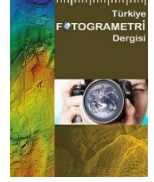




Türkiye Fotogrametri Dergisi

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

e-ISSN 2687-6590



İHA Fotogrametrisi Kullanarak Yozgat Çilekçi Türbesi'nin 3 Boyutlu Nokta Bulutu ve Modelinin Üretilmesi

Adem Kabadayı^{1*}, Alperen Erdoğan¹

^{1*} Yozgat Bozok Üniversitesi, Şefaathli Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 66900, Yozgat, Türkiye;
(adem.kabadayi@bozok.edu.tr; alperen.erdogan@bozok.edu.tr)



*Sorumlu Yazar:
adem.kabadayi@bozok.edu.tr

Araştırma Makalesi

Alıntı: Kabadayı, A., & Erdoğan A. (2023). İHA Fotogrametrisi Kullanarak Yozgat Çilekçi Türbesi'nin 3 Boyutlu Nokta Bulutu ve Modelinin Üretilmesi. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5(1), 29-35.

Geliş : 12.06.2023
Revize : 18.06.2023
Kabul : 18.06.2023
Yayınlama : 30.06.2023

Özet

Ülkemizin her bir karış toprağı birçok uygarlığa ev sahipliği yapmıştır. Türkiye'de bulunan Yozgat Çilekçi Türbesi, ülkenin sahip olduğu çeşitli kültürel miras örneklerinden biridir. Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle çeşitli medeniyetlere ev sahipliği yapmış, bu da zengin ve çeşitli bir kültürel miras alanına sahip olmasını sağlamıştır. Bu tür kültür varlıklarının korunması ve gelecek nesillere aktarılabilmesi için bu yapıların mevcut durumlarının belgelenmesi ve izlenmesi esastır. İnsansız Hava Araçları (İHA) ve yersel fotogrametrik teknikler gibi ileri teknoloji kullanımının bu konuda oldukça etkili olduğu kanıtlanmıştır. Kültürel mirasları kayıt altına almak için kullanılan teknolojilerden biri de dijital fotogrametridir. Bu çalışma Yozgat'ın güneyinde, merkeze yaklaşık 11 km uzaklıkta Azizli mahallesinde bulunan Çilekçi Türbesi'nin belgeleme amaçlı fotogrametrik rölöve çalışmasını içermektedir. Yapılan çalışma sonrasında yapının üç boyutlu modeli ve nokta bulutu elde edilmiştir. Teknoloji ve yazılımların da yardımıyla dijital fotogrametri tekniği her geçen gün kendini sürekli güncellemekte, kültür varlıklarının belgelenmesinde zaman ve maliyet açısından bizlere önemli kolaylıklar ve fırsatlar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan algılama, İHA, fotogrametri, 3B model.

Generation of 3D Point Cloud and Model of Yozgat Çilekçi Tomb Using UAV Photogrammetry

*Corresponding Author:
adem.kabadayi@bozok.edu.tr

Research Article

Citation: Kabadayı, A., & Erdoğan A. (2023). Generation of 3D Point Cloud and Model of Yozgat Çilekçi Tomb using UAV Photogrammetry. *Turkish Journal of Photogrammetry*, 5(1), 29-35 (in Turkish).

Received : 12.06.2023
Revised : 18.06.2023
Accepted : 18.06.2023
Published : 30.06.2023

Abstract

Every inch of our country has been home to many civilisations. Yozgat Çilekçi Tomb located in Turkey, is one of the various examples of cultural heritage that the country has. Turkey has hosted various civilisations due to its geographical location, which has enabled it to have a rich and diverse cultural heritage. In order to protect such cultural heritage assets and transfer them to future generations, it is essential to document and monitor the current status of these structures. The use of advanced technologies such as Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and ground-based photogrammetric techniques have proven to be highly effective in this regard. One of the technologies used to record cultural heritage is digital photogrammetry. This study includes the photogrammetric survey of the Çilekçi Tomb, which is located in the Azizli neighbourhood in the south of Yozgat, about 11 km from the centre, for documentation purposes. After the study, a three-dimensional model and point cloud of the building were obtained. With the help of technology and software, digital photogrammetry technique is constantly updating itself day by day and offers us important conveniences and opportunities in terms of time and cost in documenting cultural assets.

