

## Hasas Baba Türbesi'nin Fotogrametrik Rölöve Alımı ve Farklı Yazılımlarda Doğruluk Araştırması

Pelinsu YILDIRIM DEMİR<sup>1</sup>, Aydan YAMAN<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup> Harita Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, Türkiye  
<sup>1</sup> mkaharita@gmail.com, <sup>2</sup> aydanyaman@aksaray.edu.tr

(Geliş/Received: 13/06/2023;

Kabul/Accepted: 06/10/2023)

**Öz:** Fotogrametrik rölöve çalışmaları kültürel mirasımızın dokümantasyon işlemlerinde yıllardır kullanılmaktadır. Son zamanlarda gelişen teknoloji ile birlikte fotogrametrik çalışmalar da sürekli yenilenmektedir ve tarihi ve kültürel miraslarımızın daha hızlı, kolay bir şekilde ve yeterli doğruluklarda belgeleme çalışmalarının yapılmasına olanak sağlamaktadır. İnsansız Hava Aracı (İHA) 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 çalışması için Agisoft Metashape Professional yazılımı, Pix4D Mapper yazılımı ve Context Capture yazılımı kullanılmıştır. Daha sonra her üç yazılım için de konum ve yükseklik hatası araştırılmış ve elde edilen sonuçlar incelendiğinde her üç yazılım için sırasıyla konum hatası 3.39cm, 3.66 cm ve 3.42 cm bulunmuştur. Yükseklik hatası ise sırasıyla 3.04 cm, 3.24 cm ve 3.28 cm olarak bulunmuştur. Sonuçların hata sınırı içerisinde kaldığı ve restorasyon projelerinde altlık olarak kullanılabilen sonuçuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** 3B model, fotogrametri, insansız hava aracı, hasas baba türbesi.

### Photogrammetric Relief of Hasas Baba Tomb And Accuracy Research In Different Softwares

**Abstract:** Photogrammetric relief studies have been used for years in the documentation of our cultural heritage. Photogrammetric studies are constantly being renewed with the technology that has been developing recently, and it allows for faster, easily and sufficient accuracy documentation of our cultural heritage. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry has also gained its place as a highly preferred photogrammetry technique, especially in recent years. In this study, the Hasas Baba Tomb, which is located in the city center of Aksaray, its exact date is not known due to the absence of a written epitaph, but which is thought to have been built in the late Anatolian Seljuk State or during the Karamanoğulları period if considering its architectural features, was 3D modeled using UAV data and three different photogrammetric software. Agisoft Metashape Professional, Pix4D Mapper and Context Capture software was used for 3D modeling. Then, the position and height accuracy was investigated and it was concluded that the position accuracy was found as 3.39, 3.66 and 3.42 cm for all three software, respectively. And height accuracy was found that 3.04, 3.24, 3.28 cm respectively. The results are within the margin of error and can be used as a base in restoration projects.

**Key words:** 3D model, photogrammetry, unmanned air vehicle, hasas baba tomb.

#### 1. Giriş

Kültürel miraslar, toplumsal değerleri yansıtan, geçmişe ışık tutan, geçmişten geleceğe bağ kuran, toplumları ve insanları birbirine bağlayan önemli bir hazinedir. Her toplum dünya üzerinde izler bıraktığından aynı zamanda evrensel bir ortak mirastır [1]. Ancak her geçen gün depremler, hava koşulları, savaşlar, insani etkenler gibi nedenlerden dolayı tarihi ve kültürel miraslarımız zarar görmektedir. Tarihi eserlerin doğal dokularının zarar görmeden belgelenmesi ve korunması, gelecek nesillere olduğu gibi aktarılması için vazgeçilmez bir unsurdur. Sadece ülkemizde değil, dünyanın pek çok yerindeki kültürel mirasın günden güne zarar gördüğü bir gerçektir ve bu eserlerin belgelenerek kayıt altında tutulması çok önemlidir [2]. Metrik, yazılı ve görsel belgeleme, kültürel mirasın mevcut durumu ve problemlerinin tespiti ile bu problemlerin çözümüne ilişkin her türlü koruma

\* Sorumlu yazar: [aydanyaman@aksaray.edu.tr](mailto:aydanyaman@aksaray.edu.tr). Yazarların ORCID Numarası: <sup>1</sup> 0000-0002-5242-2219, <sup>2</sup> 0000-0001-8739-066X

çalışmalarında temel veri olarak kullanıldığı gibi kültürel mirasın gelecek kuşaklara aktarılmasının ve topluma tanıtılmasının da önemli bir yoludur [3,4].

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. Kültürel mirasın belgelenmesi hız ve güvenilir veri gerektirmektedir. Fotogrametri çoğunlukla bu ihtiyaçları tam olarak karşılayan bir yöntemdir.

Fotogrametri, görüntü algılama sistemleri ile yeryüzü ve çevresi hakkında güvenilir bilgilerin elde edilmesini sağlayan ve bu bilgilerin kaydedilmesine, ölçümüne ve analiz edilmesine olanak veren bir teknolojidir [5]. Üç boyutlu (3B) model oluşturmak için çok büyük objelerden küçük objelere kadar veri elde edilebilmektedir. Bu modellerin elde edilmesinde çeşitli fotoğraf makinaları ve insansız hava araçları donanımları kullanılabilir. Cisimlerin bindirmeli olarak çekilen fotoğrafları sayesinde cismin bilgisayar ortamında 3B modeli rahatlıkla kısa zamanda elde edilebilmektedir [6].

Ancak ortam koşulları ve nesnelerin boyutları klasik fotogrametrik yöntemlerle veri elde edilmesini engelleyebilmektedir. Günümüzde İHA'lar fotogrametrik veri toplamada yaygın olarak kullanılmaktadır. İHA Fotogrametrisi yeni bir terminoloji olup, platformda pilot oturmadan uzaktan kumandalı, yarı otonom veya otonom olarak çalışan fotogrametrik ölçüm platformlarını ve İHA görüntülerinin fotogrametrik olarak işlenmesini açıklamaktadır [2,7].

Kültürel mirasın dokümantasyonu gibi çalışmalarda fotogrametri yöntemi maliyet ve zaman tasarrufu açısından ve aynı zamanda tehlikeli alanlarda alet operatörünün güvenliğini sağlama açısından avantajları ile sıklıkla tercih edilen bir yöntem olmuştur [8]. Zaman içerisinde teknolojinin de gelişmesiyle fotogrametri biliminin bulunduğu yöntem ve çözümler de gelişme göstermiştir. Bu bağlamda kültürel miraslar için fotogrametrik rölöve çalışmaları oldukça fazla ön plana çıkmaktadır. Özellikle günümüzde fotogrametri biliminde ön plana çıkan insansız hava araçları (İHA) ile veri toplanması, kültürel mirasların üç boyutlu (3B) modelinin üretilmesi noktasında uygulayıcılara hızlı ve ekonomik kolaylıklar sağlamaktadır [9]. Özellikle kültürel mirasın dijital olarak arşivlenmesi ve sonraki nesillere korunarak aktarılması hususunda ön plana çıkan fotogrametrik rölöve çalışmalarında İHA sık kullanılan bir yöntemdir.

