarında arkeolojik kazıların belgelenmesi için İHA uygulamasını ele almışlardır. Arkeolojik kazılarda elde edilecek nesnelerin birkaç saat içinde önemli ölçüde değişmesi nedeniyle İHA' lar gibi araçların ölçüm bandı ve takimetre gibi geleneksel ölçüm yöntemlerine uygun bir alternatif olacağından bahsetmişlerdir. Çalışma sonunda İHA gibi platformların kullanılması ile sürecin önemli miktarda hızlanacağını tespit etmişlerdir (Yiğit ve Ulvi, 2020).

Pan vd. (2019) çalışmalarında, Çin'de bulunan iki adet tarihi köprünün 3B dijital dokümantasyonu için İHA fotogrametrisi kullanarak yapısal model rekonstrüksiyon yönteminin potansiyelini araştırmışlardır. Çalışmada nokta bulutlarının yeniden yapılandırma hatasını %0.4 gibi düşük bir değerde hesaplamışlardır (Yiğit ve Ulvi, 2020).

Jo ve Hong (2019) çalışmalarında, Koredeki Magoksa Tapınağı'nın 3B modelini oluşturmak için yersel lazer tarama ve İHA fotogrametrisinin bir kombinasyonunu kullanmaya odaklanmışlardır. Çalışma sonucunda İHA fotogrametrisi için karesel ortalama hataları X, Y, Z için sırayla 0.024m, 0.021m ve 0.044 m olarak bulmuşlardır.

Bakirman vd. (2020) çalışmalarında tarihi binanın belgeleme çalışmasını yapmışlardır. Belgeleme çalışmasında İHA ve çok hafif drone (Ultra Light Drone/ULD) tercih etmişlerdir. Yapının nokta bulutu üretilme aşamasında SfM yöntemi kullanılmışlar ve İHA ve ULD ile üretilen nokta bulutu verilerini yersel lazer tarama verileriyle karşılaştırılmıştır. Maksimum standart sapmalar, İHA ve ULD için sırasıyla 0.62 cm ve 1.87 cm olarak hesaplanmıştır.

Uslu ve Uysal (2017), çalışmalarında Kütahya Arkeoloji Müzesi'nde yer alan Demeter Heykelinin 3 boyutlu modellenmesini gerçekleştirmiştir. Arazide Elde edilen veriler PhotoModeler (PM) yazılımında değerlendirilerek belirlenen fotoğraf çiftleri üzerinden 0.5 mm aralıklı yoğun nokta bulutu ve ± 2.39 cm ortalama konum hassasiyeti ile Demeter Heykelinin 3B modeli üretilmiştir. Çalışma sonucunda arkeolojik eserlerin korunması ve sonraki nesillere aktarılması için yapılan dokümantasyon çalışmalarında fotogrametrik tekniklerinin kullanılması, bu alanda yapılan işlere doğruluk, hız, maliyet ve ürün çeşitliliği anlamında büyük bir avantaj sağlamakla beraber fotogrametrinin farklı disiplinlere de çözüm sunabileceği görülmüştür.

Şenol vd. (2017) bu çalışmalarında yakın resim fotogrametri ile İHA fotogrametrisi teknikleri kullanılarak veri füzyonu oluşturulmuş ve Kanlıdivane bazilikasının sayısal platformda fotogerçekçi doku kaplanarak 3B belgelenmesi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen bulgular karşılaştırılmıştır. Çalışmada ayrıca elde edilen modellerin karesel ortalama hataları yersel fotogrametri, İHA fotogrametrisi ve veri füzyonu için hesaplanmış ve sırasıyla 1.306 cm, 1.330 cm, 1.373 cm bulunmuştur.

Erdoğan vd. (2021) çalışmalarında İHA' lardan elde edilen görüntüler ile Pix4D yazılımı kullanılarak 3B nokta bulutu üretilmiştir. Bu çalışmada yürütülen fotogrametri yöntemi ile daha hızlı, hassas, güvenli ve ekonomik bir şekilde verilerin elde edildiği görülmüştür. Sonuç olarak fotogrametrik yöntemle 3B modelleri elde edilen tarihi ve kültürel değerler ile restorasyon projelerinin altlıklarının daha sağlıklı olmalarına olanak vereceği sonucuna varılmıştır.

Pena-Villasenin vd. (2020) yaptıkları çalışmada tarihi bir bina cephesi seçmiş ve bu cephenin Agisoft PhotoScan, Pix4D Mapper, Autodesk Remake yazılımlarında modellemesini yapmışlardır. Hata miktarlarına bakıldığında üç yazılım için sırayla 0.017 m, 0.015 m ve 0.016 m hata olduğu hesaplanmıştır.

Elkhrachy (2021) yaptığı çalışmada İHA görüntülerinden 3B veri üretmeyi amaçlamıştır. Najran Üniversitesi kampüsünün 0.05 km²'lik bir alanının görüntüsü, bir DJI Mavic Pro Platinum drone kullanılarak çekilmiştir. Çözümü oluşturmak için Agisoft Metashape ve Pix4dmapper programları kullanılmıştır. Elde edilen İHA verilerinin yatay ve dikey doğrulukları, 21 yer kontrol noktasının (YKN) koordinatları ile RTK GPS yöntemi kullanılarak ölçülen koordinatlar karşılaştırılarak hesaplanmıştır. Oluşturulan modelin yatay doğruluk değerleri 4–6 cm ve düşey doğruluk 5–6 cm elde edilmiştir.

Ulvi (2021), yaptığı çalışmada, nesne hakkında detaylı bilgi verebilen İHA fotogrametrisi ve yersel lazer tarama yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca doğruluk ve maliyet analizleri ortaya konularak araştırmacıların bütçelerine göre hangi yöntemin uygun olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada kontrol noktalarının karesel ortalama hatası İHA fotogrametri tekniğiyle elde edilen verilerin Agisoft yazılımı için 2.537 cm, PIX4D yazılımı için ise 2.771 cm olarak bulunmuştur.

Esposito vd. (2014), bir binanın 3B yeniden inşası için İnsansız Hava Sisteminden (UAS) türetilen nokta bulutu ve yersel lazer tarama arasındaki performansı değerlendirdi. Çalışmalarında, 0.10 m' lik bir küresel ölçekte ve yerel ölçümler için 0.05 m'den daha iyi bir doğruluk elde edebildiler.

Padua vd (2018) yaptıkları çalışmada Espírito Santo anıtının 3B modellemesini amaçlamışlardır. Bunun için İHA verilerinden elde edilen görüntüleri kullanarak

Pix4Dmapper Pro ve Agisoft Photoscan yazılımlarını karşılaştırmışlardır. Veri toplama DJI Phantom 4 ile gerçekleştirilmiştir. İki farklı uçuş gerçekleştirilmiş ve uçuşları planlamak ve gerçekleştirmek için Pix4Dcapture uygulaması kullanılmıştır. Agisoft Photoscan'den oluşturulan model için 1.8 cm' lik ve Pix4Dmapper Pro'dan oluşturulan model için 1.6 cm' lik bir karesel ortalama hata sapması ile her ikisi için de güvenilir sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Ulvi vd. (2021) çalışmalarında Kapadokya'nın batısında, Aksaray ili sınırlarındaki Güzelyurt ilçesi, Sivrihisar köyü içerisinde bulunan Kızıl Kilise'nin belgeleme amaçlı fotogrametrik rölöve çalışmasını gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda Kızıl Kilise'nin dış cephesinin ölçekli çizimleri, üç boyutlu modeli ve nokta bulutları elde edilmiştir. Çalışmada Photomodeler ve Agisoft yazılımları tercih edilmiştir. Photomodeler yazılımı için karesel ortalama hata değeri 20.4 mm, Agisoft yazılımı için ise 17.1 mm olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen hassasiyet değerleri göz önünde bulundurulduğunda, çalışmaya ait 3B model restorasyon çalışmalarında altlık olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Kaya vd. (2021) çalışmalarında Müzeler Genel Müdürlüğü tarafından Konya ili Yunuslar mahallesinde yürütülen kazı çalışmasında bulunan yaklaşık 1400 yıllık tarihe sahip taban mozaığının ve arkeolojik alanın dokümantasyonunu ele almışlardır. Arkeolojik alanın dokümantasyonu için yersel lazer tarayıcı, sayısal el kamerası ve insansız hava aracından (İHA) elde edilen verilerden yararlanılmıştır. Çalışma sonunda yoğun nokta bulutu verilerinden yararlanılarak kazı alanının dokümantasyonu yapılmıştır. Dokümantasyon sonucunda kullanılan farklı veri toplama tekniklerinin doğrulukları karşılaştırılmıştır. Ayrıca kazı alanı üzerinde belirlenen 18 noktaya ait koordinat değerleri her üç yazılımda da hesaplanmıştır. Lazer tarama verilerinin işlendiği "Scene" yazılımında 3.65 cm, "Photomodeler UAS" ve "Agisoft PhotoScan" yazılımlarında ise sırasıyla 4.64 cm ve 4.02 cm konum hatası belirlenmiştir.

Jeon vd. (2017) çalışmalarında ContextCapture, Agisoft PhotoScan, Pix4D mapper yazılımlarını kullanarak geleneksel bir binanın dikey, eğik, yersel görüntülerine dayalı 3B modelleme yapmayı amaçlamışlardır. Yer kontrol noktaları kullanılarak yapılan karesel ortalama hata hesabında hatalar 3B model için Context Capture yazılımında

7.09 cm, Agisoft Photoscan yazılımında 1.70 cm ve Pix4D mapper yazılımında 1.69 cm olarak bulunmuştur.

Alidoost ve Arefi (2017) yaptıkları çalışmada 3DSurvey, Agisoft Photoscan, Pix4Dmapper Pro ve SURE gibi dört farklı yazılım kullanarak tarihi bir sit alanı üzerinde yüksek yoğunluklu nokta bulutu ve Sayısal Yüzey Modeli oluşturmayı amaçlamışlardır. Sonuçta Agisoft Photoscan, Pix4Dmapper Pro ve SURE programlarının işlem sürelerinin kabaca birbirine benzediği görülmüştür.

Firdaus ve Rau (2017) çalışmalarında, MicMac, Pix4D Mapper ve Agisoft PhotoscanPro olmak üzere üç farklı yazılım kullanmışlar ve Ulusal Cheng Kung Üniversitesi kampüsü, Tayvan’ da bulunan taş Heykelin 3B modellemesi yapılmışlardır. Pix4D Mapper’ın, diğer iki yazılımdan daha fazla hata noktası ürettiği, her üç yazılım için genel geometrik doğruluğun mm düzeyinde olduğu, MicMac yazılımının uzman olmayan kullanıcılar için daha zor, oysa Photoscan Pro ve Pix4D Mapper yazılımlarının yeni başlayanlar için kullanımı çok daha kolay olduğu sonuçlarına varılmıştır.

3. KÜLTÜREL MİRASIN KORUNMASI VE DOKÜMANTASYONU

Kültürel miras, bir toplumun geçmişi ile geleceği arasında bağ kuran, bireyler arasında birliktelik ve dayanışma ruhunu geliştiren bir hazinedir. Kültürel mirasın önemi tüm dünya üzerinde gittikçe artan bir hassasiyeti de beraberinde getirmiştir. UNESCO, Avrupa Konseyi gibi uluslararası kuruluşlar kültürel mirası daha derin bir felsefe ile ele alarak dünya üzerinde yaşayan tüm milletlerin kültürlerini yansıtan ortak bir miras olarak yorumlamışlardır. Kültürler arası etkileşim ve diyalog gelişimi açısından da son derece önemli bulunmaktadır (URL-1).

Böylesine önem atfedilen ve hem toplum olarak hem dünya üzerinde birlikte yaşamı güçlendiren, bağ kuran kültürel mirasın korunması ve kayıt altına alınması da elbette ki son derece önemlidir. Savaşlar, doğal afetler, bilinçsiz uygulamalar kültürel miraslara zarar verebilecek durum ve sebeplerdendir. Önceliğimiz kültürel mirasları korumak olmalıdır. Ama aynı zamanda tüm bu eserler ile ilgili elimizde yeterli dokümantasyon olmalı ki herhangi bir sebep ile zarar gören eserin geometrisi, rengi, dokusu gibi tüm özelliklerini koruyarak yeniden inşa ile yerine konulması ya da yıpranan eserlerin restorasyonu mümkün olabilsin (Ulvi, 2021).

Dokümantasyon, incelenen nesne veya alanla ilgili daha sonra başvurmak üzere verilerin sistematik olarak toplanması ve arşivlenmesi anlamına gelen geniş bir terimdir (Letellier vd., 2007).

Özellikle dijital belgeleme süreçleri, kültürel miras alanlarının korunması açısından bu eserlerin aktif onarımında kilit bir unsur olarak kabul edilmiştir (Messaoudi vd., 2018; Ulvi, 2021; Zimmer vd., 2018).

3.1 Dokümantasyonun Önemi

Bir anıtsal yapıya ait çalışmalar yaparak dokümantasyon çıkarmanın faydalarını şu şekilde sıralayabiliriz.

- Kayıt altına alınır.
- Eserin yıpranmışlık durumu ortaya çıkar.

- Restorasyon işlemleri için bir altlık oluşturur.
- Sonra ki yapılacak çalışmalar için bilgi verir.
- Rölöve çalışmaları için veri sunar.
- Yapının çeşitli özellikleri değerlendirilerek güncel kullanım durumu planlanabilir (Ulvi ve Yakar, 2020).

3.2 Dokümantasyon Teknikleri

Klasik yöntemler ve modern yöntemler olarak ikiye ayrılabilir. Klasik yöntemler daha çok elle çizim ve bilgileri not etmeyi kapsarken modern yöntemler fotogrametrik ölçmeler, lazer tarayıcı ölçmeleri, total station ölçümleri, hava fotogrametrisi, LIDAR yöntemi gibi teknolojik araçlarla belgelemeyi kapsamaktadır (Ulvi ve Yakar, 2020).

3.3 Kültürel Mirasın Dokümantasyonunda Harita Mühendisinin Önemi

Kültürel mirasın; mekânsal verilerinin edinilmesinde, dijital görüntülerinin alınmasında, 3B modelinin üretilmesinde, teknik ve hukuksal alt yapıların oluşturulmasında, sit alanlarının haritalarının üretilmesinde harita mühendislerine önemli görevler düşmektedir. Fotogrametri, uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri, jeodezik ölçmeler gibi harita mühendislerinin yapacağı çalışmalar kültürel mirasın dokümantasyonunda oldukça gerekli uygulamalardır (Demirkesen vd., 2005).

3.4 Kültürel Mirasın Fotogrametrik Yöntemler ile 3B Modellenmesi

Fotogrametri, özellikle son zamanlarda geliştirilen sayısal değerlendirme sistemleri yardımıyla nesnelerin görüntülerden üç boyutlu modelinin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Günümüzde ise pek çok ölçme uygulaması için umut verici bir alternatif olarak görülmektedir. Üç boyut verileri, çok hızlı elde edilmekte ve nesnelerin görüntüleriyle bütünleştirilerek bir gösterim sağlamaktadır. Bu yöntemin en önemli avantajı mekânsal nesnelerin, görüntüleme tekniklerine göre daha gerçeğe yakın bir gösterim elde etmesidir (Ulvi ve Yakar, 2020).

Yersel fotogrametri, lazer tarayıcılar ve İHA fotogrametrisi ile kültürel mirasların yanına ulaşılması en zor yerlerin dahi ölçümleri daha kısa bir zamanda yapılarak gerekli konum ve yükseklik hassasiyetleri kabul edilebilir düzeyde elde edilir.

Uygulamayı yapan kişi veya kişiler eserin konumu, işin maaliyeti gibi durumları gözeterek en uygun fotogrametrik yöntemi seçerler. Araziden gerekli ölçümleri aldıktan sonra fotogrametrik yazılımlar sayesinde 3B modelleme işlemi gerçekleştirilir.



4. GENEL KAVRAMLAR

4.1 Fotogrametri

Fotogrametri 2B resimleri kullanarak, cisimleri ölçme tekniği ve görüntü verilerinin metrik yorumlanması, 2B ve 3B nesnelerin resimler üzerinden ölçülmesidir. Diğer bir ifadeyle fotogrametri, nesneler ve çevresinden yansıyan ışınların oluşturduğu fotogrametrik görüntülerin ve yaydıkları elektromanyetik dalgaların kayıt, ölçme ve değerlendirme işlemleri sonucu, uygun hassasiyette verilerin sağlandığı bir teknoloji, bilim ve sanat dalıdır (Yakar vd., 2016).

3B model üretimi için 3B nokta bulutuna ihtiyaç duyulmaktadır. 3B nokta bulutu bir nesnenin veya ortamın yüzeyini temsil eden 3B uzaydaki veri noktaları koleksiyonudur. Nokta bulutları Lidar, fotogrametri, hareketten nesne oluşturma (SfM) ve hatta manuel ölçümler gibi çeşitli teknikler kullanılarak üretilir. LİDAR lazer ışınlarının nesneye çarparak geri dönmesi için geçen süreyi ölçmeyi içerirken, fotogrametri ve SfM, uzaydaki noktaların konumlarını üçgenlemek için birden çok görüntü kullanır. Bu yöntemler, gürültüyü ve aykırı değerleri ortadan kaldırarak temiz ve doğru bir 3B nokta bulutu oluşturmak için işleme ve filtreleme gerektiren büyük veri kümeleridir. Ortaya çıkan nokta bulutu daha sonra bilgisayar destekli tasarım, robotik, sanal gerçeklik, mimari, haritacılık uygulamaları gibi çeşitli uygulamalar için bir dijital model oluşturmak üzere nokta bulutu yazılımı kullanılarak işlenir.