Keywords: Remote sensing, UAV, photogrammetry, 3D model.

1. Giriş

Kültürel mirasın korunması sadece geçmişin korunmasıyla ilgili değil, aynı zamanda bugünü anlamak ve daha iyi bir gelecek inşa etmekle de ilgilidir. Kültürel alanların korunması, insanların tarihten ders almasına, bir kimlik duygusu geliştirmesine ve kültürel çeşitliliği teşvik etmesine olanak tanır. Kültürel miras alanları, doğal afetler, savaş, yangın ve kötüye kullanım dahil olmak üzere çeşitli tehditlere karşı savunmasızdır. Bu kültür mirasları korumak, gelecek nesillere aktarmak ve hayatta kalmalarını sağlamak için belgelemek çok önemlidir.

Kültürel miras, bir toplumun değerlerini, inançlarını ve geleneklerini yansıtan, nesilden nesile aktarılan zengin tarihi geçmişimizin tezahürüdür. Bu paha biçilmez varlıkları gelecek nesiller için korumak ve belgelemek bizim sorumluluğumuzdur [1].

Tarihi eserlerin korunması, geçmişimize sahip çıkılması ve gelecek nesillere aktarılması için mevcut tarihi yapı ve nesnelerin 3 boyutlu temsillerinin oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Tarihi yapıların en uygun dijital modelleme tekniği kullanılarak, geometrik özelliklerin ve mevcut durumlarının kaydedilmesi önemlidir. Savaşlar, sık yaşanan doğal afetler ve iklim değişiklikleri gibi nedenlerle kültürel varlıklarımızın tahrip olması veya yok olması durumuna karşı dijital olarak kaydedilmesi, korunması ve muhafaza edilmesi için dijital olarak modellenmesi gereklidir [2]. Eserleri 3B olarak modellemek, orijinal şekillerini ve yerleşimlerini korumak için en basit yaklaşımdır. Kaliteli görünüm ve detaylarla dijital ortamda, diğer projelere altlık teşkil etmek ve ihtiyaç duyulduğunda kullanıma sunmaktır. Belgeleme, tarihi kalıntıların daha önemli hale gelmesiyle aynı zamanda daha önemli ve çeşitli hale gelmeye başlamıştır. Verimlilik, maliyet ve metrik (ölçümlü), görsel (fotoğrafçılık) ve dijital (bilgisayarlı) ortamlarda çalışma açısından fotogrametri, mevcut belgeleme teknikleri arasında öne çıkıyor [3].

Fotogrametrik yöntemler, geleneksel belgeleme tekniklerine göre; modeli yapılacak objenin özelliklerinin son derece doğru ve hassas ölçümlerini sağlayarak ayrıntılı ve güvenilir 3B modeller sağlar. Fotogrametrik teknikler tahribatsızdır, belgeleme sürecinde kültürel miras alanına zarar verme riskini en aza indirir. Ayrıca, daha az pahalı ekipman ve yazılım gerektirdiğinden, lazer tarama gibi diğer belgeleme yöntemlerinden nispeten daha uygun maliyetlidir [4]. Geleneksel tekniklerden daha hızlıdır ve geniş alanların ve birden çok alanın hızlı bir şekilde belgelenmesini sağlar. Bunların yanı sıra, arkeolojik alanlar ve tarihi binalardan müze kalıntılarına ve su altı kalıntılara kadar çeşitli kültürel miras alanlarına uygulanabilir [5].