İnsansız hava araçları geçmişte askeri amaçlarla kullanılsa da günümüzde haritacılık uygulamalarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. İHA' lar sayesinde küçük alanlarda büyük ölçekli topoğrafik haritalar ve 3B modeller düşük maliyetli bir şekilde üretilebilmektedir [10]. İnsansız hava araçlarının kullanımı gelişen teknoloji ile birlikte yazılım ve donanımlardaki gelişmelerle beraber günümüzde mühendislik uygulamalarında sıklıkla tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir. İHA' lar, farklı yükseklik ve hızlarda uçuş imkanı sağlaması, yüksek çözünürlüklü ve farklı özelliklere sahip kamera kullanımına olanak vermesi ile kullanıcılara birçok avantaj sağlamaktadır [11].

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 konuda kültürel eserlerin belgelenmesi çalışmaları çok önemlidir. Tarihi eserlerin belgelenmesi ve dijital olarak arşivlenebilmesi için uzun zamandır farklı birçok teknik denenmiştir ancak şimdiye dek kullanılan yöntemlerden hiçbiri fotoğraf çekmekten daha pratik çözümler sunamamıştır [12]. Günümüzde İnsansız Hava Araçları (İHA), yersel yöntemlerle çok uzun sürebilen çalışmalarda, çok büyük ölçekli harita üretiminde, 3B modelleme çalışmalarında ve insanın olabileceği hemen hemen tüm çalışmalarda en önemli alternatif olarak görülmektedir [13]. İHA fotogrametrisi bir hava aracı platformu olarak kullanılan ve havadan çekilen fotoğrafların değerlendirilmesi ile uygulanan bir fotogrametri sürecidir [14]. Teknolojinin de hızla gelişmesi ile İHA fotogrametrisi yöntemi tarihi eserlerin 3B modellenmesinde son yıllarda çok sık kullanılan bir yöntem olmuştur [15]. Bu süreçte 3B modellemesi üretilecek bir eser üzerinde yapılan çalışmalarda başarı sağlanabilmesi için doğru konumdan yeterli fotoğraf çekilmesi gerekmektedir [16].

Yazılım özelliklerinin devamlı gelişimi ve sonuçlarının doğruluğu zamanla daha da iyileşerek fotogrametriyi yaşayan, dinamik bir teknik haline getirmiştir [17]. 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 [18].

Son yıllarda dijital kameralar ve İHA donanımlarındaki gelişmeler nedeniyle 3B modelleme üzerine çok fazla çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar kültürel mirasın korunması ve kaydedilmesi için 3B modellemenin mümkün olduğunu göstermiştir [19]. [15]' te yapılan çalışmada Erzurum İli'nde bulunan Yakutiye Medresesi'nin İHA verilerinden yararlanarak 3B modelleme çalışması yapılmıştır. Çalışmada 10 adet kontrol noktası (check point) kullanılmıştır. Modelleme çalışması için Context Capture yazılımını kullanmışlar ve modelin karesel ortalama

hatasını X, Y, Z için sırasıyla 2.16, 2.26, 2.04 mm olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada ise 21 adet kontrol noktası kullanılarak aynı yazılım için karesel ortalama hata yatayda 3.42 cm bulunmuştur. [20], çalışmalarında arkeolojik kazıların belgelenmesi için İHA uygulamasını ele almışlardır. Arkeolojik kazılarda elde edilecek nesnelere 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 [15]. [21]' de yapılan çalışmada, Çin'de bulunan iki adet tarihi köprünün 3B dijital dokümantasyonu için İHA fotogrametrisi kullanarak yapısal model rekonstrüksiyon yönteminin potansiyeli araştırılmıştır. Çalışmada nokta bulutlarının yeniden yapılandırma hatasını %0,4 gibi düşük bir değerinde hesaplamışlardır [15]. [22], 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 hata hesabı yapmışlardır. [16]' da yapılan çalışmada Kütahya Arkeoloji Müzesi'nde yer alan Demeter Heykelinin 3 boyutlu modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Araziye elde edilen veriler PhotoModeler (PM) yazılımında değerlendirilerek belirlenen fotoğraf çiftleri üzerinden 0,5 mm aralıklı yoğun nokta bulutu ve  $\pm 2,39$  cm ortalama konum hassasiyeti ile Demeter Heykeli'nin 3B modeli üretilmiştir. Bu çalışmada aynı yazılım için konum hatası  $\pm 3.39$  cm olarak bulunmuştur. [17]' de yapılan çalışmada tarihi bir bina cephesi seçilmiş ve bu cephenin Agisoft PhotoScan, Pix4D Mapper, Autodesk Remake yazılımlarında modellenmesi yapılmıştır. [23], yaptıkları çalışmada Espirito Santo anıtının 3B modellenmesini amaçlamışlardır. Bunun için İHA verilerinden elde edilen görüntüleri kullanarak Pix4D mapper Pro ve Agisoft Photoscan yazılımlarını karşılaştırmışlardır. [24], 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.

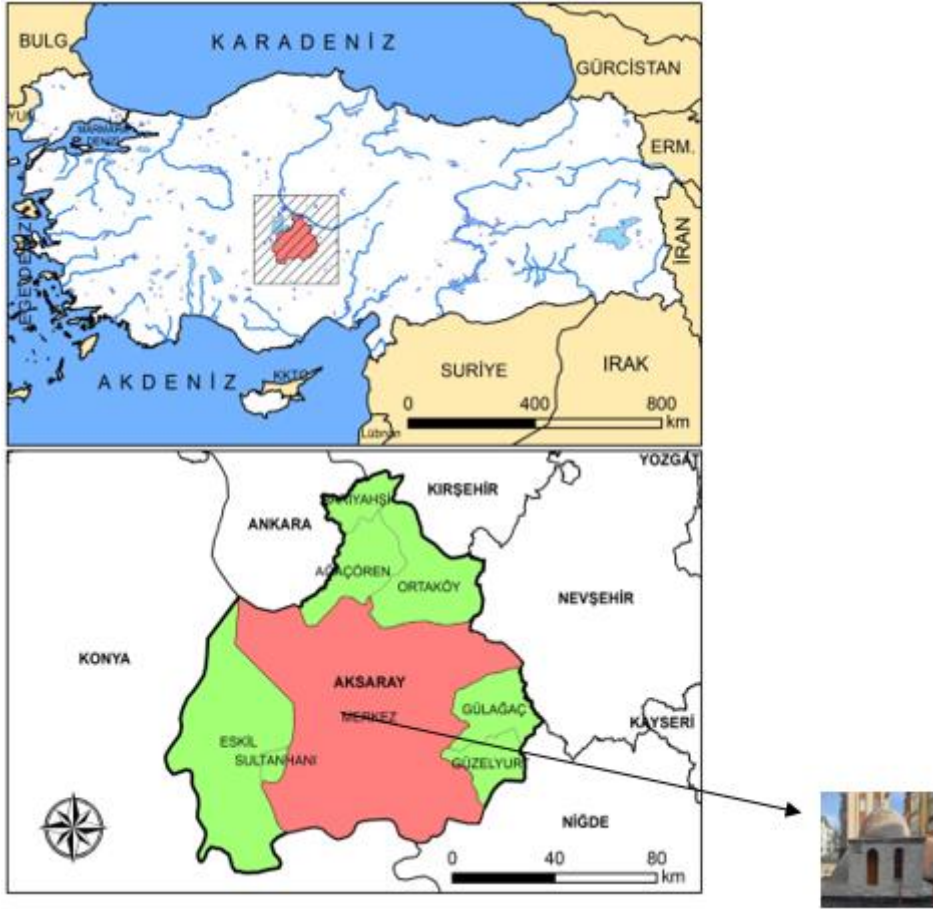
Bu çalışmada Aksaray ilinin önemli kültürel miraslarından biri olan Hasas Baba Türbesi'nin İHA teknolojisinden faydalanarak hava fotoğraflarının elde edilmesinden sonra Agisoft Metashape Professional yazılımı, Pix4D Mapper yazılımı ve Context Capture yazılımlarında 3B modellerinin üretilerek karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırmalarda kullanılan 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. Bunun yanı sıra 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 faydalı olmaktadır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma alanı