Fotogrametri fotoğrafların çekildiği konumlara, kullanılan malzemeye ve değerlendirme yöntemine göre sınıflandırılabilir. Fotoğrafların çekildiği konuma göre Hava Fotogrametrisi ve Yersel Fotogrametri olarak sınıflandırılmaktadır.

4.1.1 Yersel fotogrametri

Fotogrametrinin ilk uygulamaları yersel fotogrametri alanında olmuştur. Aynı zamanda fotogrametrinin de ilk kurucularından sayılan Meydenbauer, kültür yapıtlarının belgeleneceği bir merkezi örgüte duyulan ihtiyacı daha o zamanlar görmüş ve büyük çabalarla 1883 yılında Berlin’de ilk ulusal fotogrametrik dokümantasyon merkezini (Prusya Resim Örgütü) kurmuştur (Marangoz, 2012).

Topografik olmayan uygulamalarda yersel fotogrametriden yararlanılır. Resim çekim noktası yer yüzeyinde bir nokta ise bu uygulamaya Yersel Fotogrametri denmektedir. Yersel fotogrametrinin uygulanabilmesi için; alım merkezinin yer üzerinde olması, arazide fotoğraf çekimine uygun ve araziye hakim noktaların bulunması ve arazinin fotoğraf çekimine uygun olması gerekmektedir.

Yersel fotogrametride kullanılan değerlendirme yöntemleri hava fotogrametrisinin bir benzeridir. Ancak, hava resim çekme makinelerinde sabit olarak ele alınan iç yöneltme parametrelerinin, yersel fotogrametri uygulamalarında resim çekme makinelerinin özellikleri ve incelik istekleri nedeniyle bilinen olarak ele alınmayıp, dış yöneltmenin diğer parametreleri ile birlikte, her bir resim veya model için birlikte veya önceden belirlenmesi gerekir (Yakar ve Mohammed, 2016).

Yersel Fotogrametri özellikle son dönemde bilgisayar yazılımlarındaki gelişime paralel olarak adeta yeniden keşfedilmiştir. Sağladığı olanaklara ve kolaylıklara her geçen gün bir yenisi eklenmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte artık belirli hassasiyetlerde cep telefonlarıyla bile yersel fotogrametri uygulamaları yapılabilmektedir.

4.1.2 Hava fotogrametrisi

Hava Fotogrametrisi, havadan çekilen fotoğrafların değerlendirilmesi sürecidir. Bu teknik genellikle ölçme, haritalama ve jeo-uzamsal analizde kullanılır. Bu görüntüler çeşitli açılardan alınır ve 3 boyutlu modelleri veya haritaları oluşturmak için kullanılır. Görüntüler hava fotoğrafı, uydu görüntüsü veya diğer uzaktan algılama teknolojisi türleri kullanılarak alınabilir (Jeon vd., 2017).

Hava Fotogrametrisi kullanarak bir 3B model veya harita oluşturmak, görüntüleri işlemek ve bunlardan ölçümler ve özellikler çıkarmak için özel yazılımlar kullanılır. Bu ölçümler ve özellikler daha sonra incelenmekte olan alanın bir 3B modelini veya haritasını oluşturmak için kullanılır.

Hava Fotogrametrisinin kullanım alanları gelişen teknoloji ile birlikte faydalı birçok amaç için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; şehirlerin büyüme gösterdiği yönler, mevcut orman alanları, planlaması yapılacak arazi özellikleri, su ve

yol yapılarının takibi, su yollarının yön değiştirebileceği yerler, tarımsal arazi alanının verimliliği, çevre incelemesi, kadastro çalışmaları gibi birçok alanda uygulanmaktadır (Sauerbier ve Eisenbeiss, 2010).

4.1.3 Ortofoto haritalar

Ortofotolar veya ortofoto mozaikler olarak da bilinen ortofoto haritalar, ölçeğin tekdüze olması, yani görüntünün coğrafi olarak doğru olması ve gerçek dünyayı ölçmek için kullanılabilmesi için geometrik olarak düzeltilmiş hava veya uydu görüntüleridir. Ortofoto haritalar, haritalama, arazi kullanım planlaması ve askeri operasyonlar dahil olmak üzere çok çeşitli uygulamalar için kullanılabilir. Bir alanın daha kapsamlı bir görünümünü sağlamak için genellikle diğer harita türleri ve topografik haritalar gibi jeo-uzamsal verilerle birlikte kullanılabilirler (Sucu, 2019).

Ortofoto haritalar, bir alanın havadan fotoğraflarının çekilmesi ve ardından kameranın açısı ve irtifasının neden olduğu bozulmanın ortadan kaldırılması için özel bir yazılım kullanılarak oluşturulur. Ortorektifikasyon olarak bilinen bu süreç, tüm nesnelerin gerçek konumlarında görüldüğü, dünyanın yüzeyini doğru bir şekilde temsil eden bir görüntüyle sonuçlanır (Ulvi ve Yakar, 2020).

Ortofoto haritalar, şehir planlaması, arazi kullanım analizi ve çevresel izleme dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Ayrıca askeri, acil durum müdahalesi ve istihbarat amaçları için de kullanılabilirler. Ek olarak, ortofoto haritalar, bir alanın daha kapsamlı görünümlerini oluşturmak için topografik haritalar ve arazi örtüsü haritaları gibi diğer coğrafi verilerle birlikte kullanılabilir.

Son zamanlarda gelişen teknoloji ile birlikte güncel haritalara duyulan ihtiyaçlar her geçen gün artmaktadır. Hassasiyet ve güvenilirlik şartlarını yerine getiren ortofoto haritaların farklı uygulama alanları mevcuttur.

4.2 Hava Fotogrametrisinde Kullanılan Yöntemler

Hava fotogrametrisinde aşağıdakiler de dahil olmak üzere kullanılan birkaç yöntem vardır:

Stereoskopik fotogrametri: Bu yöntem, yüzeyin 3 boyutlu bir modelini oluşturmak için biraz farklı açılardan çekilmiş iki hava fotoğrafının kullanılmasını içerir. Fotoğraflar, izleyicinin görüntüleri 3 boyutlu olarak görmesini sağlayan bir stereoskop aracılığıyla izlenir.

Ortofotografi: Bu yöntem, geometrik olarak doğru ve yerdeki özellikleri doğru bir şekilde temsil eden bir harita oluşturmak için hava fotoğraflarının kullanılmasını içerir. Görüntüler, kameranın perspektifinden ve yüzeyin topografik kabartmasından kaynaklanan bozulmayı ortadan kaldırmak için düzeltilir veya ayarlanır.

Dijital fotogrametri: Bu yöntem, haritalar ve 3B modeller oluşturmak için dijital hava fotoğraflarının ve özel yazılımların kullanılmasını içerir. Yazılım, yükseklik, eğim ve arazi kullanımı gibi yüzeyin özellikleri ve özellikleri hakkında bilgi çıkarmak için görüntüleri analiz edebilir.

LİDAR: Bu yöntem, uçak ile yüzey arasındaki mesafeyi ölçmek için lazerlerin kullanılmasını içerir. Lazer darbesi yüzeyden yansıtılır ve darbenin geri dönmesi için geçen süre, mesafeyi hesaplamak için kullanılır. Bu veriler, yüzeyin ayrıntılı haritalarını ve 3B modellerini oluşturmak için kullanılabilir.

Hava fotogrametrisi, haritalama, arazi kullanım planlaması ve çevresel izleme dahil olmak üzere çeşitli uygulamalara sahiptir. Ölçme, mühendislik ve jeo-uzamsal analiz için önemli bir araçtır (Bilgi, 2007).

4.2.1 İHA fotogrametrisi

İHA fotogrametrisi, dünyanın yüzeyinin haritalarını, modellerini ve ölçümlerini oluşturmak için bir İHA tarafından çekilen hava fotoğraflarının kullanılması sürecidir. Fotoğrafları analiz etmek ve peyzajın özellikleri hakkında bilgi çıkarmak için özel ekipman ve yazılımların kullanılmasını içerir (Şenol vd., 2021).

İHA fotogrametrisi, geleneksel hava fotogrametri yöntemlerine göre çeşitli avantajlara sahiptir. İHA'lar, geleneksel hava araçlarına göre daha uygun maliyetli, daha hızlı ve daha esnektir ve insanlı hava araçlarının ulaşması zor veya imkansız olan alanlara erişebilir. İHA fotogrametrisi ayrıca yüksek çözünürlüklü görüntülerin toplanmasına

izin verir ve yüzeyin ayrıntılı haritalarını ve 3B modellerini oluşturmak için kullanılabilir (Jeon vd., 2017).

İHA fotogrametrisinde aşağıdaki araçlar kullanılabilir:

İHA: Bu araç hava fotoğrafları çekmek için kullanılır. İHA hava koşullarına dayanıklı olmalı ve yüksek çözünürlüklü kameralar içermelidir.

GPS: Bu araç, İHA'yı bulmak için kullanılır. Bu araç aynı zamanda, fotoğraf çekimi sırasında İHA'nın yüksekliği, hızı ve yönü gibi bilgileri ölçmek için kullanılır. Günümüzde GNSS sistemlerini de içinde barındıran İHA'lar yaygın olarak üretilmekte ve harita mühendisleri tarafından sıklıkla çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır.

Fotoğraf düzenleme yazılımı: Bu yazılım, İHA tarafından çekilen fotoğrafları inceleyerek zemin yüzeyinin özelliklerini çıkarsamaya yönelik bilgiler içerir. Yazılım ayrıca görüntüleri düzenleyebilir ve distorsiyonsuz ortofotolar oluşturabilir (Pena-Villasenin vd., 2020).

3B modelleme yazılımı: Bu yazılım, İHA tarafından çekilen fotoğrafları kullanarak zemin yüzeyinin 3B modellerini oluşturur. Zemin yüzeyinin yüksekliklerini, eğimlerini ve diğer özelliklerini göstermek için kullanılır. Ayrıca İHA kullanılarak mimari yapıların, kültürel mirasların 3B modellerinin oluşturulması günümüzde giderek yaygınlaşmaktadır (Alidoost ve Arefi, 2017).

4.2.1.1 İHA'ların tarihçesi ve çeşitleri

İHA, uzaktan olarak ya da tamamen yazılımlar yardımıyla otomatik olarak yönlendirilebilen araçlardır. İlk İHA'lar, Birinci Dünya Savaşı sırasında ortaya çıkmış ve çeşitli amaçlar için kullanılmıştır. Bu İHA'lar, hava taşıtı olmayan uçaklara benzer ve genellikle elle yönetilmekteydi. İkinci Dünya Savaşı sırasında, İHA'lar yapıları itibarıyla daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. Bu İHA'lar, genellikle havadan fotoğraf çekmek için kullanılmıştır (Elkhrachy, 2021).

1960'larda, İHA'lar yerden insan desteği ile kontrol edilebilir uçuş kontrollerine sahip hale gelmiştir. Bu İHA'lar, havadan fotoğraf çekme ve havadan gözetleme yapmak için kullanılmıştır (Bilgi, 2007).

1990'larda, İHA'ların çeşitli amaçlar için kullanılmaya başlandığı görülmüştür. Bu amaçlar arasında havadan fotoğraf çekmek, havadan gözetleme yapmak, havadan ölçüm yapmak ve hatta savaş alanlarında tespitler yapmak vardır (Bilgi, 2007).

2000'lerde İHA'ların popülaritesi artmaya başlamıştır ve giderek daha yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu İHA'lar, çeşitli amaçlar için kullanılmıştır; örneğin havadan fotoğraf çekmek, havadan gözetleme yapmak, havadan ölçüm yapmak, çevreyi izlemek ve hatta ticari amaçlar için kullanmak gibi amaçlar için kullanılmıştır (Bilgi, 2007).

Günümüzde İHA sistemleri daha fazla gelişmiş ve hayatımızda daha fazla yer edinmiştir. İHA sistemleri günümüzde sivil ve ticari kullanımlarından hariç askeri kullanım alanında da giderek daha fazla önem sahibi olmuştur. İHA'nın önemi tüm dünya tarafından anlaşılmış ve kullanımı giderek artmaktadır. En önemli görülen özelliklerinden biri uçuş zamanının fazla olması ve buna bağlı olarak menzilin yüksek olmasıdır. İHA'ların aranan bir teknoloji olmasında bu durum oldukça önemlidir (Eryavuz ve Gencer, 2001).

İHA'lar, çeşitli ve çok farklı tasarımlara sahiptir. Bunlardan bazıları şu şekildedir;

Amacı hava taşımacılığı olmayanlar (İHA): Bu İHA'lar fiziki olarak yönetici bir insana ihtiyacı olmayan veya uzaktan kumanda edilebilen araçlardır ve genellikle havadan fotoğraf çekme, havadan gözetleme yapma, havadan müdahale yapmak ve çevreyi izleme yapmak gibi amaçlar için kullanılmaktadır. Bu İHA'ların, genellikle hava koşullarına dayanıklı olması ve yüksek çözünürlükleri olan kameralar kullanması beklenmektedir.

Roketler: Bu İHA'lar, roket şeklindedir ve genellikle havadan gözlem yapmak için kullanılmaktadır. Roketler, yüksek hızlarda uçabilir ve uzak mesafeleri kolayca aşabilir. Bu yüzden özellikle uzun mesafelerin hızlı gözlemlenebilmesi açısından önemli bir yere sahiptirler (Bilgi, 2007). Roket kullanılarak çekilmiş olan ilk hava fotoğrafı Şekil 4.1' de görülmektedir.



Şekil 4.1. Roketten çekilen ilk fotoğraf (Bilgi, 2007).

Balonlar: Bu İHA'lar, hava balonlarına benzer ve genellikle havadan gözetleme yapmak için kullanılmaktadır. Balonlar, yavaş hareket eder ve düşük maliyetli olmaları nedeniyle popülerdir. Özellikle meteoroloji gözlemlerinde bu İHA'ların sıklıkla kullanıldığı bilinmektedir (Bilgi, 2007). Balon kullanılarak çekilmiş olan ilk hava fotoğrafı Şekil 4.2' de görülmektedir.



Şekil 4.2. Balondan çekilen ilk fotoğraf (Bilgi, 2007).

Helikopterler: Bu İHA'lar, insanlar tarafından yönetilen helikopterler gibi hareket eder ve genellikle havadan fotoğraf çekerler. Havadan gözetleme yapmak ve havadan ölçüm yapmak gibi amaçlar için kullanılmaktadır. Helikopterler, yüksek manevra kabiliyetine sahip olmaları nedeniyle popülerdirler (Bilgi, 2007).

4.2.1.2 İHA fotogrametrisinin uygulama alanları

İHA fotogrametrisi, yer yüzeyinin haritalarını, modellerini ve ölçülerini oluşturmak için havadan çekilmiş yüksek çözünürlüklü fotoğraflar kullanır. Bu yöntem, maliyeti az, hızlı ve esnek olması nedeniyle birçok uygulama alanına sahiptir (Elkhrachy, 2021).

İHA fotogrametrisinin uygulama alanlarını şu şekilde sıralayabiliriz;

Harita çıkarma: İHA fotogrametrisi, yer yüzeyinin haritalarını oluşturmak için kullanılmaktadır. Bu haritalar, yer yüzeyinin yüksekliklerini, eğimlerini ve diğer özelliklerini gösterir.

Arazi kullanım planlaması: İHA fotogrametrisi, arazi kullanımı için kullanılmaktadır. Bu kullanım amacı, arazinin ne şekilde kullanılacağı hakkında karar verme sürecinde etkili veriler sunar; örneğin tarım, ormancılık veya turizm gibi.

Çevre izleme: İHA fotogrametrisi, çevre izleme için kullanılmaktadır. Bu kullanım amacı, yeryüzündeki nesnelerin oluşan değişimlerini takip etmek için kullanılır; örneğin ormanların değişimlerini, su havzalarının değişimlerini veya yerleşim yerlerinin gelişimini takip etmek için kullanılabilir.

Mühendislik ve inşaat: İHA fotogrametrisi, mühendislik ve inşaat projelerinde kullanılabilir. Bu kullanım amacı, projelerin tasarımı ve yapımı sırasında gerekli olan ölçümleri yapmak için etkili bir yöntemdir.

Coğrafi bilgi sistemleri: İHA fotogrametrisi, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) için yaygın olarak kullanılmaktadır. CBS, yer bilgileri ile ilgili bilgileri bir araya getiren ve bu bilgileri kullanarak haritalar ve diğer veri setlerini oluşturan bir bilim dalıdır ve İHA'lar CBS için önemli veriler sunar.

4.2.1.3 İHA fotogrametrisinin avantajları ve dezavantajları

İHA fotogrametrisi, uydu görüntüsü ve diğer havadan alınan görüntüler kullanılarak yüksek çözünürlüklü 3B haritalar ve diğer kartografik ürünlerin düzenlenmesini sağlar. Bu yöntemin gün geçtikçe yeni avantajları beraberinde getirmektedir (Jeon vd., 2017).