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 [25]. Selçuklular döneminde de II. Kılıçarslan tarafından Arkhelais olan adı Aksaray olarak değiştirilmiş ve ikinci başkent durumuna gelmiştir [25]. Anadolu Selçuklu Hükümdarı II. Kılıçarslan'ın birçok yapı inşa ettirmesiyle adeta baştan kurduğu Aksaray şehri Anadolu Selçuklu Devleti'nin çok önemli şehirlerinden birisi olmuştur. 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.

Yapılan çalışmada ele alınan Hasas Baba Türbesi, Aksaray il merkezinde Hasas Mahallesi'nde bulunan tarihi bir eserdir. Türbenin konumu Şekil 1' de gösterilmiştir.



Şekil 1. Hasas Baba Türbesi'nin konumu.

İç kısmı yaklaşık 3.44 X 3.50 m ölçülerinde olup kare şeklinde bir plana sahiptir. Zemini ve duvarları yarısına kadar ahşap, tavanı ise pvc malzemelerle kaplanmıştır. Kuzeyinde 2.43 X 0.66 m ölçülerinde ve beton malzeme ile yapılmış bir kabir görülmektedir. Girişin tam karşısında ise sivri kemerli bir açıklık vardır. Bu açıklıkla bağlantılı 1.25 m yüksekliğinde bir havalandırma bacası bulunmaktadır. Cenazeliğin üzeri ise bir aynalı tonozla örtülmüştür. Cenazeliğin üstünde ise, sonradan sembolik bir açık türbe inşa edilmiştir. Etrafı yaklaşık 1.00 m. yüksekliğinde kesme taş malzemeden inşa edilmiş birduvarla çevrilmiş 4.57 X 3.52 m ölçülerinde dikdörtgen planlıdır. Ortasında mermer malzemeden yapılmış "Hashas Baba'nın" sembolik mezarı görülmektedir [26]. Anadolu Selçuklu Devleti ve Karamanoğulları zamanının mimarisine uygun iki katlı türbe yapıların yaygın görünmesi sebebiyle bu eserin Anadolu Selçuklu Devleti ya da Karamanoğulları devrinde inşa edildiği düşünülmektedir. Türbeden, günümüze sadece cenazelik ya da mumyalık denilen kısım ulaşmıştır [26]. Türbenin genel görünümü Şekil 2' de gösterilmiştir.

Türbe, son dönemde Aksaray Belediyesi'nin yoğun çalışmaları ile eski fotoğraflarına bağlı kalınarak restore edilmiştir. Eski fotoğraflardan yararlanılarak yapılan restorasyon çalışması, bizlere kültürel mirasların aslına uygun olarak belgelenecek geleceğe aktarılmasının ne kadar önemli olduğunu hatırlatmaktadır.



Şekil 2. Aksaray’ da bulunan Hasas Baba Türbesi’ nin genel görünümü.

## 2.2. Kamera kalibrasyonu

İnsansız hava aracı (İHA) teknolojisi her geçen gün gelişmektedir ve artan talepler doğrultusunda İHA donanım ve yazılımları da sürekli olarak geliştirilmektedir. Klasik jeodezik ölçme yöntemlerine göre öncelikle maliyetinin düşük olması nedeniyle tercih edilen İHA'lar, yersel ölçüm cihazlarının yerini almıştır ve giderek de kullanımı yaygınlaşmaktadır. Fotogrametrik çalışmalarda kullanılan en önemli donanım kameradır. [27,28,29]. Özellikle maliyet açısından metrik olmayan kameralar tercih edildiği durumlarda ortaya çıkacak geometrik hataları düzeltmek ve hassas iç yöneltme parametreleri elde etmek için kamera kalibrasyonu yapılması gerekmektedir [30,31]. Fotoğraflardan, yani iki boyutlu görüntülerden üç boyutlu metrik bilgi çıkarabilmek için yapılan işleme kamera kalibrasyonu denir. Kamera kalibrasyonu aslında kamera sistemini en iyi şekilde ifade eden parametrelerin bulunması olarak ifade edilir. Bu parametreler bilindiği üzere resim çekme merkezinin uzaklığı (odak uzaklığı  $c$ ), asal nokta koordinatları ile distorsiyon parametreleridir. Aynı zamanda bir resim çekme makinesinin kalibrasyonu fotogrametrik nokta belirleme işleminin tersi olarak da ifade edilebilir. Fotogrametrik nokta belirlemede iç yöneltme elemanları bilinir ve cisim noktalarının koordinatları istenir. Kalibrasyonda ise cisim noktalarının koordinatları bilinir ve iç yöneltme elemanları aranır [32].

Fotogrametrik çalışmalar kapsamında ele alınan kamera kalibrasyonu fotoğraflardan doğru bilgiler çıkarabilmek ve güvenilir 3 boyutlu modeller üretebilmek için birinci işlem adımı olarak görülmektedir. Bu amaçla, yapılacak tüm fotogrametrik çalışmalarda öncelikli olarak kamera sistemleri kalibre edilmelidir [33,34]. Kamera kalibrasyonu probleminin çözümü farklı yöntemler kullanılarak ele alınabilir [35]. Bunlardan ilki kamera iç ve dış yöneltme parametrelerinin belirlendiği self kalibrasyonlu yaklaşımdır [36]. Diğerleri ise iki boyutlu görüntülerden 3B bilgi çıkarımı için geliştirilen hareket ile nesne oluşturma tekniğidir (SFM- structure from motion). Günümüzde self kalibrasyonlu demet dengelemesi yöntemini kullanan ticari ve açık kaynak kodlu birçok fotogrametrik yazılım mevcuttur [37]. Self-kalibrasyon yönteminin matematik modeli, temel olarak doğrusallık koşulu denklemlerini temel almaktadır.

Yapılan çalışmalarda düşük maliyetle yüksek doğrulukta sonuçlar elde edilmek istenmektedir. Ayrıca işlerin daha kolay ve hızlı yürütülmesi herkesin temel amacıdır. Yüksek doğruluk yanında maliyet de çalışmalarda önemli bir faktördür [38,39]. Yersel fotogrametride tarihi eserlerin deformasyon analizi, 3 boyutlu modelleme, kültürel mirasın belgelenmesi gibi bilinen tüm çalışmalardan önce veri üretim birimleri olan kameraların kalibre edilmesi kaçınılmazdır [40,41]. Yüksek maliyeti nedeniyle metrik kameralar yerine kullanılan metrik olmayan kameraların kullanıcılar tarafından kalibre edilmesi gerekmektedir. Farklı yazılımlar genellikle kamera kalibrasyon işlemi için kullanıcılara 2D test platformları sunar.

Yaygın olarak gerçekleştirilen, test platformunun basılı kopya olarak yazdırıldığı kalibrasyon işlemidir. Test alanının çıktısı alınarak yapılan kalibrasyonlar, standart A4 kağıt boyutunda çıktı alınarak yapılır [38].

## 2.3. Arazi uygulaması

Uygulamaya geçilmeden önce eserin bulunduğu bölgede fizibilite ve istikşaf çalışmaları yapılmıştır. Öncelikle eserin etrafında bulunan binaların konum ve yükseklikleri, bölgedeki mevcut ağaçların yapıya olan uzaklıkları, etrafında bulunan elektrik direkleri ile elektrik tellerinin yükseklikleri, yapının il merkezinde olmasından dolayı araç ve yaya trafiği gibi durumların gözlemlenerek uygulama yapılabilecek en uygun saat



belirlenmesi gibi ön hazırlıklar tamamlandıktan 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 olarak dağılmasına, birbirlerini görecekt yerlerde olmalarına, hava fotoğraflarında net bir şekilde görülebilecek 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. 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.

YKN'ler tesis edildikten sonra eser üzerinde bulunan belirgin noktalardan oluşmak üzere yatayda ve düşeyde toplam 15 adet detay noktası 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). Öncesinde tesis edilen 6 adet poligon noktası ile geriden kestirme ölçü yöntemi uygulanarak detay noktalarının X, Y ve Z koordinat değerleri elde edilmiştir.

Tüm bu hazırlıkların ardından İHA uçuşu başlatılmıştır. Uygulamada DJI Air 2S marka insansız hava aracı kullanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. İHA DJI Air 2S.

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 4). İHA verileri ortalama 5 m, 10 m ve 15 m yükseklikten uçuş yapılarak %60 enine, %70 boyuna bindirme oranıyla elde edilmiştir. Fotoğraf çekimi sırasında, eserin üretilecek olan 3B modelinin yüksek çözünürlük ve hassasiyette olması için YKN'lerin ve detay noktalarının fotoğraflarda görünür olmasına, yeterli sayıda olmasına ve doğru açıyla fotoğrafların çekilmesine dikkat edilmiştir. Yer örneklem aralığı 0.25 cm olarak hesaplanmıştır. Toplam 35 adet fotoğraf çekilmiştir. Uçuş süresi 20 dakikada tamamlanmıştır.



Şekil 4. Hasas Baba Türbesi'nden alınan İHA görüntüleri.

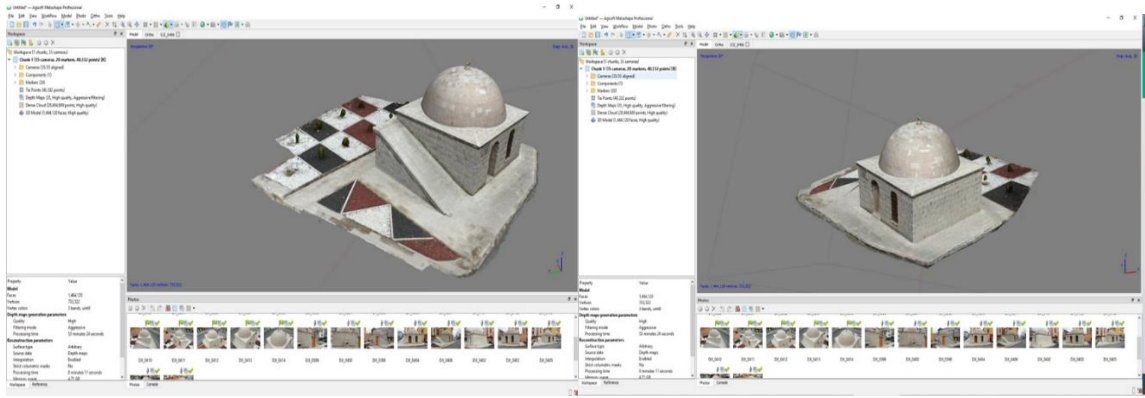
## 2.4. Büro çalışması

Kültürel miraslarımızdan Hasas Baba Türbesi'nin İHA uçuşu ile alınan görüntü verileri üzerinden fotogrametrik değerlendirme aşamasına geçilmiştir. Bu çalışmada üç farklı ticari yazılımda fotogrametrik

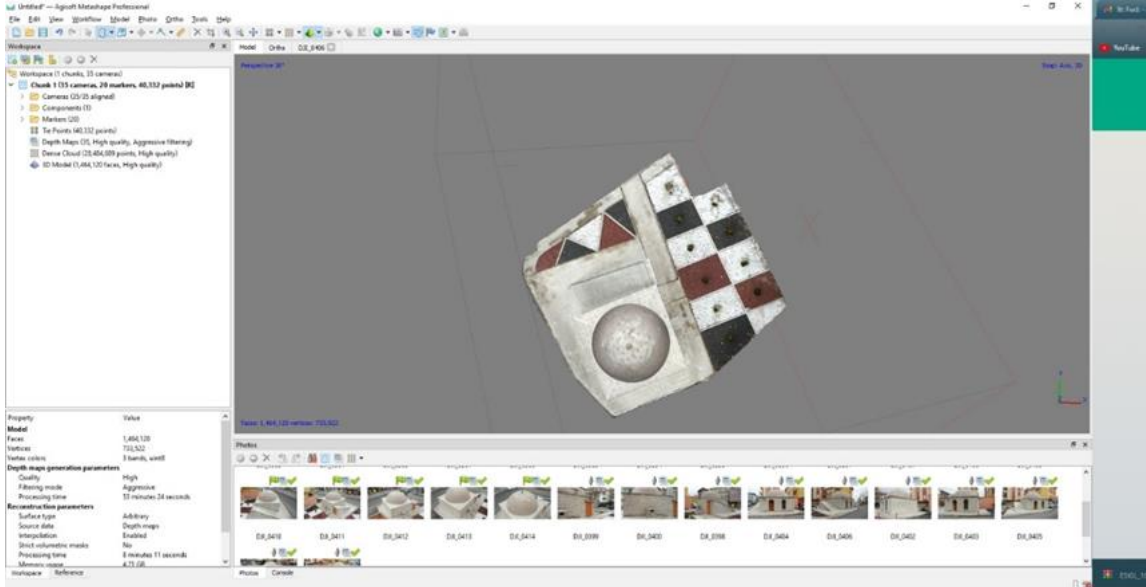
değerlendirmeler yapılarak ve neticesinde yazılımların sunmuş olduğu sonuç ürünlerinin konum hassasiyeti, görüntü giydirmeye kalitesi, arayüz kolaylığı, fotogrametrik değerlendirme süresi karşılaştırılarak İHA ile alınan görüntü verileri ile hangi yazılımda ne tür sonuçlarla karşılaşılabileceği üzerinde çalışılmıştır. Bu çalışmada Agisoft Metashape Professional, Pix4D Mapper ve Context Capture yazılımları kullanılmıştır. GNSS alıcısı ile elde edilen YKN koordinatları (X, Y, Z) kesin koordinatlar olarak kabul edilmiştir.