İHA fotogrametrisi, çok yüksek çözünürlüklü görüntüleri hızlı bir şekilde toplayarak ayrıntılı ve doğru haritaların üretim sürecini kısaltmaktadır. Aynı zamanda bir kerede geniş alanlar tarayarak büyük haritaların oluşturulma maliyetini ve süresini ciddi ölçülerde düşürür (Gagliolo vd., 2018).

İHA fotogrametrisi insan emeği açısından da büyük avantajlar sağlamaktadır. Daha az insan ile daha çok iş yapılmasını sağlar ve insan kaynaklı hataları da minimuma indirmektedir. Bu durum maliyetlerde de kendini düşüş olarak göstermektedir. Ayrıca İHA fotogrametrisinin tüm bu avantajları verilerin güncel tutulmasına yardım etmektedir. Öyle ki daha az emekle daha çok ölçümün yapılabilmesi daha güncel verileri de beraberinde getirir (Gagliolo vd., 2018).

Her sistemde olduğu gibi İHA fotogrametrisinde de bazı dezavantajlar mevcuttur. Bazı durumlarda İHA fotogrametrisi için gerekli olan görüntünün bulunması zaman alıcı ve pahalı olabilir. Özellikle İHA fotogrametrisi genellikle gün ışığına bağlı olması sebebiyle olumsuz hava koşullarında istenilen hassasiyet ve doğrulukta veriler elde edilemeyebilir. Özel ekipmanlar kullanılması gerektiği için de ayrıca maliyet ve bakım maliyeti oluşturabilir. Bu özel ekipmanların kullanımı için yüksek eğitim seviyesine sahip insanlar gerekmektedir. Bu yüzden eğitim gün geçtikçe yaygınlaşsa da mevcut durumda hala eğitilmiş insan gücü bulmak zor olabilmektedir. Ölçümlerin yapılması ve doğru işlenmesi büyük önem arz ettiği için bu aşamalardaki küçük bir hata toplanan verileri kullanılamaz hale getirebilmektedir.

İHA'ların kalibrasyonlarının yapılmaması, bakımlarına özen göstermeme, uçuş sırasında yedek batarya bulundurulmaması, uçuş kontrol ünitesinden takip edildiği için bağlantının kopma ihtimali, sistem donanımı ve yazılım maliyetlerinin yüksek olması, fotoğrafların yüksek çözünürlüklü makinelerle çekilemediğinde istenilen hassasiyete ulaşılamaması, fotogrametrik çalışmalarda kullanılan yazılım programlarının ücretli

olması, ücretli olmayanların ise yeterli kolaylık ve doğrulukta sonuçlar verememesi, bu alanda yetişmiş nitelikli eleman sayısının azlığı, hava şartlarından doğrudan etkilenme gibi sebeplerle bir takım dezavantajlar İHA Fotogrametrisini zorlaştırmaktadır (Başak ve Gülen, 2010).



5. UYGULAMA

5.1 Uygulama Yeri Hakkında Genel Bilgiler

Aksaray geçmişten günümüze Hitit, Pers, Helenistik Dönem (Büyük İskender), Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı egemenliklerinde kalmıştır. Cumhuriyet dönemine kadar Konya'ya bağlı bir sancak olan Aksaray 1920 yılında vilayet olmuş, 1933 yılında vilayetliği lağvedilerek Niğde'ye ilçe olarak bağlanmış ve 15 Haziran 1989 yılında yeniden Vilayet olmuştur. Aksaray'ın adının ilk olarak eski Hitit metinlerinde geçen Nenessa (Nenossos) olduğu sanılmaktadır (URL-2). Selçuklular döneminde de II. Kılıçarslan tarafından Arkhelais olan adı Aksaray olarak değiştirilmiş ve ikinci başkent durumuna gelmiştir (URL-3).

Anadolu Selçuklu Hükümdarı II. Kılıçarslan'ın birçok yapı inşa ettirmesiyle adeta baştan kurduğu Aksaray şehri Anadolu Selçuklu Devleti'nin çok önemli şehirlerinden birisidir. Hanedan üyelerinin ikamet ettiği bir şehir olan Aksaray'da hanlar, hamamlar, köşkler, camiler, türbeler, köprüler, mescitler gibi fazlaca yapılar inşa edilmiştir.

Bu dönemden günümüze ulaşan eserlerden bazıları da türbelerdir. İl merkezinde Anadolu Selçuklu devrine ait olup tüm müstemilatı ile ayakta kalan bir türbe yoktur. Sadece cenazelik katı olan iki türbe binalar arasında varlığını korumaya çalışmaktadır. Sağlam olan örnekleri ise sadece fotoğraflarda görülmektedir (Erdal, 2018).

Bu tez çalışmasına konu olan Hasas Baba Türbesinin, inşa tarzının ve mimarisinin ışığında Selçuklu Devleti'nin son döneminde ya da Karamanoğulları döneminde yapıldığı tahmin edilmekte olup Beylikler Dönemi'ne ait olabileceği de söylenmektedir (Şekil 5.1) (Erdal, 2018).

Hasas Baba Türbesi, Aksaray il merkezinde bulunan tarihi bir eserdir (Şekil 5.2). Literatürdeki kaynakların birçoğunda Hasas Mahallesi'nde olduğu yazsada Hasas Baba Türbesi Çerdiğin Mahallesi 1699 ada 1 parsel üzerinde bulunmaktadır.



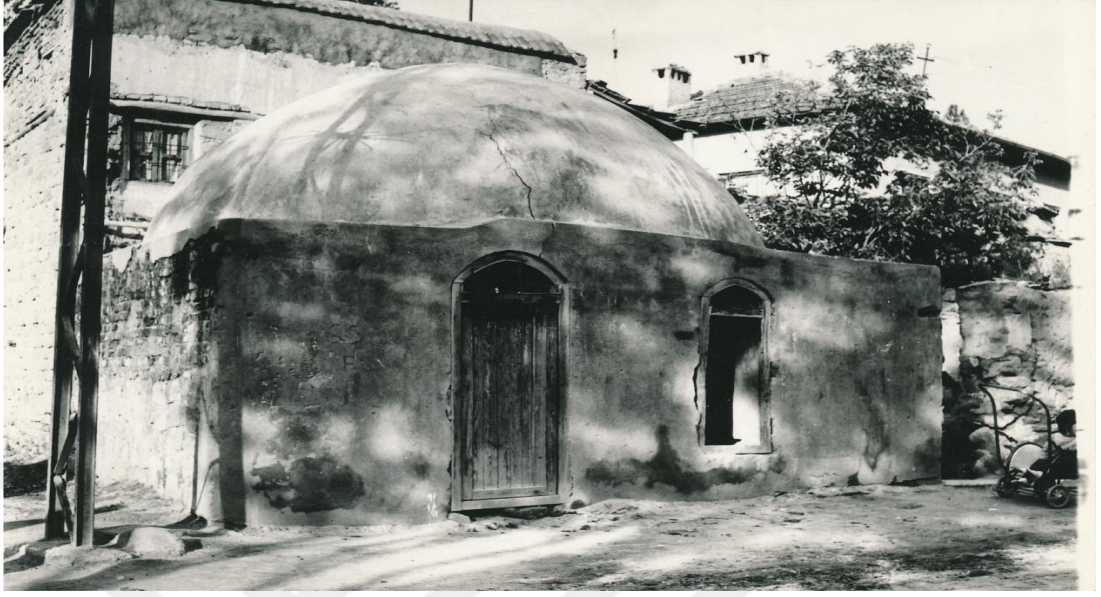
Şekil 5.1. Aksaray Hasas Baba Türbesi 1950’li yıllar (Erdal, 2018).



Şekil 5.2. Aksaray Hasas Baba Türbesinin Türkiye haritası üzerindeki yeri.

Anadolu Selçuklu Devleti ve Karamanoğulları zamanının mimarisine uygun iki katlı türbe yapıların yaygın görünmesi sebebiyle araştırmacıların da söylediği üzere Anadolu Selçuklu Devleti ya da Karamanoğulları devrinde inşa edildiği düşünülmektedir (Şekil 5.3). Türbeden, günümüze sadece cenazelik ya da mumyalık

denilen kısım ulaşmıştır. İbrahim Hakkı Konyalı yapının üst katının piramidal külahlı olduğunu ve tuğlasından faydalanılmak için yıktırıldığını yazmaktadır (Erdal, 2018).

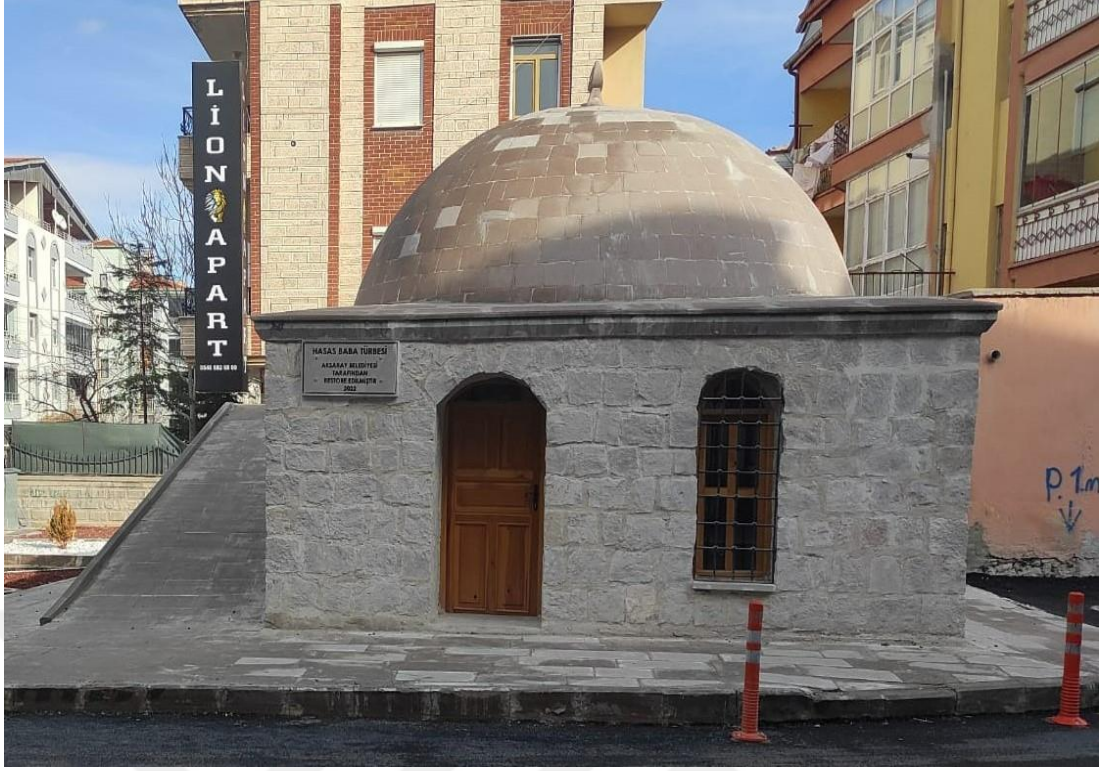


Şekil 5.3. Aksaray Hasas Baba Türbesi 1950’li yıllar (Erdal, 2018).

Günümüzde ise birkaç yıl öncesine kadar üzerinde PVC malzemeden bir sundurma ve etrafında duvar çevrili bir koruma içerisinde bulunan türbe son dönemde Aksaray Belediyesi’nin yoğun çalışmaları ile eski fotoğraflarına bağlı kalınarak restore edilmiştir (Şekil 5.4, 5.5, 5.6). Eski fotoğraflar ile yapılan yeni restorasyon bizlere yeniden kültürel mirasların aslına uygun olarak belgelenerek geleceğe aktarılmasının ne kadar önemli olduğunu hatırlatmaktadır.



Şekil 5.4. Aksaray Hasas Baba Türbesi restorasyon öncesi görüntüsü (Erdal, 2018).



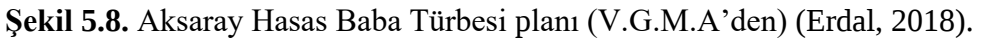
Şekil 5.5. Aksaray Hasas Baba Türbesi restorasyon sonrası genel görüntüsü – 1 (Erdal, 2018).

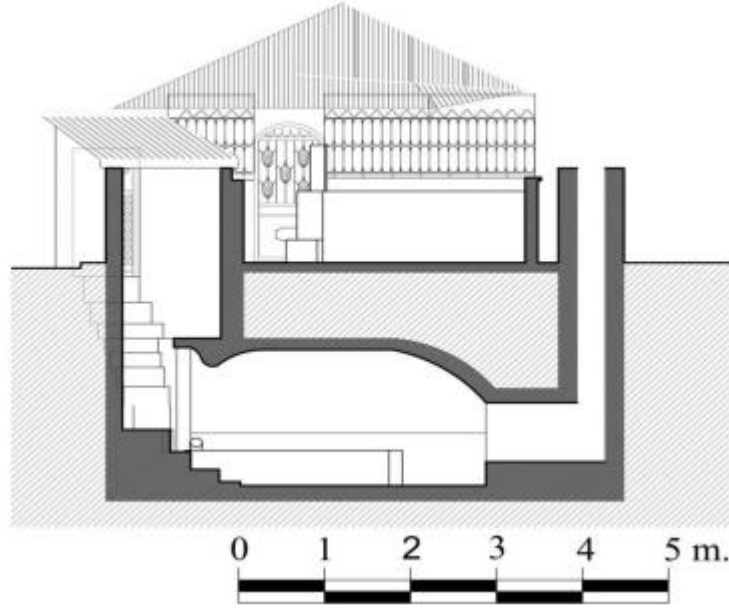


Şekil 5.6. Aksaray Hasas Baba Türbesi restorasyon sonrası genel görüntüsü -2 (Erdal, 2018).

The diagram shows a floor plan of the Temple of the Sun in Tiwanaku. It features a large circular central area (Apu) and a rectangular area (Pachamama) above it. Both areas are surrounded by thick red and green walls. A north arrow is located in the bottom right corner.

Şekil 5.7. Aksaray Hasas Baba Türbesi planı (B. Deniz’den) (Erdal,





Şekil 5.9. Aksaray Hasas Baba Türbesi kesiti (V.G.M.A'den) (Erdal, 2018).

5.2 Arazi Uygulaması

Uygulamaya geçmeden önce yapının bulunduğu bölgede fizibilite çalışmaları yapılmıştır. Etrafındaki binaların konum ve yükseklikleri, mevcuttaki ağaçların yapıya olan uzaklıkları, etrafında bulunan elektrik direkleri ve elektrik tellerinin yükseklikleri, yapının il merkezinde olmasından dolayı araç ve yaya trafiği gibi durumların gözetilerek uygulama yapılabilecek en uygun saatin belirlenmesi gibi ön hazırlıkları tamamladıktan sonra hava durumu ile ilgili Meteoroloji İl Müdürlüğü'nden hava tahminlerini de alarak arazi çalışması için en uygun gün ve saati planlayarak arazi uygulamasına başlanmıştır.

Uygulama sahasında öncelikle 6 adet yer kontrol noktası (YKN) belirlenmiştir. Bu belirleme yapılırken YKN'lerin çalışma alanına homojen yayılmasına, birbirlerini görececek yerlerde olmalarına, hava fotoğraflarında net bir şekilde belli olacak renkte ve büyüklükte olmalarına dikkat edilmiştir. YKN'ler TUSAGA Aktif CORS-TR sisteminde ölçülmüştür. YKN'lerin tesisi için E-Survey E600 IMU GNSS alıcısı kullanılmıştır (Şekil 5.10). GNSS alıcısına UTM projeksiyonu, 3 derece 33 dilim orta meridyeni, ITRF-96 datumu, GRS80 elipsoid, 2005.0 epok tanımlanarak YKN ölçümleri tamamlanmıştır ve zemine işaretlenmiştir.



Şekil 5.10. E-Survey E600 IMU GNSS alıcısı.

GNSS alıcısı ile çalışma yapılırken bağlantı özellikleri, gördüğü uydu sayısı, epok değeri gibi veriler kontrol edilerek cihaz fix durumda iken koordinatlandırma işlemlerine geçilmiştir. Yer kontrol noktaları işaretlenmiştir. E-Survey E600 IMU GNSS alıcısının teknik özellikleri Çizelge 5.1’de gösterildiği gibidir.

Çizelge 5.1. E-Survey E600 IMU GNSS alıcısı teknik özellikleri.

Teknik Özellikler	
GNSS Özellikleri	
Model	: E600-H
Kanal Sayısı	: 800
Uydu İzleme	: GPS:L1CA, L1P, L1C, L2P, L2C, L5 GLONASS: G1/G2, P1/P2 BeiDou:B1, B2, B3 GALILEO: E1BC, E5a, E5b SBAS: L1 CA, L5 QZSS: L1CA, L2C, L5, L1C L-BAND: ATLAS H10, H30, H50

Çizelge 5.1 (devam). E-Survey E600 IMU GNSS alıcısı teknik özellikleri.

Teknik Özellikler	
GNSS Özellikleri	
Veri Güncelleme Hızı	: 5 Hz, (20 Hz'e kadar çıkarılabilir)
Hassasiyet (RMS)	
Sinyal Yenileme Hızı	< 1 saniye
Ölçüye Başlama	< 10 saniye
Fiksenleme Güvenilirliği	> % 99.9
Statik	Yatay : 2.5 mm + 0.1 ppm Düşey : 3.5 mm + 0.4 ppm
RTK	Yatay : 8 mm + 1 ppm Düşey : 15 mm + 1 ppm
DGPS	Yatay : 0.25 m
SBAS	Düşey : 0.3 m
Dahili UHF Radyo	
Frekans Aralığı	: 410 - 470 MHz
Kanal Aralığı	: 12.5 KHz / 25 KHz
Çıkış Gücü	: 0.5 W / 1 W
Çalışma Menzili	: 3 - 5 km



Şekil 5.11. P8II kontrol ünitesi.