#### 2.4.1. Agisoft Metashape Professional yazılımı ile 3B model üretimi

Arazide İHA uçuşları ile temin edilen görüntüler bilgisayara aktarılmıştır. Agisoft Metashape Professional yazılımı kullanılarak 3B modelleme işlemine geçilmiştir. Öncelikle yeni proje oluşturularak 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. Daha sonra sık nokta bulutu oluşturma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından doku giydirilmiş 3B model oluşturma işlemi tamamlanmıştır (Şekil 5). Son olarak ortofoto üretilmiştir (Şekil 6). Bu işlem adımlarının sonucunda üretilen veri modelleri ile nokta bulutu, 3B model ve ortofoto sonuç verilerine ulaşılmıştır.



Şekil 5. Agisoft Metashape Professional yazılımında üretilen eserin farklı cephelerinden 3B modeller.



Şekil 6. Hasas Baba Türbesi' nin Agisoft Metashape Professional yazılımında üretilen ortofoto görüntüsü.

Tablo 1'de araziden alınan YKN ve detay noktalarının koordinatları ile Agisoft Metashape Professional yazılımı ile üretilen 3B model üzerinden alınan koordinatlar verilmiştir.

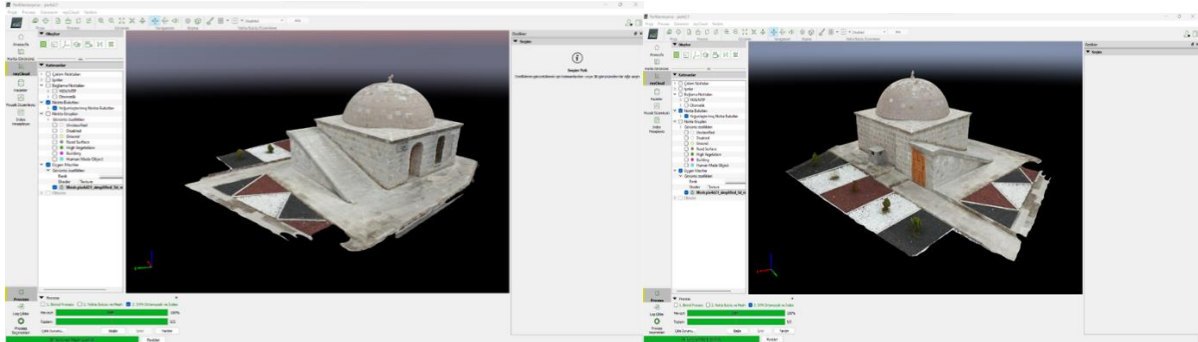
**Tablo 1.** YKN ve detay noktalarının arazi ve Agisoft Metashape Professional yazılımı için 3B model koordinatları

Arazide Elde Edilen (Kesin Koordinatlar)-ITRF 96				3B Modelden Elde Edilen Koordinatlar			Vi Farklar (mm)		
NN	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vx	Vy	Vz
1	589579.633	4249985.366	979.442	589579.604	4249985.369	979.445	-29	3	3
2	589571.741	4249978.295	979.569	589571.753	4249978.255	979.550	12	-40	-19
3	589575.344	4249971.284	979.672	589575.369	4249971.302	979.659	25	18	-13
4	589579.373	4249968.631	979.707	589579.356	4249968.665	979.716	-17	34	9
5	589583.524	4249970.240	979.636	589583.507	4249970.263	979.694	-17	23	58
6	589584.107	4249972.344	980.015	589584.130	4249972.321	979.939	23	-23	-76
7	589580.558	4249979.308	981.703	589580.587	4249979.339	981.720	29	30	17
8	589581.013	4249977.584	982.203	589581.033	4249977.634	982.216	20	50	13
9	589576.246	4249975.460	982.217	589576.216	4249975.490	982.222	-30	30	5
10	589578.341	4249970.707	982.234	589578.309	4249970.724	982.203	-32	17	-31
11	589582.944	4249972.822	982.270	589582.952	4249972.79	982.281	8	-32	11
12	589579.734	4249972.423	983.585	589579.697	4249972.429	983.597	-37	6	12
13	589577.935	4249974.084	983.612	589577.963	4249974.100	983.616	28	16	4
15	589576.193	4249975.568	981.135	589576.188	4249975.553	981.163	-5	-15	28
16	589576.138	4249975.457	981.173	589576.141	4249975.425	981.203	3	-32	30
17	589578.213	4249970.691	981.148	589578.221	4249970.702	981.163	8	11	15
18	589578.341	4249970.627	981.276	589578.364	4249970.632	981.246	23	5	-30
19	589583.014	4249972.700	981.258	589583.020	4249972.663	981.221	6	-37	-37
20	589583.059	4249972.805	981.231	589583.063	4249972.821	981.258	4	16	27
21	589581.147	4249977.516	981.161	589581.145	4249977.526	981.194	-2	10	33

$m_{xy}=3.39142$   $m_z=3.04414$  cm

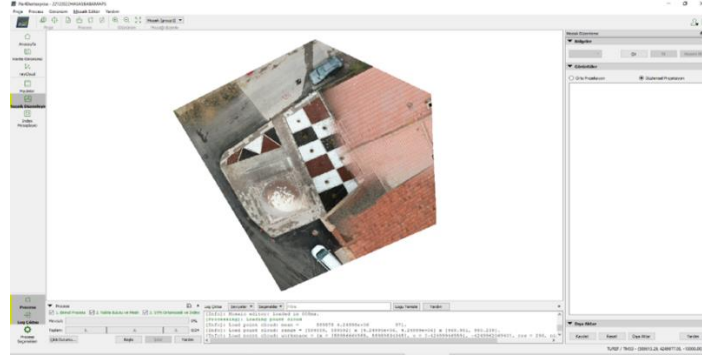
#### 2.4.2. Pix4D Mapper yazılımı ile 3B model üretilmesi

Öncelikle yeni proje oluşturulmuş ve projenin projeksiyon bilgileri ve koordinat sistemi tanımlama işlemi yapılmıştır. Araziden alınan fotoğraflar projeye eklenmiştir. Oluşacak modelin koordinat sistemi tanımlanmıştır. Daha sonra seyrek nokta bulutu oluşturulmuş, yer kontrol noktaları ve detay noktaları projeye eklenerek model üzerinde referanslandırılmıştır. En son sık nokta bulutu ile eserin 3B modeli (Şekil 7) ve ortofoto üretimi (Şekil 8) sağlanmıştır.



**Şekil 7.** Pix4D Mapper yazılımında üretilen eserin farklı cephelerinden 3B modeller.





Şekil 8. Hasas Baba Türbesi' nin Pix4D Mapper yazılımında üretilen ortofoto görüntüsü.

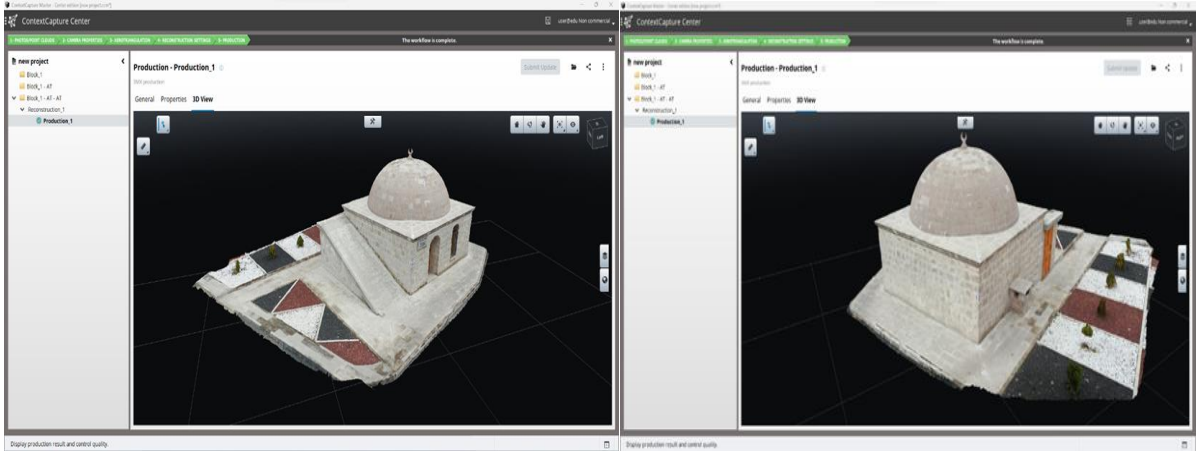
Tablo 2'de araziden alınan YKN ve detay noktalarının koordinatları ile Pix4D Mapper yazılımı ile üretilen 3B model üzerinden alınan koordinatlar verilmiştir.

Tablo 2. YKN ve detay noktalarının arazi ve Pix4D Mapper yazılımı için 3B model koordinatları.

Arazide Elde Edilen (Kesin Koordinatlar)-ITRF 96				3B Modelden Elde Edilen Koordinatlar			Vi Farklar (mm)		
NN	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vx	Vy	Vz
1	589579.633	4249985.366	979.442	589579.657	4249985.358	979.460	24	-8	18
2	589571.741	4249978.295	979.569	589571.711	4249978.327	979.576	-30	32	7
3	589575.344	4249971.284	979.672	589575.329	4249971.271	979.684	-15	-13	12
4	589579.373	4249968.631	979.707	589579.398	4249968.600	979.747	25	-31	40
5	589583.524	4249970.240	979.636	589583.542	4249970.226	979.600	18	-14	-36
6	589584.107	4249972.344	980.015	589584.082	4249972.386	980.094	-25	42	79
7	589580.558	4249979.308	981.703	589580.519	4249979.269	981.695	-39	-39	-8
8	589581.013	4249977.584	982.203	589580.983	4249977.547	982.180	-30	-37	-23
9	589576.246	4249975.460	982.217	589576.283	4249975.432	982.188	37	-28	-29
10	589578.341	4249970.707	982.234	589578.382	4249970.697	982.257	41	-10	23
11	589582.944	4249972.822	982.270	589582.928	4249972.872	982.276	-16	50	6
12	589579.734	4249972.423	983.585	589579.774	4249972.424	983.582	40	1	-3
13	589577.935	4249974.084	983.612	589577.899	4249974.076	983.591	-36	-8	-21
15	589576.193	4249975.568	981.135	589576.198	4249975.583	981.094	5	15	-41
16	589576.138	4249975.457	981.173	589576.133	4249975.489	981.161	-5	32	-12
17	589578.213	4249970.691	981.148	589578.206	4249970.690	981.108	-7	-1	-40
18	589578.341	4249970.627	981.276	589578.317	4249970.629	981.292	-24	2	16
19	589583.014	4249972.700	981.258	589583.000	4249972.727	981.290	-14	27	32
20	589583.059	4249972.805	981.231	589583.052	4249972.798	981.244	-7	-7	13
21	589581.147	4249977.516	981.161	589581.142	4249977.508	981.138	-5	-8	-23
$m_{xy}=3.66031\text{cm}$ , $m_z=3.24232\text{cm}$									

### 2.4.3. Context Capture yazılımı ile 3B model üretilmesi

Context Capture yazılımında da 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 seyrek nokta bulutu ve 3B model oluşturulmuştur. (Şekil 9).



Şekil 9.Context Capture yazılımında üretilen eserin farklı cephelerinden 3B modeller.

Tablo 3 'de araziden alınan YKN ve detay noktalarının koordinatları ile Context Capture yazılımı ile üretilen 3B model üzerinden alınan koordinatlar verilmiştir.

Tablo 3. YKN ve detay noktalarının arazi ve 3B model koordinatları.

Arazide Elde Edilen (Kesin Koordinatlar)-ITRF 96				3B Modelden Elde Edilen Koordinatlar			Vi Farklar (mm)		
NN	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vx	Vy	Vz
1	589579.633	4249985.366	979.442	589579.604	4249985.367	979.444	-29	1	2
2	589571.741	4249978.295	979.569	589571.779	4249978.247	979.548	38	-48	-21
3	589575.344	4249971.284	979.672	589575.370	4249971.298	979.659	26	14	-13
4	589579.373	4249968.631	979.707	589579.357	4249968.658	979.722	-16	27	15
5	589583.524	4249970.240	979.636	589583.507	4249970.267	979.692	-17	27	56
6	589584.107	4249972.344	980.015	589584.149	4249972.300	979.940	42	-44	-75
7	589580.558	4249979.308	981.703	589580.589	4249979.340	981.721	31	32	18
8	589581.013	4249977.584	982.203	589581.035	4249977.597	982.217	22	13	14
9	589576.246	4249975.460	982.217	589576.224	4249975.490	982.240	-22	30	23
10	589578.341	4249970.707	982.234	589578.317	4249970.724	982.214	-24	17	-20
11	589582.944	4249972.822	982.270	589582.950	4249972.797	982.300	6	-25	30
12	589579.734	4249972.423	983.585	589579.705	4249972.427	983.615	-29	4	30
13	589577.935	4249974.084	983.612	589577.961	4249974.097	983.614	26	13	2
15	589576.193	4249975.568	981.135	589576.189	4249975.553	981.172	-4	-15	37
16	589576.138	4249975.457	981.173	589576.142	4249975.425	981.212	4	-32	39
17	589578.213	4249970.691	981.148	589578.220	4249970.700	981.163	7	9	15
18	589578.341	4249970.627	981.276	589578.363	4249970.633	981.265	22	6	-11
19	589583.014	4249972.700	981.258	589583.021	4249972.739	981.221	7	39	-37
20	589583.059	4249972.805	981.231	589583.060	4249972.818	981.273	1	13	42
21	589581.147	4249977.516	981.161	589581.145	4249977.525	981.196	-2	9	35
mxy =3.41894 cm				mz = 3.27871 cm					

### 3. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada Aksaray il merkezinde bulunan Hasas Baba Türbesi'nin insansız hava aracı 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 arazide elde edilen kesin koordinatlar ile aynı noktalara ait yazılımlardan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Her üç yazılımda da modellere ait kontrol noktalarının koordinat farkları hesaplanmıştır. Daha sonra oluşturulan üç boyutlu modellere ait doğruluk analizleri yapılmıştır. Karesel ortalama hatalar hesaplanırken şu formüller kullanılmıştır:

$$V_y = Y - Y_k \quad V_x = X - X_k \quad V_z = Z - Z_k \quad (1)$$

$$m_Y = \pm \sqrt{[V_y V_y] / n} \quad m_X = \pm \sqrt{[V_x V_x] / n} \quad m_Z = \pm \sqrt{[V_z V_z] / n} \quad (2)$$

$$m_p = \pm \sqrt{[V_y V_y][V_x V_x] / n} \quad (3)$$

Bu formüllerde;

$Y_k, X_k$ : Model üzerinden elde edilen nokta koordinatları,

$Y, X$ : RTK GPS ile belirlenmiş nokta koordinatları,

$m_X = X$  yönündeki karesel ortalama hata,

$m_Y = Y$  yönündeki karesel ortalama hata,

$m_Z = Z$  yönündeki karesel ortalama hata,

$m_p$  = Konum ortalama hatası

$n$ : Nokta sayısını temsil etmektedir [42].