GNSS alıcısına ait kontrol ünitesi P8II Android kontrol ünitesidir (Şekil 5.11). Özellikleri Çizelge 5.2' de verilmiştir.

Çizelge 5.2. P8II kontrol ünitesine ait teknik özellikler.

Teknik Özellikler	
GNSS Özellikleri	
İzlediği Uydular	GPS, BEIDOU, GLONASS
Konum Hızı	1 Hz
Konum Hassasiyeti	2.5 m CEP (Mutlak Konum) 2.0m CEP (SBAS)
Haberleşme	
Bluetooth	BT4.1 + Bluetooth LE
Wi-Fi	802.11 a/b/g/n/ac
4G GSM Modem	GSM: B2/B3/B5/B8 FDD-LTE :B1/B2/B3/B4/B5/B7/B8/B12/ B13/B17/B20/B25/B28 TDD-LTE B38/B39/B40/B41 TDSCDMA B34/B39 WCDMA B1/B2/B5/B8 CDMA1x/CDMA2000 BC0

YKN'ler tesis edildikten sonra eser üzerinde bulunan belirgin noktalardan oluşmak üzere yatayda ve düşeyde toplam 14 adet detay noktaları tespit edilmiştir ve bu noktalara kâğıt plakalar yerleştirilerek detay noktaları eser üzerinde işaretlenmiştir. Detay noktalarının ölçüm işlemi için Topcon GPT-3500 marka/model reflektörsüz okuma özelliğine sahip total station cihaz kullanılmıştır (Ölçme hassasiyeti: 2 mm+2 ppm) (Şekil 5.12). Öncesinde tesis edilen 6 adet poligon noktası ile geriden kestirme ölçü yöntemi uygulanarak detay noktalarının X, Y ve Z koordinat değerleri elde edilmiştir.



Şekil 5.12. Topcon GPT-3500

Tüm bu hazırlıkların ardından İHA uçuşu başlatılmıştır. Uygulamada kullanılan İHA'nın marka ve modeli DJI Air 2S'dir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13. İHA DJI Air 2S

DJI Air 2S teknik özellikleri Çizelge 5.3' te gösterildiği şekildedir. Çalışmada kullanılan İHA DJI Air 2S kontrol ünitesi Şekil 5.13' te gösterilmektedir.

Çizelge 5.3. DJI Air 2S teknik özellikleri.

Teknik Özellikleri Özellikleri	
Kalkış Ağırlığı	: 595 gr
Boyutu	: 183x253x77 mm(length x width x height)
Uçuş Süresi	: 31 dk
Video Çekim Kalitesi	: 5.4K / 30fps ve 4K / 60fps
Görüntü Aktarımı	: 12 km FHD
Engel Sensörü	: 4 yönlü
Takip Sistemi	: ADS-B
Sensör	: 1 inch CMOS
Çekim Modu	: Master Shots
GPS Modu	: Dual GPS



Şekil 5.14. İHA DJI Air 2S kontrol ünitesi.

Hasas Baba Türbesi Aksaray il merkezinde bulunduğu ve etrafı binalar, istinat duvarı, elektrik direkleri vb. ile çevrili olduğundan sabit bir yükseklikte otonom uçuş yapılamamış, uygulama sırasında eserin tüm cephelerini tam olarak görüntüleyebilecek şekilde manuel uçuş yapılmıştır (Şekil 5.15, 5.16, 5.17). Fotoğraf

çekimi sırasında, eserin üretilecek olan 3B modelinin yüksek çözünürlük ve hassasiyette olması için YKN'lerin ve detay noktalarının fotoğraflarda görünür olmasına, yeterli sayıda ve doğru açıyla fotoğraflar çekilmesine dikkat edilmiştir. Fotoğraf bindirmeleri kontrol ünitesinden takip edilerek manuel olarak yapılmıştır. Toplam 35 adet fotoğraf çekilmiştir. Uçuş süresi 20 dakikada tamamlanmıştır. Yer örnekleme aralığı (YÖA) yerdeki bir pikselin boyutunu ifade eder. YÖA değeri büyüdükçe görüntülerin çözünürlüğü azalacak ve ayrıntılar daha az görünecektir. Üretilecek haritalardan beklentiye göre uçuş öncesinde YÖA değerine karar verilmesi önemlidir. Yüksek çözünürlüklü ve ayrıntılı harita bekleniyorsa yere yakın uçuş (YÖA düşük) fazla ayrıntıya ihtiyaç duyulmayan geniş bir alanı kapsayan harita üretimi bekleniyorsa daha yüksekten uçmak (YÖA yüksek) gereklidir. YÖA formülü aşağıdaki gibidir.

$$GSD_h = \frac{Uçuş\ Yüksekliği \times Sensör\ Yüksekliği}{Odak\ Uzaklığı \times Görüntü\ Yüksekliği}$$

$$GSD_w = \frac{Uçuş\ Yüksekliği \times Sensör\ Genişliği}{Odak\ Uzaklığı \times Görüntü\ Genişliği}$$

Bu çalışmada YÖA 0.25 cm olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.15. Aksaray Hasas Baba Türbesi İHA görüntüsü-1.



Şekil 5.16. Aksaray Hasas Baba Türbesi İHA görüntüsü-2.



Şekil 5.17. Aksaray Hasas Baba Türbesi İHA görüntüsü-3.

5.3 Büro Çalışması

Kültürel miraslarımızdan Hasas Baba Türbesinin İHA uçuşu ile alınan görüntü verileri üzerinden fotogrametrik değerlendirme yapma aşamasına geçilmiştir. Bu çalışmada 3 farklı ticari yazılımda fotogrametrik değerlemeler yapılacak ve neticesinde yazılımların sunmuş olduğu sonuç ürünlerinin konum hassasiyeti, görüntü giydirme kalitesi, arayüz kolaylığı, fotogrametrik değerlendirme süresi karşılaştırılarak İHA ile

alınan görüntü verileri ile hangi yazılımda ne tür sonuçlarla karşılaşılacağı üzerinde çalışılmıştır.

Bu çalışmada Agisoft Metashape Professional, Pix4D Mapper ve Context Capture yazılımları kullanılmıştır.

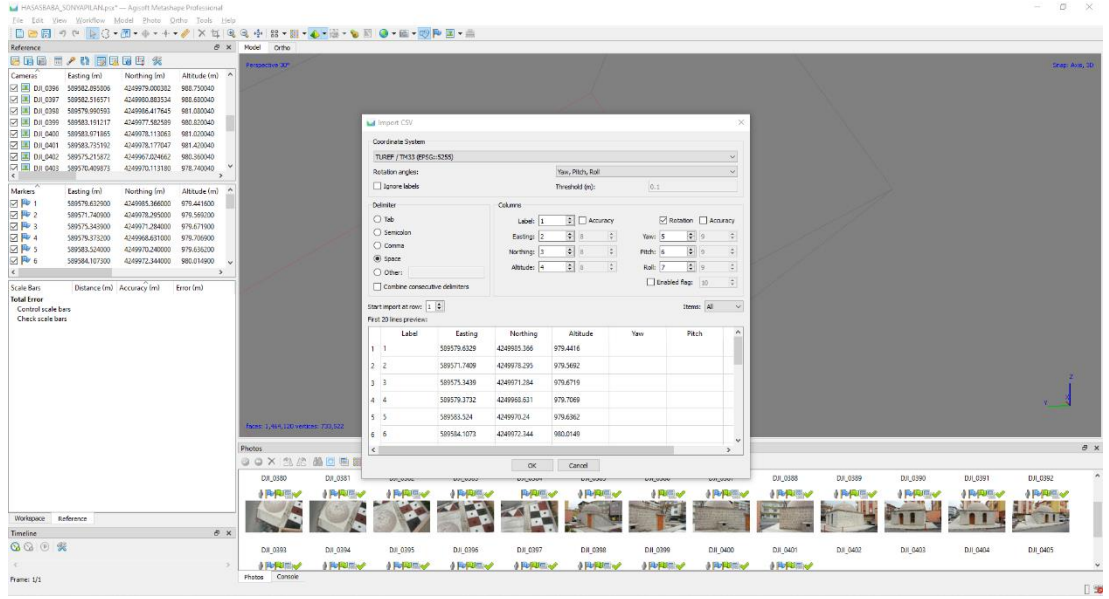
GNSS alıcısı ile tesis edilen YKN koordinatları (X, Y, Z) kesin koordinatlar olarak kabul edilmiştir.

5.3.1 Agisoft Metashape Professional yazılımı ile 3B model üretilmesi

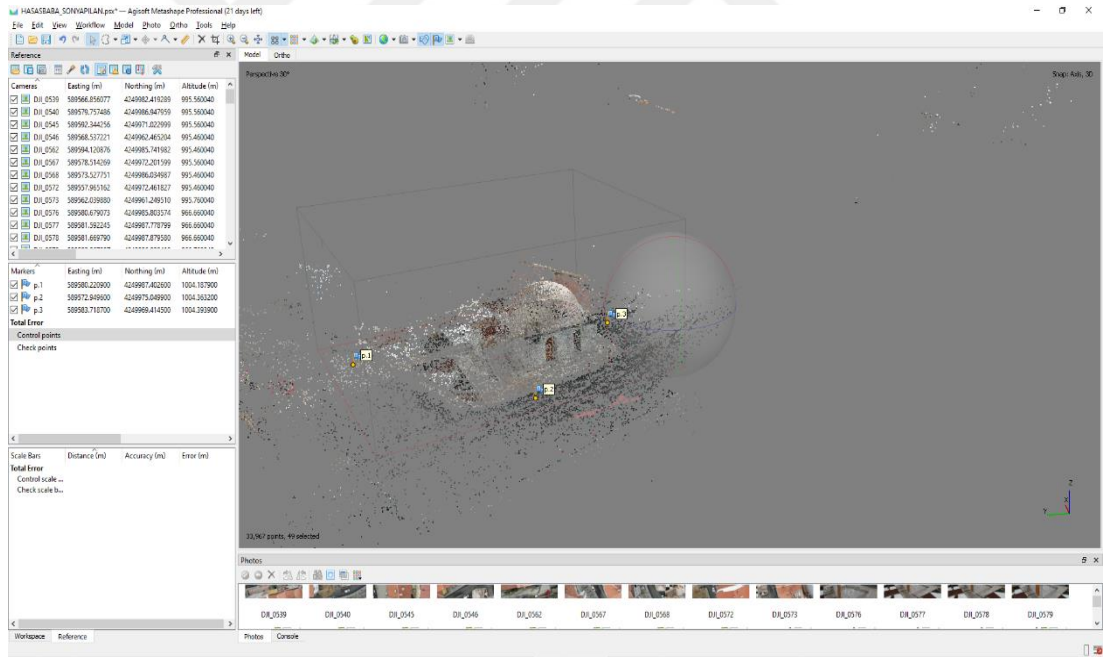
Arazide İHA uçuşları ile temin edilen görüntüler bilgisayara aktarılmıştır. Agisoft Metashape Professional yazılımı temin edilerek 3B modelleme işleminin bürodaki ilk adımına geçilmiştir.

Öncelikle yeni proje oluşturulmuştur. Oluşturulan projenin projeksiyon bilgileri ve koordinat sistemi tanımlanmıştır. Projede kullanılacak fotoğraflar içe aktarılmıştır. Kamera optimizasyonu sağlandıktan sonra YKN'lerin ve detay noktaların eklenmesi ve dengelenmesi işlemi yapılmıştır (Şekil 5.18). Tiepoint toplatılması işlemi (Şekil 5.19) ve ardından sık nokta bulutu oluşturma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.20, 5.21). Bu kısma kadar yazılım görüntülerdeki dönüklük ve koordinat değerleriyle fotoğrafları 3B uzay koordinat sistemine yerleştirmiştir. Hava fotoğraflarının girilen değerlerle karşılıklı yöneltmesi yapılmıştır. Program bunu yoğun görüntü eşleme yöntemi ile yapmıştır. Yoğun görüntü işleme yöntemi fotoğraflardaki ortak pikselleri komşu fotoğraflarla eşlemesidir. Tiepoint piksellerdeki bağlama noktalarının maksimum sayısını ifade etmektedir. Sonuç olarak 3B nokta bulutu üretimi program tarafından otomatik olarak yapılmıştır. Bu işlemlerden sonra mesh model oluşturulup (Şekil 5.22) doku giydirilmiş 3B model oluşturma işlemi tamamlanmıştır (Şekil 5.23, 5.24). Son olarak ortofoto üretilmiştir (Şekil 5.25).

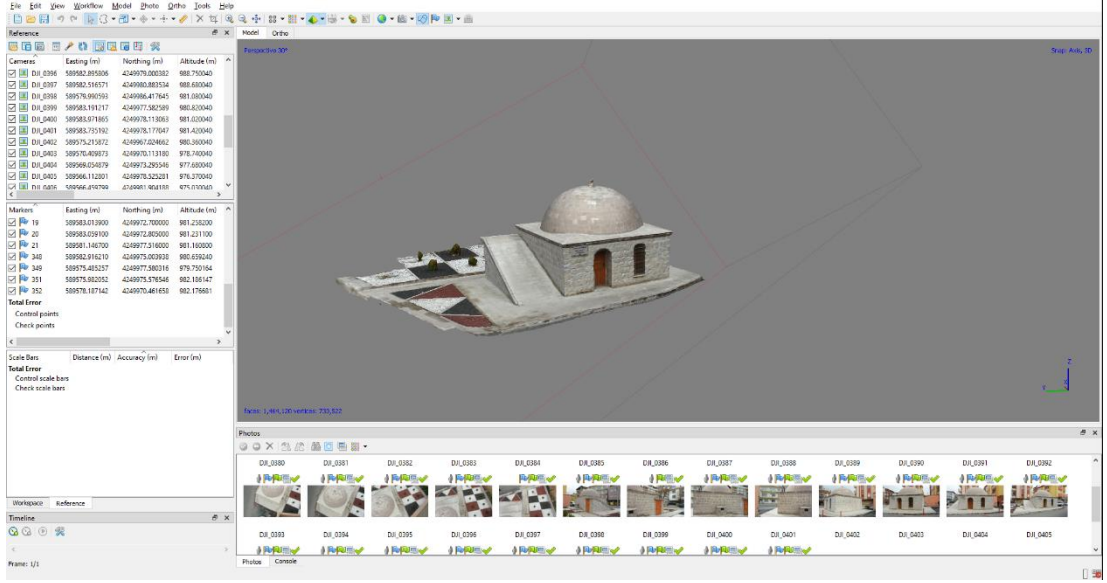
Bu işlem adımlarının neticesinde üretilen veri modelleri ile nokta bulutu, 3B model ve ortofoto sonuç verilerine ulaşılmaktadır.



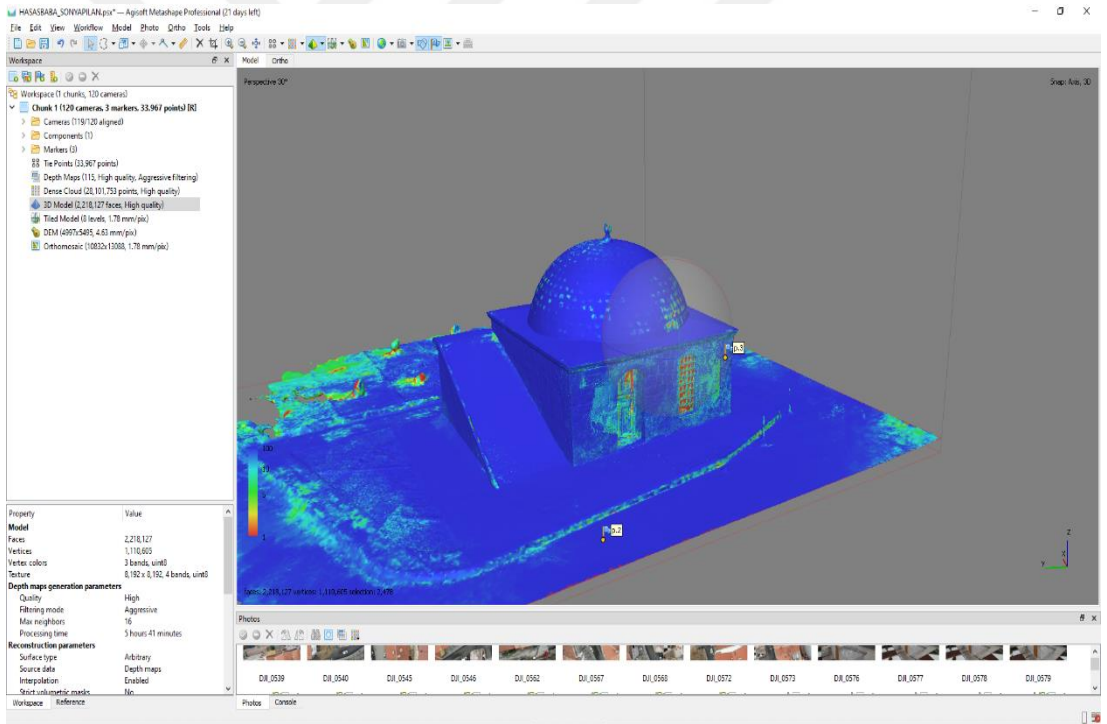
Şekil 5.18. Agisoft Metashape Professional yazılımında YKN ve detay noktalarının yazılıma tanıtılması.



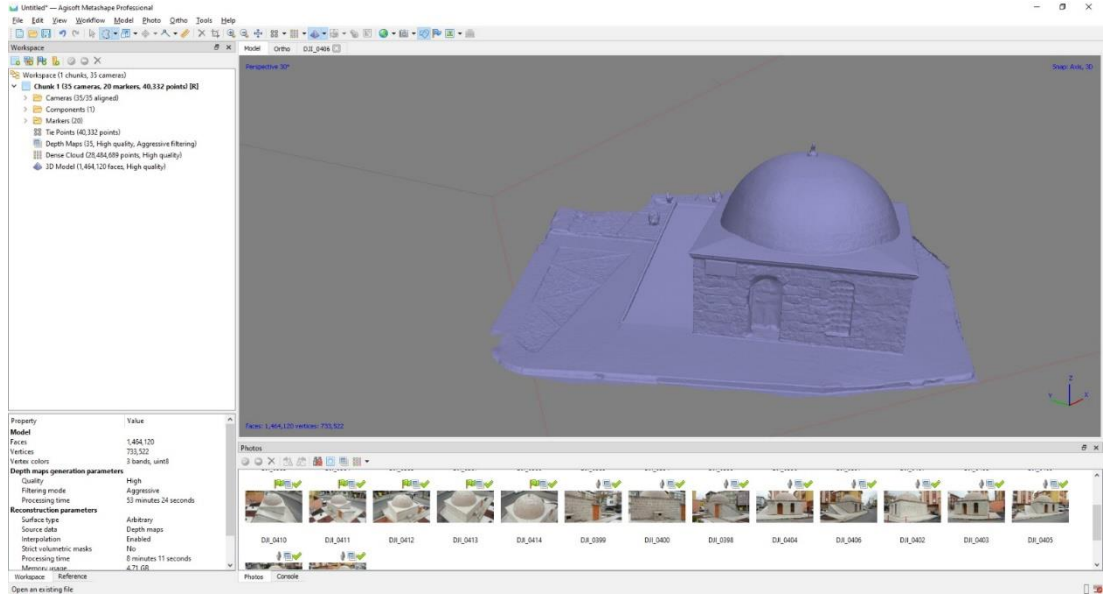
Şekil 5.19. Agisoft Metashape Professional yazılımında tiepoint toplama işlemi.



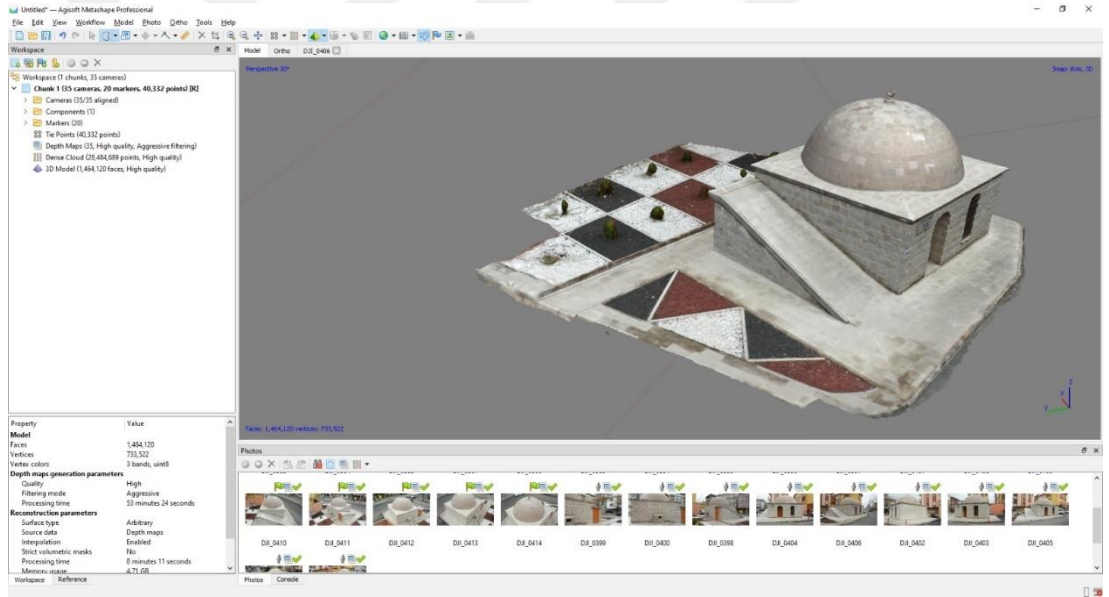
Şekil 5.20. Agisoft Metashape Professional yazılımında sık nokta bulutu oluşturma işlemi.



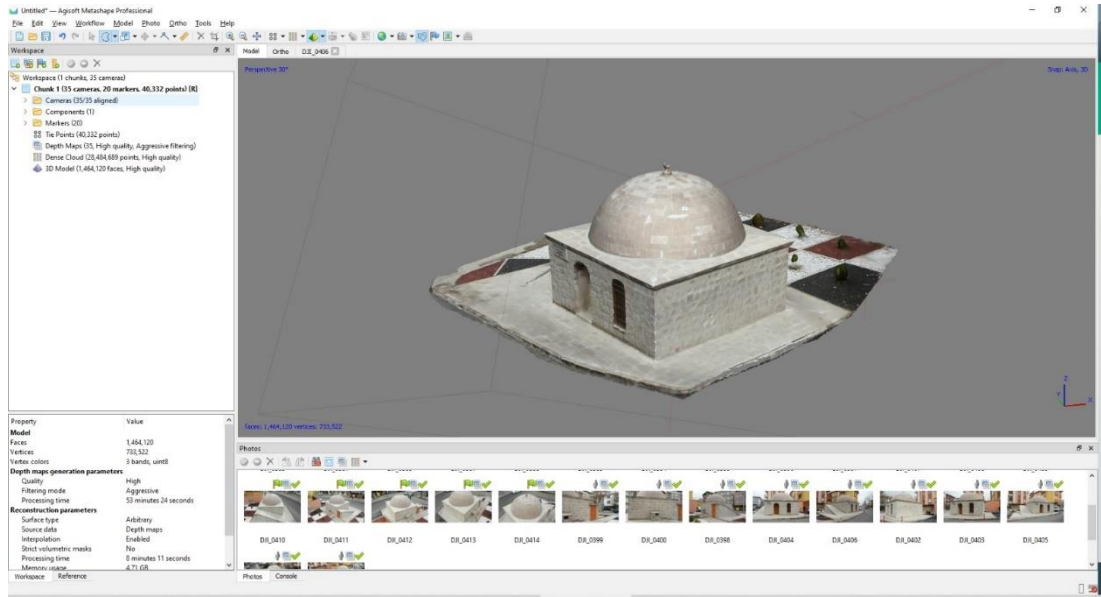
Şekil 5.21. Agisoft Metashape Professional yazılımında nokta yoğunluğu görüntüsü.



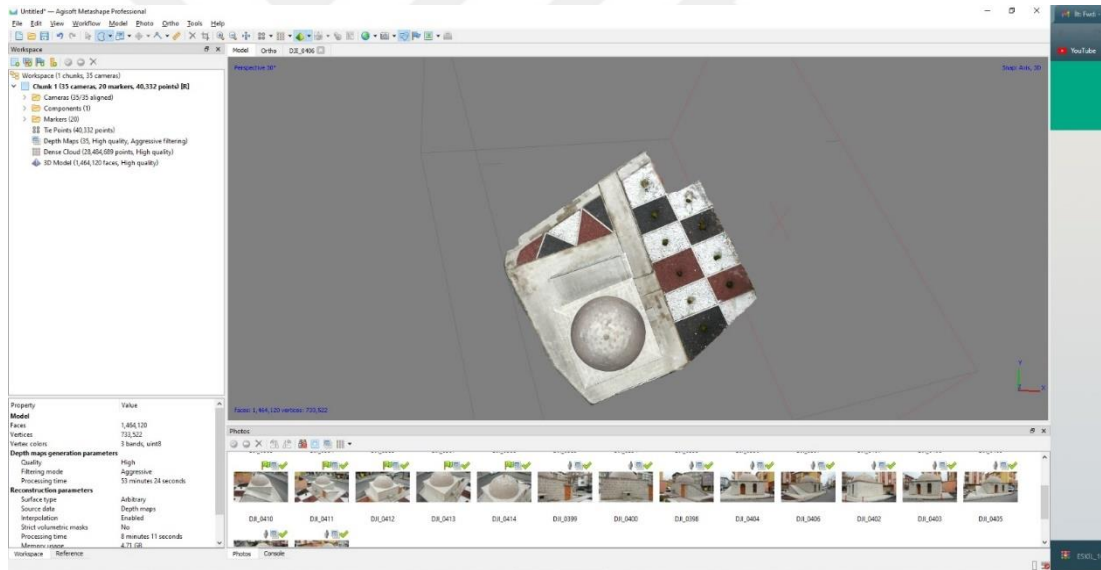
Şekil 5.22. Agisoft Metashape Professional yazılımında oluşturulan mesh model.



Şekil 5.23. Agisoft Metashape Professional yazılımında doku giydirilmiş 3B model.



Şekil 5.24. Agisoft Metashape Professional yazılımında doku giydirilmiş 3B model.



Şekil 5.25. Agisoft Metashape Professional yazılımında ortofoto görüntüsü.

Çizelge 5.4’de araziden alınan YKN ve detay noktalarının koordinatları ile Agisoft Metashape Professional yazılımı ile üretilen 3B model üzerinden alınan koordinatlar verilmiştir.

Çizelge 5.4. YKN ve detay noktalarının arazi ve 3B model koordinatları.

Arazide Elde Edilen (Kesin Koordinatlar)-ITRF 96				3B Modelden Elde Edilen Koordinatlar		
NN	X	Y	Z	X	Y	Z
1	589579.633	4249985.366	979.442	589579.604	4249985.369	979.445
2	589571.741	4249978.295	979.569	589571.753	4249978.255	979.550
3	589575.344	4249971.284	979.672	589575.369	4249971.302	979.659
4	589579.373	4249968.631	979.707	589579.356	4249968.665	979.716
5	589583.524	4249970.240	979.636	589583.507	4249970.263	979.694
6	589584.107	4249972.344	980.015	589584.130	4249972.321	979.939
7	589580.558	4249979.308	981.703	589580.587	4249979.339	981.720
8	589581.013	4249977.584	982.203	589581.033	4249977.634	982.216
9	589576.246	4249975.460	982.217	589576.216	4249975.490	982.222
10	589578.341	4249970.707	982.234	589578.309	4249970.724	982.203
11	589582.944	4249972.822	982.270	589582.952	4249972.79	982.281
12	589579.734	4249972.423	983.585	589579.697	4249972.429	983.597
13	589577.935	4249974.084	983.612	589577.963	4249974.100	983.616
15	589576.193	4249975.568	981.135	589576.188	4249975.553	981.163
16	589576.138	4249975.457	981.173	589576.141	4249975.425	981.203
17	589578.213	4249970.691	981.148	589578.221	4249970.702	981.163
18	589578.341	4249970.627	981.276	589578.364	4249970.632	981.246
19	589583.014	4249972.700	981.258	589583.020	4249972.663	981.221
20	589583.059	4249972.805	981.231	589583.063	4249972.821	981.258
21	589581.147	4249977.516	981.161	589581.145	4249977.526	981.194

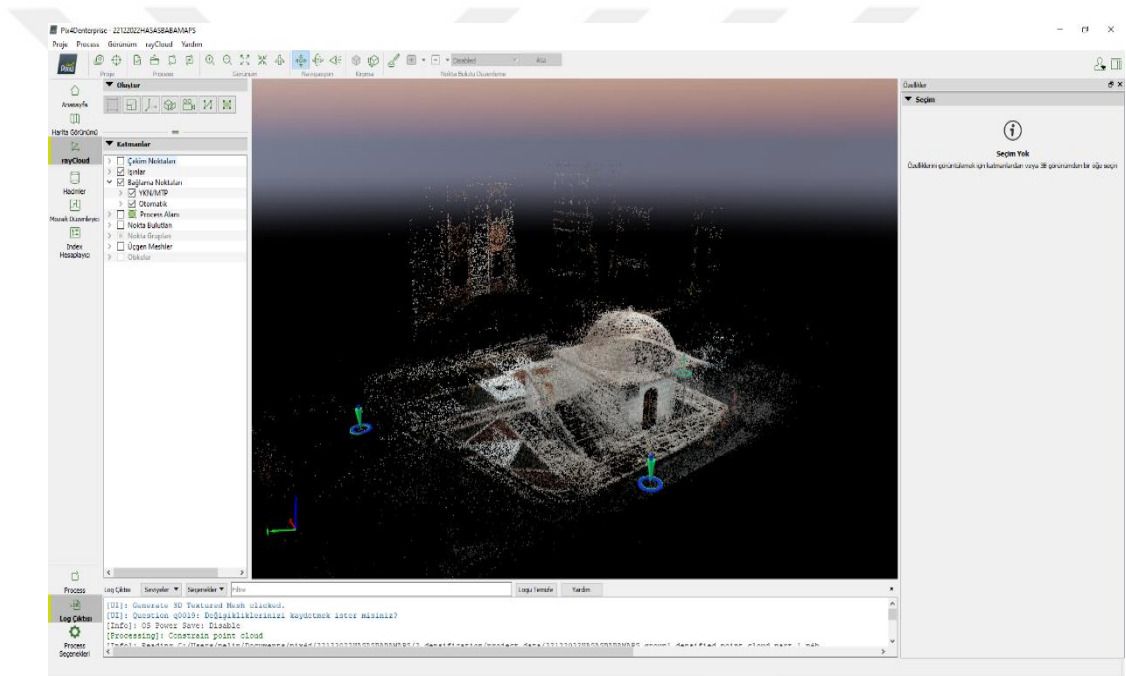
5.3.2 Pix4D Mapper yazılımı ile 3B model üretilmesi

Agisoft Metashape Professional yazılımında ürettiğimiz sonuç verileri ile Pix4D Mapper yazılımının sonuç verilerini karşılaştırmak maksadıyla Pix4D Mapper yazılımında 3B model üretilmesi işlemine geçilmiştir.

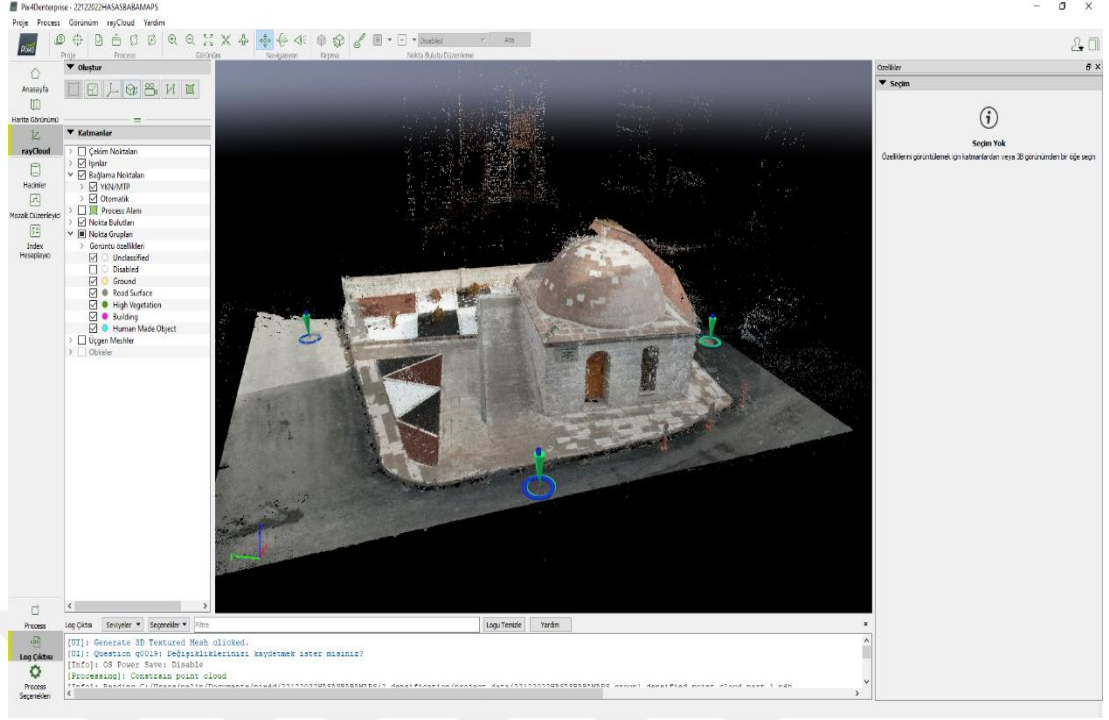
Öncelikle yeni proje oluşturulması ve oluşturulan projenin projeksiyon bilgileri ve koordinat sistemi tanımlama işlemi yapılmıştır. Araziden alınan fotoğraflar projeye eklenmiştir. Oluşacak modelin koordinat sistemi tanımlanmıştır. İşlem seçenekleri tablosundan ilgili verilerin seçilmesiyle 3B mapper sekmesini işaretlenerek proses

seçenekleri ayarlanmıştır. Bunun ardından seyrek nokta bulutunun oluşturulması sağlanmıştır (şekil 5.26). Yer kontrol noktaları ve detay noktaları projeye eklenerek model üzerinde referanslandırılmıştır. Proses tamamlanmış, sık nokta bulutu ile 3B model ve ortofoto üretimi sağlanmıştır. 3B nokta bulutu yoğun görüntü eşleme yöntemi kullanılarak yazılım tarafından otomatik üretilmiştir.