Yapılan doğruluk analizleri sonucunda elde edilen karesel ortalama hata değerleri ve her üç yazılımda üretilen nokta bulutu sayıları Tablo 4' te verilmiştir.

**Tablo 4.** 3 boyutlu modellerin farklı yazılımlarda elde edilen doğruluk analizi sonuçları ve nokta bulutu sayıları.

Yazılım Adı	$m_{xy}$ (cm)	$m_z$ (cm)	Nokta Bulutu Sayısı
Agisoft Metashape Professional	3.39142	3.04414	17353330
Pix4D Mapper	3.66031	3.24232	3380960
ContextCapture	3.41894	3.27871	9017360

Hesaplanan sonuçlara göre çalışmada kullanılan İHA görüntülerinin aynı şartlarda elde edilmiş olduğu, yer kontrol noktalarının arazide ölçülen koordinatlarının kesin koordinat kabul edilerek aynı noktalardan geo-referanslama yapıldığı ve tüm bu fotogrametrik çalışmaların aynı bilgisayarda gerçekleştirildiği bilgileri doğrultusunda bahsi geçen üç ayrı yazılımda da elde edilen sonuçların birbirine yakın olduğu ve BÖHNBÜY' de verilen sınırların içerisinde kaldığı görülmüştür. Aynı bilgisayar kullanılarak yapılan çalışmalarda Agisoft Metashape Professional yazılımı ile yapılan işlemlerin tamamı high hassasiyetinde nokta bulutu üretilerek 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. Nokta bulutu sayılarına bakıldığında Agisoft Metashape Professional yazılımında diğer yazılımlara göre çok daha fazla nokta olduğu görülmektedir.

Konum ve yükseklik hassasiyeti olarak karşılaştırma yapıldığında, her ne kadar sonuçlar birbirine çok yakın olsa da Agisoft Metashape Professional yazılımı diğer yazılımlara 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 doku kalitesi bakımından diğer iki yazılıma göre öne çıkmaktadır. Yapılacak benzer çalışmalarda yoğun nokta bulutu ve sonuç hassasiyeti aranıyorsa Agisoft Metashape Professional yazılımı tercih edilebilir. Ancak daha az hassasiyetle kısa zamanda hızlı bir şekilde çalışmalar tamamlanmak istenirse Pix4D Mapper ya da Context Capture yazılımlarının tercih edilebileceği görülmüştür.

Fotogrametrik değerlendirilmesi yapılmış olan eserin şehir merkezinde olmasından dolayı etrafının yapılarla çevrili olması, araç ve yaya trafiğinin bölgede yoğun olması, uçuş sırasında etrafta güvercinlerin bulunması gibi durumlar İHA uçuşunu zorlaştırmıştır. Ancak uçuş sırasında yaşanan tüm bu zorluklara rağmen elde edilen sonuçlar BÖHNBÜY' de bahsedilen doğruluk sınırları içerisinde kalmıştır. Şehir merkezlerinde bulunan eserlerin fotogrametrik rölevo çalışmalarında yersel fotogrametri yöntemi de oldukça yaygındır ancak yersel fotogrametri yöntemi ile yapılan çalışmalarda eser çatısının fotoğraflanması dezavantajı da unutulmamalıdır. Bu durumlarda eserin çatı dahil olmak üzere tam olarak 3B modelinin elde edilebilmesi için mutlaka İHA desteğinin olması gerekmektedir [43]. Bu durumda da iki iş yükünün ortaya çıkması gibi bir dezavantaj ortaya çıkacaktır. Dolayısıyla yapılan çalışmada bu dezavantaj da ortadan kaldırılmış olmaktadır. 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.

Sonuç olarak kültürel mirasın gelecekteki nesillere aktarılması konusunda dijital arşivleme çalışmalarının öneminden sıklıkla bahsedilmiştir. Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre fotogrametrik tekniklerle ölçülen eserlerin konum, yükseklik ve doku giydirilmiş görüntü verileri restorasyon çalışmalarında yeterli nitelikte altlık ihtiyacına cevap verebilecektir. Ayrıca fotogrametrik rölöve çalışmalarında 3B modeller üzerinden istenilen ölçünün alınabilmesi araziye gitme zorunluluğunu ortadan kaldırarak zaman ve emekten tasarruf edilmesini sağlayacaktır.