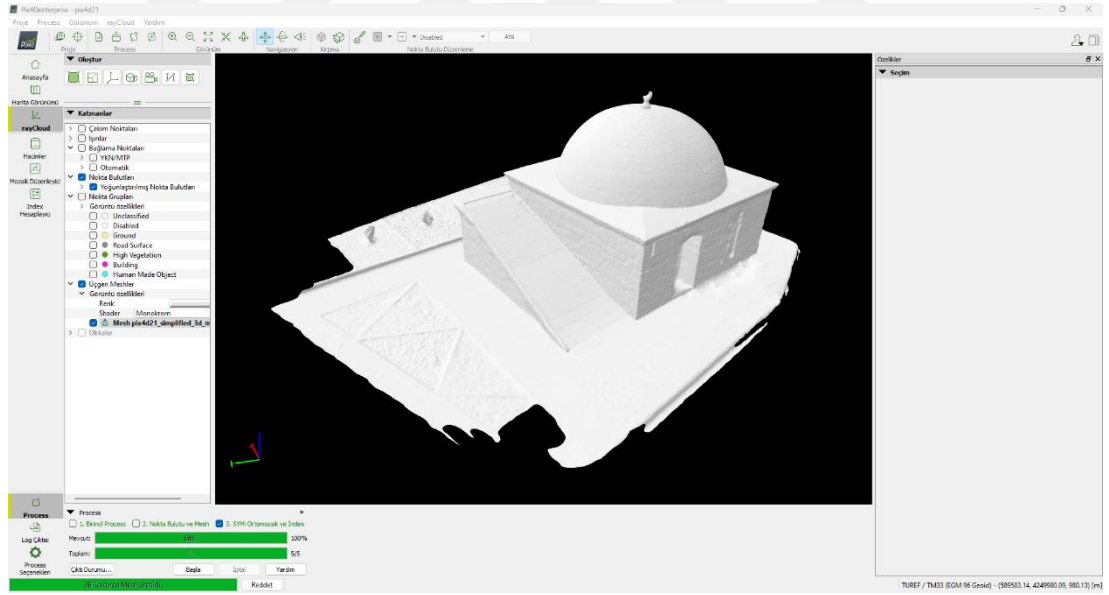
Bu işlem adımlarıyla sık nokta bulutu (şekil 5.27), mesh görüntü (şekil 5.28), 3B model (şekil 5.29, 5.30) ve ortofoto üretilmesi (şekil 5.31) işlemleri tamamlamıştır. Pix4D Mapper yazılımından üretilen ortofotonun Google Earth zerine işlenmiş hali ise şekil 5.32’ de verilmiştir. Pix4D Mapper yazılımında oluşturulan yükseklik tematik haritası şekil 5.33’ te gösterilmiştir.



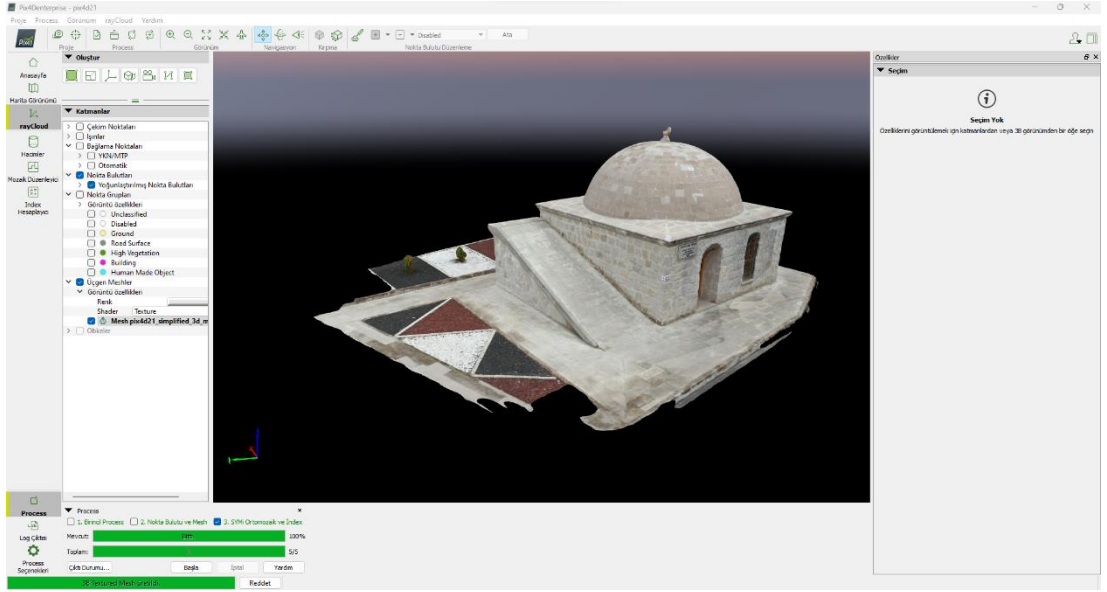
şekil 5.26. Pix4D Mapper yazılımında oluşturulan seyrek nokta bulutu görüntüsü.



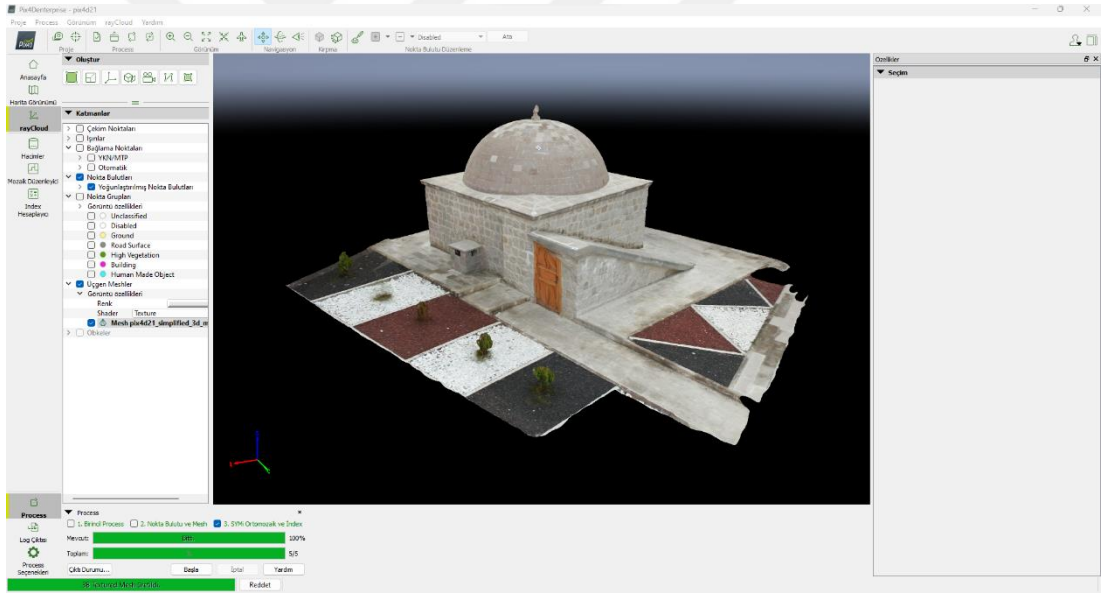
Şekil 5.27. Pix4D Mapper yazılımında oluşturulan sık nokta bulutu.



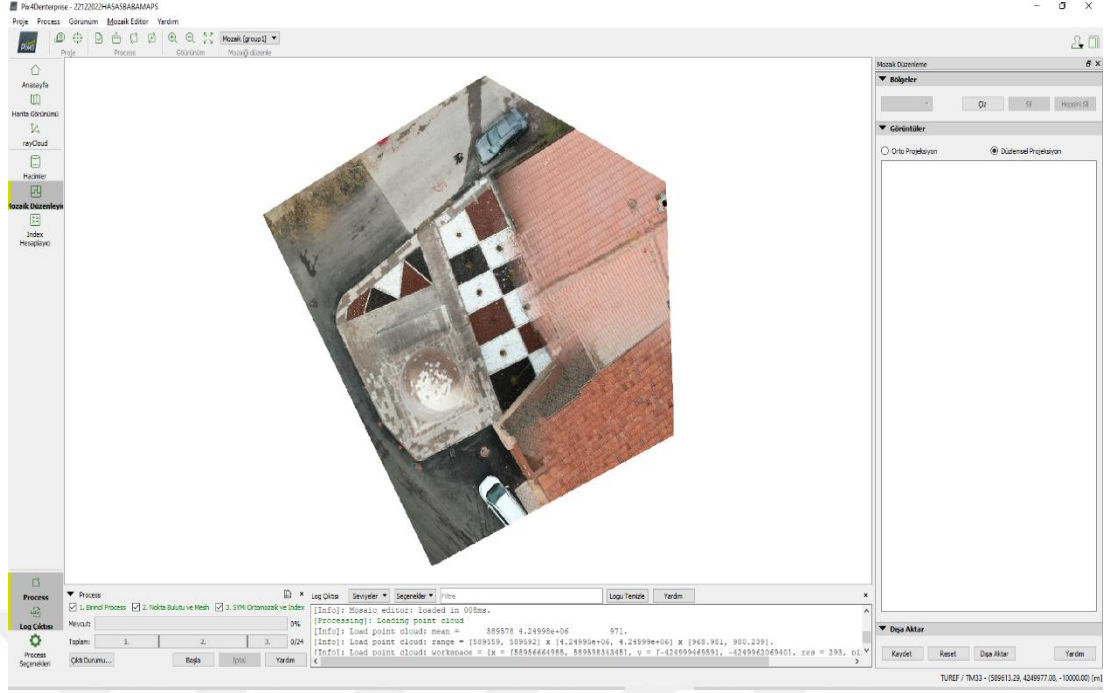
Şekil 5.28. Pix4D Mapper yazılımında oluşturulan mesh görüntü.



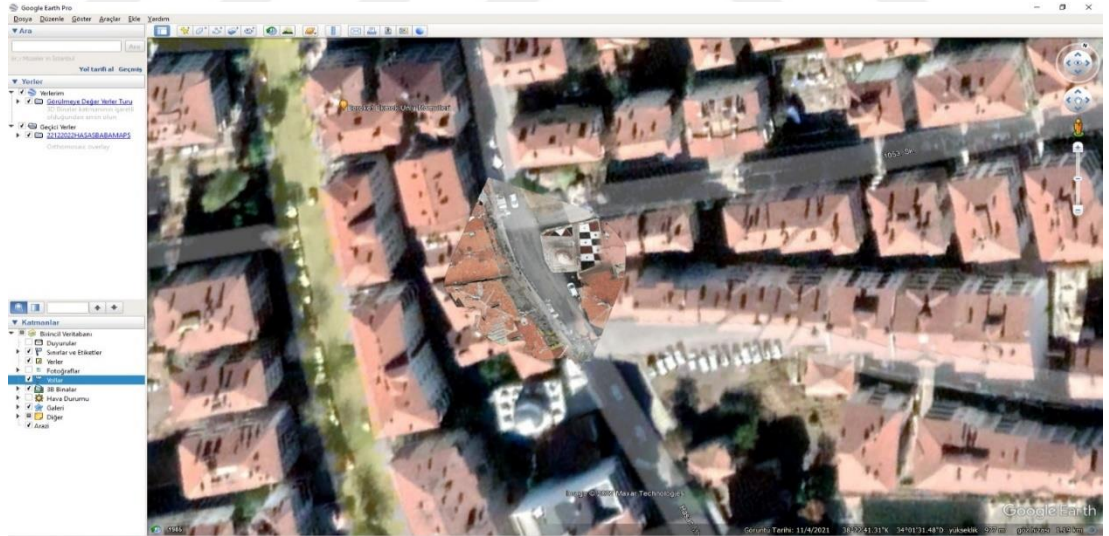
Şekil 5.29. Pix4D Mapper yazılımında oluşturulan doku giydirilmiş 3B model.



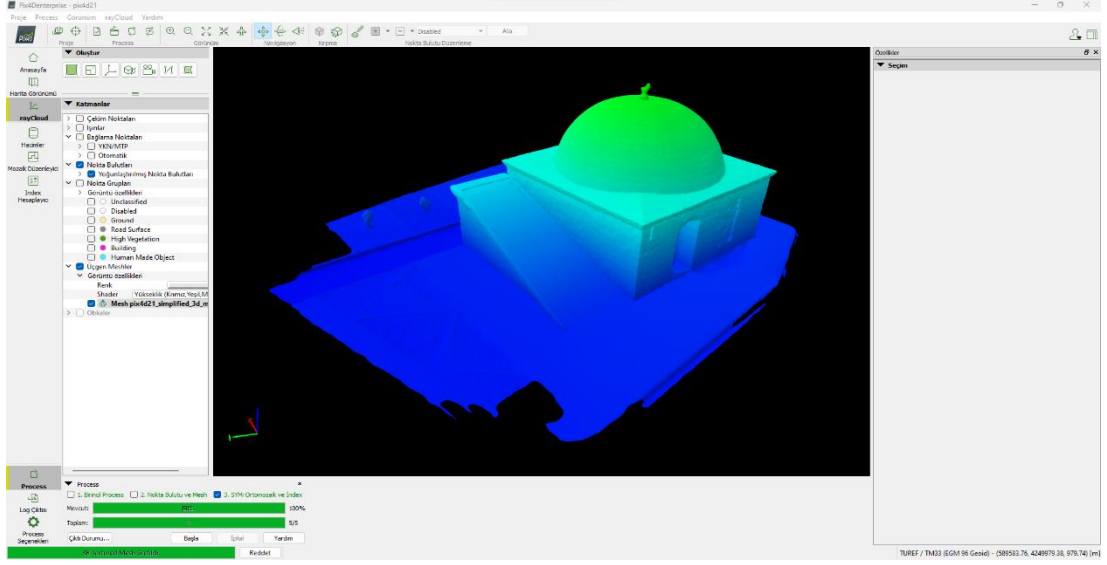
Şekil 5.30. Pix4D Mapper yazılımında oluşturulan doku giydirilmiş 3B model.



Şekil 5.31. Pix4D Mapper yazılımında oluşturulan ortofoto görüntüsü.



Şekil 5.32. Pix4D Mapper yazılımdan üretilen ortofotonun Google Earth üzerine işlenmiş hali.



Şekil 5.33. Pix4D Mapper yazılımında oluşturulan yükseklik tematik harita.

Çizelge 5.5’de araziden alınan YKN ve detay noktalarının koordinatları ile Pix4D Mapper yazılımı ile üretilen 3B model üzerinden alınan koordinatlar verilmiştir.

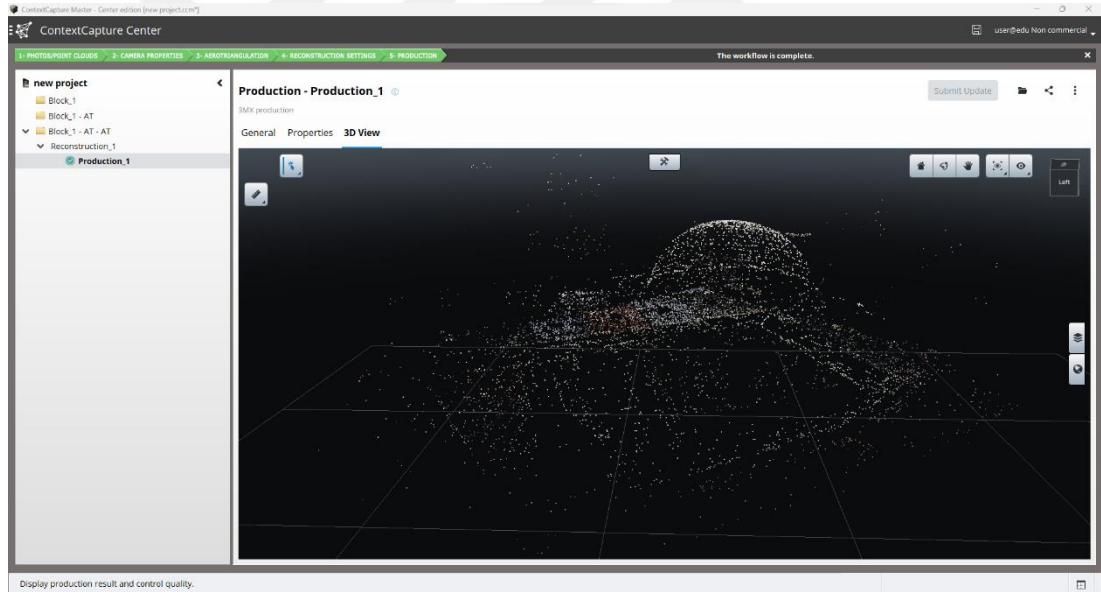
Çizelge 5.5. YKN ve detay noktalarının arazi ve 3B model koordinatları.

Arazide Elde Edilen (Kesin Koordinatlar)-ITRF 96				3B Modelden Elde Edilen Koordinatlar		
NN	X	Y	Z	X	Y	Z
1	589579.633	4249985.366	979.442	589579.657	4249985.358	979.460
2	589571.741	4249978.295	979.569	589571.711	4249978.327	979.576
3	589575.344	4249971.284	979.672	589575.329	4249971.271	979.684
4	589579.373	4249968.631	979.707	589579.398	4249968.600	979.747
5	589583.524	4249970.240	979.636	589583.542	4249970.226	979.600
6	589584.107	4249972.344	980.015	589584.082	4249972.386	980.094
7	589580.558	4249979.308	981.703	589580.519	4249979.269	981.695
8	589581.013	4249977.584	982.203	589580.983	4249977.547	982.180
9	589576.246	4249975.460	982.217	589576.283	4249975.432	982.188
10	589578.341	4249970.707	982.234	589578.382	4249970.697	982.257
11	589582.944	4249972.822	982.270	589582.928	4249972.872	982.276
12	589579.734	4249972.423	983.585	589579.774	4249972.424	983.582
13	589577.935	4249974.084	983.612	589577.899	4249974.076	983.591
15	589576.193	4249975.568	981.135	589576.198	4249975.583	981.094
16	589576.138	4249975.457	981.173	589576.133	4249975.489	981.161
17	589578.213	4249970.691	981.148	589578.206	4249970.690	981.108
18	589578.341	4249970.627	981.276	589578.317	4249970.629	981.292
19	589583.014	4249972.700	981.258	589583.000	4249972.727	981.290
20	589583.059	4249972.805	981.231	589583.052	4249972.798	981.244
21	589581.147	4249977.516	981.161	589581.142	4249977.508	981.138

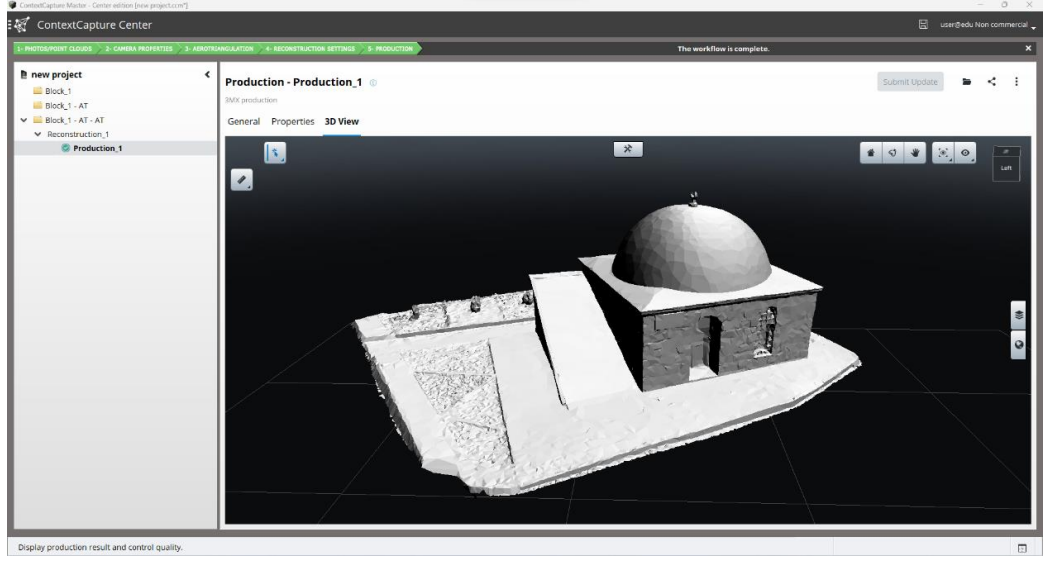
5.3.3 Context Capture yazılımı ile 3B model üretilmesi

Agisoft Metashape Professional ve Pix4D Mapper yazılımlarında üretilen sonuç verileri ile Context Capture yazılımının sonuç verilerini karşılaştırmak amacıyla Context Capture yazılımında 3B model üretilmesi işlemine geçilmiştir.

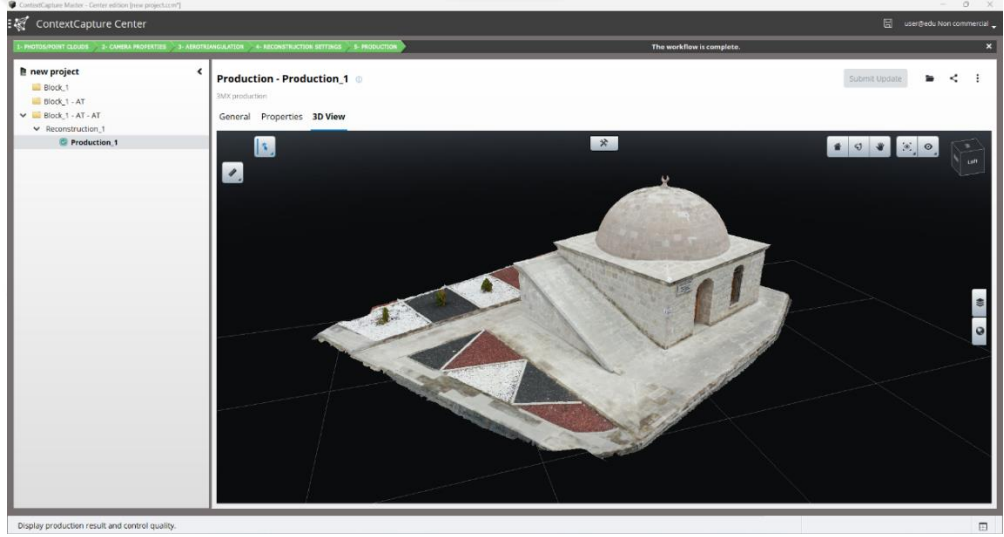
Öncelikle yeni proje oluşturulup fotoğraflar içe aktarılmıştır. Yer kontrol noktaları ve detay noktaları projeye eklenmiştir. Koordinat sistemi tanımlanmıştır. Fotoğraflar üzerinden kontrol noktaları referanslandırılmıştır. Bu adımlardan sonra ilk proses başlatılmasına hazır hale gelmiştir. İlk çıktı ürünü olarak seyrek nokta bulutu (Şekil 5.34) ve 3B model oluşturulmuştur. (Şekil 5.35, 5.36, 5.37). 3B nokta bulutu yazılım tarafından otomatik olarak oluşturulmuştur. Bu işlemlerin ardından istenilen çıktı verileri ayrı ayrı proseslerle oluşturulabilmektedir. (Nokta bulutu, Ortofoto, DSM vb.) Context Capture yazılımı sık nokta bulutu oluşturmamaktadır.



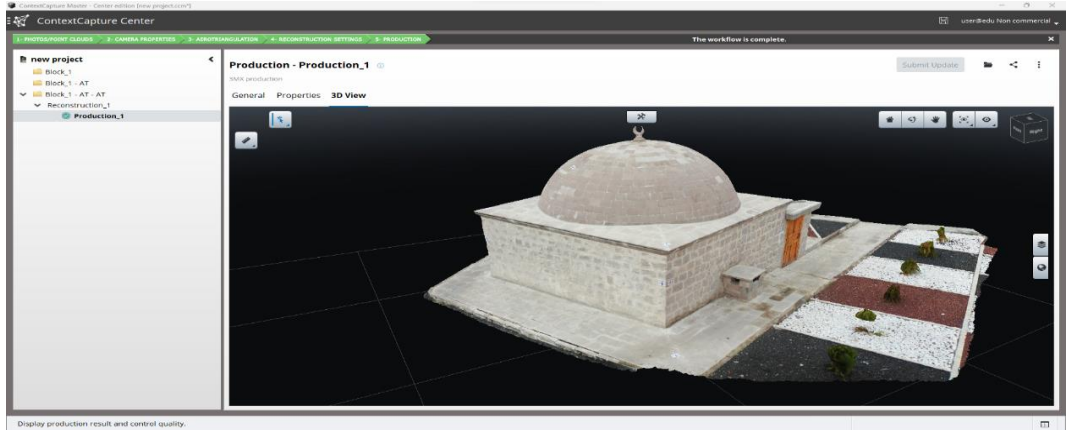
Şekil 5.34. Context Capture yazılımında seyrek nokta bulutu.



Şekil 5.35. Context Capture yazılımında 3B mesh model görüntüsü.



Şekil 5.36. Context Capture yazılımında giydirilmiş 3B model görüntüsü (ön cephe).



Şekil 5.37. Context Capture yazılımında giydirilmiş 3B model görüntüsü (arka cephe).

Çizelge 5.6’da araziden alınan YKN ve detay noktalarının koordinatları ile Context Capture yazılımı ile üretilen 3B model üzerinden alınan koordinatlar verilmiştir.

Çizelge 5.6. YKN ve detay noktalarının arazi ve 3B model koordinatları.

Arazide Elde Edilen (Kesin Koordinatlar)-ITRF 96				3B Modelden Elde Edilen Koordinatlar		
NN	X	Y	Z	X	Y	Z
1	589579.633	4249985.366	979.442	589579.604	4249985.367	979.444
2	589571.741	4249978.295	979.569	589571.779	4249978.247	979.548
3	589575.344	4249971.284	979.672	589575.370	4249971.298	979.659
4	589579.373	4249968.631	979.707	589579.357	4249968.658	979.722
5	589583.524	4249970.240	979.636	589583.507	4249970.267	979.692
6	589584.107	4249972.344	980.015	589584.149	4249972.300	979.940
7	589580.558	4249979.308	981.703	589580.589	4249979.340	981.721
8	589581.013	4249977.584	982.203	589581.035	4249977.597	982.217
9	589576.246	4249975.460	982.217	589576.224	4249975.490	982.240
10	589578.341	4249970.707	982.234	589578.317	4249970.724	982.214
11	589582.944	4249972.822	982.270	589582.950	4249972.797	982.300
12	589579.734	4249972.423	983.585	589579.705	4249972.427	983.615
13	589577.935	4249974.084	983.612	589577.961	4249974.097	983.614
15	589576.193	4249975.568	981.135	589576.189	4249975.553	981.172
16	589576.138	4249975.457	981.173	589576.142	4249975.425	981.212
17	589578.213	4249970.691	981.148	589578.220	4249970.700	981.163
18	589578.341	4249970.627	981.276	589578.363	4249970.633	981.265
19	589583.014	4249972.700	981.258	589583.021	4249972.739	981.221
20	589583.059	4249972.805	981.231	589583.060	4249972.818	981.273
21	589581.147	4249977.516	981.161	589581.145	4249977.525	981.196

6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Aksaray il merkezinde bulunan Hasas Baba Türbesinin İHA ile görüntüleri elde edilip bu görüntüler kullanılarak Agisoft Metashape Professional, Pix4D Mapper ve Context Capture yazılımlarında ayrı ayrı 3B modelleme işlemleri yapılmıştır. Bu işlem sonucunda ulaşılan sonuç verileri çizelge 6.1, 6.2, 6.3 ve 6.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Agisoft Metashape yazılımına göre hata değerleri.

Agisoft Metashape Professional						
N.N	Vi Farklar (cm)			Vi Farklar (cm ²)		
	Vx	Vy	Vz	VxVx	VyVy	VzVz
1	-2.92	0.22	0.35	8.51	0.05	0.12
2	1.22	-3.98	-1.95	1.48	15.86	3.78
3	2.55	1.83	-1.31	6.49	3.33	1.72
4	-1.77	3.36	0.91	3.13	11.28	0.83
5	-1.72	2.23	5.77	2.95	4.96	33.31
6	2.32	-2.29	-7.60	5.37	5.25	57.78
7	2.89	3.08	1.73	8.36	9.51	3.00
8	1.94	4.98	1.33	3.78	24.79	1.76
9	-2.98	3.02	0.53	8.88	9.15	0.28
10	-3.14	1.72	-3.12	9.83	2.97	9.71
11	0.81	-3.17	1.14	0.66	10.04	1.30
12	-3.73	0.63	1.20	13.88	0.40	1.43
13	2.83	1.53	0.38	8.02	2.35	0.14
15	-0.56	-1.43	2.84	0.31	2.06	8.04
16	0.30	-3.19	3.01	0.09	10.16	1.03
17	0.78	1.04	1.50	0.61	1.08	2.24
18	2.28	0.50	-3.01	5.22	0.25	9.03
19	0.64	-3.65	-3.75	0.41	13.35	14.03
20	0.43	1.57	2.72	0.18	2.47	7,41
21	-0.20	1.00	3.33	0.04	1.01	11.09

Çizelge 6.2. Pix4D Mapper yazılımına göre hata değerleri.

Pix4D Mapper						
N.N	Vi Farklar (cm)			Vi Farklar (cm ²)		
	Vx	Vy	Vz	VxVx	VyVy	VzVz
1	2.40	-0.80	1.80	5.76	0.64	3.24
2	-3.00	3.20	0.70	9.00	10.24	0.49
3	-1.50	-1.30	1.20	2.25	1.69	1.44
4	2.50	-3.10	4.01	6.25	9.61	16.08
5	1.80	-1.40	-3.60	3.24	1.96	12.96
6	-2.50	4.20	7.90	6.25	17.64	62.41
7	-3.90	-3.90	-3.80	15.21	15.21	14.44
8	-3.00	-3.70	-2.30	9.00	13.69	5.29
9	3.70	-2.80	-2.90	13.69	7.84	8.41
10	4.10	-1.00	2.30	16.81	1.00	5.29
11	-1.60	5.00	0.60	2.56	25.00	0.36
12	4.00	0.10	-3.30	16.00	0.01	10.89
13	-3.60	-0.80	-2.10	12.96	0.64	4.41
15	0.50	1.50	-4.10	0.25	2.25	16.81
16	-0.50	3.20	-1.20	0.25	10.24	1.44
17	-0.70	-0.10	-4.00	0.49	0.01	16.00
18	-2.40	0.20	1.60	5.76	0.04	2.56
19	-1.40	2.70	3.20	1.96	7.29	10.24
20	-0.70	-0.70	1.30	0.49	0.49	1.69
21	-0.50	-0.80	-2.30	0.25	0.64	5.29

Çizelge 6.3. Context Capture yazılımına göre hata değerleri.

Context Capture						
N.N	Vi Farklar (cm)			Vi Farklar (cm ²)		
	Vx	Vy	Vz	VxVx	VyVy	VzVz
1	-2.93	0.11	0.23	8.56	0.01	0.05
2	3.82	-4.81	-2.12	14.62	23.15	4.50
3	2.63	1.39	-1.33	6.90	1.93	1.77
4	-1.67	2.71	1.51	2.78	7.36	2.27
5	-1.70	2.66	5.59	2.88	7.10	31.20
6	4.17	-4.39	-7.52	17.35	19.25	56.55
7	3.11	3.18	1.84	9.64	10.13	3.38
8	2.19	1.24	1.36	4.81	1.53	1.84
9	-2.14	3.00	2.33	4.58	9.02	5.43
10	-2.35	1.69	-2.01	5.50	2.85	4.04
11	0.68	-2.46	2.98	0.47	6.05	8.88
12	-2.97	0.42	2.95	8.81	0.17	8.70
13	2.64	1.28	0.21	6.97	1.65	0.05
15	-0.41	-1.44	3.68	0.17	2.09	13.54
16	0.49	-3.20	3.87	0.24	10.25	14.98
17	0.69	0.90	1.50	0.47	0.82	2.24
18	2.18	0.59	-1.15	4.77	0.34	1.31
19	0.67	3.97	-3.74	0.45	15.79	14.01
20	0.05	1.29	4.18	0.00	1.67	17.47
21	-0.15	0.98	3.46	0.02	0.96	11.97

Çizelge 6.4. YKN ve detay noktaları koordinatlarının arazi ve 3B model üzerinden alınan farklarının karesel ortalama hataları.

Yazılım Adı	m_{xy} (cm)	m_z (cm)
Agisoft Metashape Professional	3.39142	3.04414
Pix4D Mapper	3.66031	3,24232
Context Capture	3.41894	3.27871

Çizelge 6.4 incelendiğinde İHA uçuşu ile elde edilen hava görüntülerinin fotogrametrik teknikler kullanılarak elde edilen 3B modellerden Agisoft Metashape Professional yazılımında konum hatasının $m_{xy} = \pm 3.39$ cm, yükseklik hatasının $m_z = \pm 3.04$ cm olduğu, Pix4D Mapper yazılımında konum hatasının $m_{xy} = \pm 3.66$ cm, yükseklik hatasının $m_z = \pm 3.24$ cm olduğu, Context Capture yazılımında konum hatasının $m_{xy} = \pm 3.42$ cm, yükseklik hatasının $m_z = \pm 3.28$ cm olarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan sonuçlara göre fotogrametrik çalışmalarda kullanılan İHA görüntülerinin aynı olması ve yer kontrol noktalarını kesin koordinat kabul ederek aynı noktalardan geo-referanslama yapıldığı ve tüm bu fotogrametrik çalışmaların aynı bilgisayarda çalışıldığı bilgileri doğrultusunda bahsi geçen üç ayrı yazılımda da yeterli hassasiyette verilerin ortaya çıktığı sonucu görülmüştür.

Aynı bilgisayar kullanılarak yapılan çalışmalarda Agisoft Metashape Professional yazılımı ile yapılan işlemlerin tamamı yaklaşık 4 saat 30 dakika sürmüştür. Pix4D Mapper yazılımı ile yapılan işlemler yaklaşık 1 saat sürmüştür. Context Capture yazılımı ile yapılan işlemlerin tamamı yaklaşık 1 saat 30 dakika sürmüştür.