### Kaynaklar

- [1] Öztemiz S. Türkiye'de dijital kültürel miras ürünlerine açık erişim. Hiperlink eğit. ilet. yay. san. tic. ve ltd.sti, 2017.
- [2] Uysal M, Toprak A S, Polat, N. Photo realistic 3D modeling with UAV: Gedik Ahmet pasha mosque in afyonkarahisar. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 2013; 40: 659-662.
- [3] Uslu A, Polat N, Toprak A S, Uysal M. Kültürel mirasın fotogrametrik yöntemle 3b modellenmesi örneği. Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2016; 8(2): 165-176.
- [4] Yakar M, Orhan O, Ulvi A, Yiğit, A Y, Yüzer M M. Sahip Ata Külliyesi Rölöve Örneği. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 2015; 10.
- [5] Bilgi S. Fotogrametri ve uzaktan algılamada veri elde etme yöntemlerinin gelişimi ve kısa tarihçeleri. Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi 2007; 96: 48-55.
- [6] Oruç M E. Küçük objelerin modellenmesinde videogrametri ve fotogrametri yöntemlerinin karşılaştırılması üzerine bir çalışma. Türkiye Fotogrametri Dergisi 2021; 3.2: 62-68.
- [7] Eisenbeiss H. UAV photogrammetry. Diss. ETH No. 18515.Institute of Geodesy and Photogrammetry,ETH Zurich, Switzerland, Mitteilungen 2009; 105: 235.
- [8] Gagliolo S, Ausonio E, Federici B, Ferrando I, Passoni D, Sguerso D. 3D Cultural Heritage Documentation: a Comparison Between Different Photogrammetric Software and Their Products. ISPRS-International Archives of thePhotogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2018. 422: 347-354.Haupt RL, Haupt SE. Practical Genetic Algorithms. 2nd ed. New York, NY, USA: Wiley, 2004.
- [9] Sucu M S, İnsansız hava aracı (İHA) verilerinin kültürel mirasların belgelenmesinde kullanılabilirliği: Binbir Kilise örneği. Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray,2019.
- [10] Elkhachy I. Accuracy assessment of low-cost Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry. Alexandria Engineering Journal 2021; 60(6): 5579-5590.
- [11] Fidancı Y, Karabörk H. İnsansız Hava Araçlarının Ormanlık Alanlardaki Karayolu Projelerinde Kullanımı. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 2019; 9(3): 473-485.
- [12] Kaya Y, Yiğit A Y, Ulvi A, Yakar M. Arkeolojik alanların dokümantasyonunda fotogrametrik tekniklerinin doğruluklarının karşılaştırmalı analizi: Konya Yunuslar Örneği. Harita Dergisi 2021; 165: 57-72.
- [13] Makineci H B, Karasaka L. Investigation of 3D models acquired with UAV oblique images. Turkish Journal of Geosciences 2021; 2(2): 13-20.
- [14] Şenol H İ, Yiğit A Y, Kaya Y, Ulvi A. İHA ve yersel fotogrametrik veri füzyonu ile kültürel mirasın 3 boyutlu (3B) modelleme uygulaması: Kanlıdivane Örneği. Türkiye Fotogrametri Dergisi 2021; 3(1): 29-36.
- [15] Yiğit A Y, Ulvi A. İHA fotogrametrisi tekniği kullanarak 3B model oluşturma: Yakutiye Medresesi Örneği. Türkiye Fotogrametri Dergisi 2020; 2(2): 46-54.
- [16] Uslu A, Uysal M. Arkeolojik eserlerin fotogrametri yöntemi İle 3 boyutlu modellenmesi: Demeter Heykeli örneği. Geomatik 2017; 2(2): 60-65.
- [17] Villasenin S P, Docampo M G, Sanz J o. Desktop vs cloud computing software for 3D measurement of building façades: Themonastery of San Martín Pinarío 2020; 149, 106984.
- [18] Alidoost F, Arefi H. Comparison of uas-based photogrammetry software for 3D point cloud generation: a survey over a historical site 2017; Isprs Annals of Photogrammetry, Remote Sensing&Spatial Information Sciences, 4: 55-61.
- [19] Jeon E I, Yu S J, Seok H W, Kang S J, Lee K Y, Kwon O S. Comparative evaluation of commercial softwares in UAV imagery for cultural heritage recording: case study for traditional building in South Korea. Spatial Information Research 2017; 25(5): 701-712.
- [20] Sauerbier M, Eisenbeiss H. UAVs for the documentation of archaeological excavations. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 2010; 38(5): 526-531.
- [21] Pan Y, Dong Y, Wang D, Chen A, Ye Z. Three dimensional reconstruction of structural surface model of heritage bridges using UAV based photogrammetric point clouds. Remote Sensing 2019; 11(10): 1204.
- [22] Jo Y H, Hong S. 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 2019; 8(2): 53.
- [23] Pádua L, Adão T, Hruška J, Marques P, Sousa A, Morais R, Lourenço J M, Sousa J J ve diğerleri. 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 Geoinformaticsand Data Analysis; New York. 72-76.

- [24] Ulvi A. 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* 2021; 42(6): 1994-2021.
- [25] Karatay S. Aksaray ili yorgancılık sanatı. I. International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies; 2018; Antalya. 449-455.
- [26] Erdal Z. Aksaray'da fazla tanınmayan Anadolu selçuklu türbeleri. *Selçuk Üniversitesi Selçuklu Araştırmaları Dergisi* 2018; 8: 201-224.
- [27] Kılınç Kazar G, Karabörk H, Makineci H B. Evaluation of test field-based calibration and self-calibration models of UAV integrated compact cameras. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 2022; 50(1): 13-23.
- [28] Cramer M, Przybilla H, Zurhorst A. UAV cameras: Over view and geometric calibration benchmark. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing Spatial Information Sciences* 2017; 42: 85.
- [29] Yıldız F, Karabörk H, Yakar M, Yılmaz H M. Yersel fotogrametride kullanılan metrik olmayan dijital kameraların kalibrasyonunda kullanılan yazılımların incelenmesi üzerine bir çalışma. *Harita Dergisi* 2005; 134: 61-70.
- [30] Fryskowska A, Kedzierski M, Grochala A, Braula A. Calibration of lowcost RGB and NIR UAV cameras. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 2016; 41: 817-821.
- [31] Sharma M, Raghavendra S, Agrawal S. Development of an open-source tool for UAV photogrammetric data processing. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 2020; 49(3): 659-664.
- [32] Taşdemir Ş, Ürkmez A, Yakar M, İnal Ş. Sayısal görüntü analiz işleminde kamera kalibrasyon parametrelerinin belirlenmesi. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu 2009.
- [33] Makineci H B, Karasaka L, Şahin D. Fotogrametrik amaçlı kamera kalibrasyonu yazılımlarının kullanımı üzerine bir araştırma. *Türkiye Fotogrametri Dergisi* 2020; 2(1): 14-21.
- [34] Özdemir E, Duran Z. Popüler Kamera Kalibrasyonu Yazılımlarının Karşılaştırılması. *TufuablX. Teknik Sempozyumu* 2019; 51-57.
- [35] Yılmaztürk F, Külür S. Sayısal Kameraların Self-Kalibrasyonu için Bir Yazılım Tasarımı. *Harita Dergisi* 2010; 144: 50.
- [36] Douskos V, Grammatikopoulos L, Kalisperakis I, Karras G, Petsa E. FAUCCAL: An open source toolbox for fully automatic camera calibration. In *XXII CIPA Symposium on Digital Documentation, Interpretation & Presentation of Cultural Heritage*, Kyoto, Japan 2009.
- [37] Dubská M, Herout A, Juránek R, Sochor J. Fully automatic roadside camera calibration for traffic surveillance. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 2014; 16(3): 1162-1171.
- [38] Sağdıç Z S, Makineci H B, Karabörk H. Defining The Relationship Between The Diameters of The Points Used in 2D Test Platforms and The Parameters Obtained from Camera Calibration. *International Journal of Environment and Geoinformatics* 2022; 9(3): 108-117.
- [39] Şenyay L, Semerci H. Use of Grubbs Types of Implements in Comparison to The Precision of Two Measuring Equipment (İki Ölçüm Ekipmanının Hassasiyetlerinin Karşılaştırılmasında Grubbs tip Tahminleyicilerinin Kullanılması). *Journal of Dokuz Eylül University Faculty of Economics Administrative Sciences* 1999; 14(1): 1-9.
- [40] Tata H, Eteje O. Determination of Orthometric Heights of Points Using Gravimetric/GPS and Geodetic Levelling Approaches. *International Journal of Environment and Geoinformatics* 2022; 9(1): 52-59.
- [41] Duran Z, Atik ME. Accuracy comparison of interior orientation parameters from different photogrammetric software and direct linear transformation method. *International Journal of Engineering and Geosciences* 2021; 6.2: 74-80.
- [42] Erdoğan A, Mutluoğlu Ö. İnsansız Hava Aracı (İHA) ile Üretilen Şeritvari Haritalardan Kübaj Hesabı. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi* 2020; 2(2): 61-66.
- [43] Karasaka L, Makineci H B, Erdal, K. Accuracy Assessment Toward Merging of Terrestrial Laser Scanner Point Data And Unmanned Aerial System Point Data. *Konya Journal of Engineering Sciences* 2023; 11(1): 124-135.