Konum ve yükseklik hassasiyeti olarak karşılaştırma yapıldığında, her ne kadar sonuçlar birbirine çok yakın olsa da Agisoft Metashape Professional yazılımı diğer iki yazılıma göre daha hassas konum doğruluğu vermiştir. Ancak nokta bulutu, 3B model, ortofoto üretimini çok daha uzun bir zamanda tamamlayabilmiştir. Aynı zamanda Agisoft Metashape Professional yazılımının ara yüzü diğer yazılımlarına göre daha zor ve yavaştır. Pix4D Mapper yazılımının sonuç ürünlerini verme zamanı ve ara yüz kullanımı diğer yazılımlara göre daha hızlı ve kolaydır. Bunun yanı sıra Context

Capture yazılımı giydirilmiş görüntü kalitesi bakımından diğer iki yazılımından öne çıkmaktadır.

Çizelge 6.5. Arazide ölçülen bazı cepheler ile 3B modellerden alınan cephe ölçüleri.

	Arazide ölçülen cephe (m)	Agisoft Metashape Professional modelden ölçülen cephe (m)	Pix4D Mapper modelden ölçülen cephe (m)	Context Capture modelden ölçülen cephe (m)
9-10	5.194	5.208	5.184	5.208
10-11	5.065	5.09	5.036	5.081
16-17	5.198	5.158	5.218	5.158
20-21	5.084	5.077	5.083	5.086

Çizelge 6.4 ve çizelge 6.5’de verilen değerler incelendiğinde bahse konu yazılımların her biri BÖHHBÜY’ün “Detay ölçme doğruluğu” hakkındaki 46-1 maddesi, “Detay ölçümlerinde cephe kontrolü” hakkındaki 48-1 ve 48-2 maddeleri kapsamında yeterli hassasiyetleri vermiştir ve fotogrametrik çalışmalarda kullanımı oldukça fazladır.

Sonuç olarak kültürel mirasın gelecekteki nesillere aktarılması konusunda dijital arşivleme çalışmalarının öneminden sıklıkla bahsedilmiştir. Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlara göre fotogrametrik tekniklerle ölçülen eserlerin konum, yükseklik ve doku giydirilmiş görüntü verileri restorasyon çalışmalarında yeterli nitelikte altlık ihtiyacına cevap verebilmektedir. Ayrıca fotogrametrik rölöve çalışmalarında 3B modeller üzerinden istenilen ölçünün alınabilmesi araziye gitmek zorunluluğunu ortadan kaldırarak zaman ve emekten tasarruf edilmesi anlamına gelmektedir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada girdi verisi olarak İHA uçuş görüntüleri, yer kontrol noktaları ve eser üzerine homojen dağılmış detay noktaları kullanılmıştır. Öncelik olarak İHA ve İHA kamerasının kalitesi ve çözünürlüğü çıkacak sonuca doğrudan etki edeceği için DJI Air 2S marka ve modeldeki İHA'nın teknik özellikleri incelenerek çalışma yapılacak uygulama için yeterli nitelikte olduğuna kanaat getirilmiştir. 3B modellemesi yapılacak Hasas Baba Türbesi'nin Aksaray il merkezinde olmasından dolayı sabit bir yükseklikten uçuş yapılamamıştır. Uçuş yüksekliği sabit tutulmayıp manuel uçuş yapılmıştır ve fotoğraf bindirmeleri kontrol ünitesinden manuel olarak ayarlanmıştır. Uçuş süresi 20 dakika sürmüştür. Büro çalışmaları kapsamında fotogrametrik yazılımlar olan Agisoft Metashape Professional, Pix4D Mapper ve Context Capture yazılımları kullanılmıştır.

Uygulama sırasında kullanılan bilgisayarın özellikleri; İşletim sistemi Windows 10 64 bit, RAM 63.84 GB, CPU Intel(R) Core(TM) i7-10700K CPU 3.80GHz, GPU Nvidia 2060 6 GB'dir.

Agisoft Metashape Professional yazılımı ile yapılan işlemlerin tamamı yaklaşık 4 saat 30 dakika sürmüştür. Pix4D Mapper yazılımı ile yapılan işlemler yaklaşık 1 saat sürmüştür. Context Capture yazılımı ile yapılan işlemlerin tamamı yaklaşık 1 saat 30 dakika sürmüştür.

Agisoft Metashape Professional yazılımında konum hatasının $m_{xy} = \pm 3.39$ cm, yükseklik hatasının $m_z = \pm 3.04$ cm olduğu, Pix4D Mapper yazılımında konum hatasının $m_{xy} = \pm 3.66$ cm, yükseklik hatasının $m_z = \pm 3.24$ cm olduğu, Context Capture yazılımında konum hatasının $m_{xy} = \pm 3.42$ cm, yükseklik hatasının $m_z = \pm 3.28$ cm olarak hesaplanmıştır.

Bu sonuçlara göre her ne kadar sonuçlar birbirine çok yakın olsa da Agisoft Metashape Professional yazılımının en hassas sonucu verdiği ancak en uzun işlem süresine sahip olduğu görülmüştür. Aynı zamanda Agisoft Metashape Professional ara yüzünün diğer kullanılan yazılımlara göre kullanımının daha zor olduğu görülmüştür.

Pix4D Mapper ve Context Capture yazılımlarının sonuç çıktılarının hassasiyetleri her ne kadar birbirine yakın olsa da kullanım kolaylığı ve işlem süreleri açısından farklılıklar göstermektedir. Pix4D Mapper yazılımı işlem süresi, Türkçe dil desteği ve kullanım kolaylığı olarak Context Capture yazılımına göre ön plana çıkmaktadır. Context Capture ise giydirilmiş doku kalitesi bakımından oldukça kaliteli sonuç vermiştir.

Yapılan büro çalışmaları sonucunda Agisoft Metashape Professional, Pix4D Mapper ve Context Capture yazılımlarının konum ve yükseklik hatalarının BÖHHBÜY'ün "Detay ölçme doğruluğu" hakkındaki 46-1 maddesi ve "Detay ölçümlerinde cephe kontrolü" hakkındaki 48-1 ve 48-2 maddeleri kapsamında bahsettiği doğruluk sınırları içerisinde kaldığı görülmüştür.

Fotogrametrik değerlemesi yapılmış olan eserin şehir merkezinde olduğundan dolayı etrafının yapılarla çevrili oluşu, araç ve yaya trafiğinin bölgede yoğun oluşu, uçuş sırasında etrafta güvercinlerin bulunuşu, İHA uçuşunu ve görüntü alacak konumu sağlamayı zorlaştırmıştır. Ancak uçuş sırasında yaşanan tüm bu zorluklara rağmen elde edilen sonuçlar BÖHHBÜY'de bahsedilen doğruluk sınırları içerisinde kalmıştır. Şehir merkezlerinde bulunan eserlerin fotogrametrik rölöve çalışmalarında yersel fotogrametri yöntemi de oldukça yaygındır ancak yersel fotogrametri yöntemi ile yapılan çalışmalarda eser çatısının fotoğraflanması dezavantajı da unutulmamalıdır.

Kültürel mirasın belgelenmesi ve dijital arşivlenmesi kapsamında yapılan çalışmalarda İHA kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Ülkemizin İHA üretme konusunda yapmış olduğu atılımlar son derece mutluluk vericidir. Ancak yerli yazılım geliştirme konusunda da çalışmalar yapmak gerekmektedir. Sürekli gelişen teknoloji çağında gelişmiş ülkeler ile rekabet edebilmek adına yerli yazılım geliştirme konusunda da çaba sarf etmemiz gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Alidoost, F. ve Arefi, H., 2017. Comparison of uas-based photogrammetry software for 3D point cloud generation: a survey over a historical site. *isprs Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 4.
- Asri, İ. ve Çorumluoğlu, Ö., 2014. Tarihi yerleşim alanlarının yersel fotogrametri yöntemi ile 3b modellenmesi: Santa-harabeleri örneği. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu*.
- Bakırman, T., Bayram, B., Akpınar, B., Karabulut, M. F., Bayrak, O. C., Yiğitoğlu, A. ve Şeker, D. Z., 2020. Implementation of ultra-light UAV systems for cultural heritage documentation. *Journal of Cultural Heritage*.
- Başak, H. ve Gülen, M., 2010. İnsansız hava aracı kazalarının önlenmesi için risk ölçümü ve yönetimi modeli. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14, 1, 55-65.
- Bilgi, S., 2007. Fotogrametri ve uzaktan algılamada veri elde etme yöntemlerinin gelişimi ve kısa tarihçeleri. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 96, 48-55.
- Demirkesen, A. C., Özlüdemir, M. T. ve Demir, H. M., 2005. Kapadokya örneğinde tarihi ve kültürel mirasın korunması ve bu işlemlerde harita mühendislerinin yetki ve sorumlulukları.
- Elkhrachy, I., 2021. Accuracy assessment of low-cost Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry. *Alexandria Engineering Journal*, 60, 6, 5579-5590.
- Erdal, Z., 2018. "Aksaray'da Fazla Tanınmayan Anadolu Selçuklu Türbeleri", *USAD*.
- Erdoğan, A., Kabadayı, A. ve Akın, E. S., 2021. Kültürel mirasın fotogrametrik yöntemle 3B modellenmesi: Karabıyık Köprüsü Örneği. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 3, 1, 23-27.
- Eryavuz, M. ve Gencer, C., 2001. Araç rotalama problemine ait bir uygulama, Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yayınlanmamış Y. Lisans Tezi, Isparta.
- Esposito, S., Fallavollita, P., Wahbeh, W., Nardinocchic, C. ve Balsia, M., 2014. "Performance Evaluation of UAV Photogrammetric 3D Reconstruction." In *Proceedings of the 2014 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 4788-4791, Quebec City, QC, Canada, July 13-18. IEEE: Piscataway, NJ, USA.

- Firdaus, M. I. ve Rau, J. Y., 2017. Comparisons of the three-dimensional model reconstructed using MicMac, PIX4D mapper and Photoscan Pro. In Proceedings of the 38th Asian Conference on Remote Sensing-Space Applications: Touching Human Lives, ACRS, New Delhi, India pp. 23-27.
- Gagliolo, S., Ausonio, E., Federici, B., Ferrando, I., Passoni, D. ve Sguerso, D., 2018. 3D Cultural Heritage Documentation: a Comparison Between Different Photogrammetric Software and Their Products. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 422, 347-354.
- Jeon, E. I., Yu, S. J., Seok, H. W., Kang, S. J., Lee, K. Y. ve Kwon, O. S., 2017. Comparative evaluation of commercial softwares in UAV imagery for cultural heritage recording: case study for traditional building in South Korea. Spatial Information Research, 25, 5, 701-712.
- Jo, Y. H. ve Hong, S., 2019. Three-Dimensional Digital Documentation of Cultural Heritage Site Based on the Convergence of Terrestrial Laser Scanning and Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry. International Journal of GeoInformation ISPRS, 8, 2.
- Kaya, Y., Yiğit, A. Y., Ulvi, A. ve Yakar, M., 2021. Arkeolojik alanların dokümantasyonunda fotogrametrik tekniklerinin doğruluklarının karşılaştırmalı analizi: Konya Yunuslar Örneği. Harita Dergisi, 165, 57-72.
- Letellier, R., Schmid, W. ve LeBlanc, F., 2007 Recording, Documentation and Information Management For The Conservation Of Heritage Places.
- Marangoz, A., 2012. Yersel Fotogrametri Ders Notları (Fotogrametri I Ders Notları, Yrd. Doç. Dr. Aycan M. Marangoz, Bülent Ecevit Üniversitesi Müh. Fak. Jeodezi ve Fot. Müh. Bölümü, Fotogrametri ABD Sunuları 2012).
- Messaoudi, T., Véron, P., Halin, G. ve De Luca, L., 2018. An ontological model for the reality-based 3D annotation of heritage building conservation state. Journal of Cultural Heritage, 29, 100-112.
- Mohammed, O. ve Yakar, M., 2016. Yersel Fotogrametrik Yöntem İle İbadethanelerin Modellenmesi. Selcuk University Journal of Engineering Sciences, 15, 2, 85-95.
- Ağca, M., Nurgül, G. ve Kaya, E., 2020. İnsansız hava aracından elde edilen veriler ile kaya düşme potansiyelinin değerlendirilmesi: Adam Kayalar örneği, Mersin. Geomatik, 5, 2, 134-145.
- Öztemiz, S. 2017. Türkiye’de dijital kültürel miras ürünlerine açık erişim. Hiperlink eğit. ilet. yay. san. tic. ve ltd. sti.

- Pádua, L. Adão, T., Hruška, J., Marques, P., Sousa, A., Morais, R. ve Peres, E., 2018. UAS-based photogrammetry of cultural heritage sites: A case study addressing Chapel of Espírito Santo and photogrammetric software comparison. In Proceedings of the International Conference on Geoinformatics and Data Analysis, 72-76.
- Pan, Y., Dong, Y., Wang, D., Chen, A. ve Ye, Z., 2019. Threedimensional reconstruction of structural surface model of heritage bridges using UAVbased photogrammetric point clouds. Remote Sensing, 11, 10, 1204.
- Pena-Villasenín, S., Gil-Docampo, M. ve Ortiz-Sanz, J., 2020. Desktop vs cloud computing software for 3D measurement of building façades: The monastery of San Martín Pinario. Measurement, 149, 106984.
- Sauerbier, M. ve Eisenbeiss, H., 2010. UAVs for the documentation of archaeological excavations. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 38, 5, 526-531.
- Sucu, M. S. 2019. İnsansız hava aracı (İHA) verilerinin kültürel mirasların belgelenmesinde kullanılabilirliği: Binbir Kilise örneği, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Şenol, H. İ., Yiğit, Kaya, Y. ve Ulvi, A., 2021. İHA ve yersel fotogrametrik veri füzyonu ile kültürel mirasın 3 boyutlu (3B) modelleme uygulaması: Kanlıdivane Örneği. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 3, 1, 29-36.
- Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. ve Kaya, Y., 2019. The use of photogrammetric techniques in documenting cultural heritage: The Example of Aksaray Selime Sultan Tomb. Universal Journal Of Engineering Science, 7, 3, 64-73.
- Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. Y. ve Kaya, Y., 2020. İHA ve yersel fotogrametrik teknikler kullanarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 Boyutlu nokta bulutu ve modelinin üretilmesi. Geomatik Dergisi, 5, 1, 22-30.
- Ulvi, A., 2021. Documentation, Three-Dimensional (3D) Modelling and visualization of cultural heritage by using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry and terrestrial laser scanners. International Journal of Remote Sensing, 42, 6, 1994-2021.
- Uslu A. ve Uysal, M., 2017. Arkeolojik eserlerin fotogrametri yöntemi ile 3 boyutlu modellenmesi: Demeter Heykeli örneği. Geomatik, 2, 2, 60-65.
- Yakar, M., Kabadayı, A., Yiğit, A. Y., Çıkkıkcı, K., Kaya, Y. ve Catın, S. S., 2016. Emir Saltuk Kümbeti fotogrametrik rölöve çalışması ve 3boyutlu modellenmesi. Geomatik, 1, 1, 14-18.
- Yiğit, A. Y. ve Ulvi, A., 2020. İHA fotogrametrisi tekniği kullanarak 3B model oluşturma: Yakutiye Medresesi Örneği. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 2, 2, 46-54.

URL1<https://www.ipkb.gov.tr/wpcontent/uploads/2018/10/ISMEP6_KC3BCltC3BCrelMirasC4B1nKorunmasC4B1.pdf , Erişim Tarihi: 05.11.2022

URL2<<http://www.aksaray.gov.tr/aksaraytanitim#:~:text=Cumhuriyet%20d%C3%B6nemi%20kadar%20Konya'ya,M.%C3%96>. , Erişim Tarihi: 14.11.2022

URL3<<http://www.aksaray.gov.tr/aksaraytanitim#:~:text=Cumhuriyet%20d%C3%B6nemi%20kadar%20Konya'ya,M.%C3%96>. , Erişim Tarihi: 14.11.2022



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Pelinsu YILDIRIM DEMİR

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği, 2011-2016

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği, 2020-

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Kayseri ve Cıvırı Elektrik Türk A.Ş. / Yaz Stajı, 2013-2013
2. MKA Harita Mühendislik/ Harita Mühendisi, 2016-...
3. Özerler MÜH. İNŞ. A.Ş./Harita Mühendisi, 2017-2018
4. Doruk Harita İmar İNŞ. MAD: JEO. ULŞ. SAN./ Harita Mühendisi, 2020-2020
5. Vemak MÜH. İNŞ. Gayrimenkul DNŞ. OTO SAN./Harita Mühendisi, 2021-2021
6. Tepekonut İNŞ. SAN. TİC. A.Ş./ Harita Mühendisi, 2021-...

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Kongrelerde Sunulan Bildiriler

1. Yıldırım Demir, P., Yaman, A., 2022, Kültürel Mirasın Dijital Olarak Arşivlenmesi Kapsamında Yapılan Fotogrametrik Rölöve Çalışmalarında İHA'nın Rolü, Karadeniz 11. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, Rize.
2. Yıldırım Demir, P., Yaman, A., 2022, Yersel Fotogrametri Yöntemi ve Kullanım Alanları, 8. Uluslararası Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Kongresi, İstanbul.