Fotogrametri alanı sürekli gelişmektedir ve teknolojideki ilerlemelerin fotogrametrik yöntemlerin doğruluğunu, verimliliğini ve erişilebilirliğini daha da geliştirmesi beklenmektedir. Bazı mevcut gelişmelere bakıldığında; fotogrametrinin lazer tarama, Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) ve Sanal Gerçeklik (VR) gibi diğer teknolojilerle entegrasyonu, kültürel miras alanlarının belgelenmesini ve görselleştirilmesini geliştirebilir. Daha gelişmiş yazılım ve algoritmaların geliştirilmesi, fotogrametrik veri işleme sürecinin doğruluğunu ve hızını artırabilir. Görüntü yakalama ve veri işleme gibi fotogrametrik işlemin belirli yönlerinin otomasyonu, verimliliği daha da artırabilir ve insan müdahalesini azaltabilir. Fotogrametrik yöntemlerle ilgili eğitim programlarının ve eğitim kaynaklarının artan mevcudiyeti, bu teknikleri kültürel miras belgelerine uygulayabilecek yetenekli bir iş gücünün oluşturulmasına yardımcı olabilir. Kültürel miras alanlarının belgelenmesi, bunların korunması, araştırılması ve gelecek kuşaklara aktarılması hayati önem taşımaktadır. Fotogrametrik yöntemler, bu sitelerin doğru ve ayrıntılı 3B modellerini oluşturmak için güçlü bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Teknolojideki sürekli ilerlemeler ve artan erişilebilirlik ile fotogrametri, kültürel miras belgelenmesinin geleceği için büyük umut vaat etmektedir [6-7].

Fotogrametrik yöntemler, kültürel miras alanlarının belgelenmesinde çok sayıda uygulamaya sahiptir, bunlardan bazıları; arkeolojik alanların 3B modellerini oluşturmak için yaygın olarak kullanılır ve analiz, yorumlama ve sanal yeniden yapılandırma için değerli veriler sağlamaktadır. Restorasyon, koruma ve eğitim amaçlı kullanılacak tarihi binaların ve anıtların doğru ve ayrıntılı 3B modellerini oluşturmak için kullanılabilir.

Müze eserlerinin 3B modellerini oluşturmak için fotogrametrik yöntemler kullanılabilir ve araştırmacıların nesnelere fiziksel olarak elmeden incelemelerine ve analiz etmelerine olanak tanır. Fotogrametri, kaya sanatı ve yazıtları belgelemek, bunların karmaşık ayrıntılarını korumak ve araştırmacılar için değerli veriler sağlamak için etkili bir araçtır [8].

Bu çalışmada, Yozgat Çilekçi türbesinin İHA fotogrametrisi tekniği kullanılarak belgeleme uygulamasını içermektedir. Çalışma içerisinde türbenin yoğun nokta bulutu üretilmiş ve 3 boyutlu modellenmesi yapılmıştır. Fotogrametrik yöntem ile yapılan çalışmalarda İHA fotogrametrisi yapılan çalışmaların geleneksel yöntemlere göre avantajlarına yer verilmiştir. Üretilen modelin hassasiyetine yer verilmiştir. Ayrıca kültürel mirasın belgelenmesinin önemine, kullanılan çeşitli tekniklere değinilmiştir.

2. İHA Fotogrametrisi

Fotogrametri, gerçek dünyadaki nesnelerin veya sahnelerin doğru haritalarını, modellerini veya çizimlerini ölçmek ve oluşturmak için fotoğrafların kullanılmasını içeren bir tekniktir. Bu yöntem, fotoğraflardaki noktalar arasında uzamsal ilişkiler kurmak için geometri ve trigonometri ilkelerine dayanır. Fotogrametri, doğru ve uygun maliyetli sonuçlar üretme kabiliyeti nedeniyle arkeoloji, mimarlık ve mühendislik dahil olmak üzere çeşitli endüstrilerde yaygın olarak benimsenmiştir [9].

İki ana fotogrametri türü vardır: havadan ve karadan. Hava fotogrametrisi, bir uçak, insansız hava aracı veya uydu gibi yüksek bir konumdan görüntü yakalamayı içerir. Karasal fotogrametri ise, özel kameralar veya kamera donanımlı cihazlar kullanılarak yer seviyesinden görüntü alınmasını içerir. Yapının ölçeğine ve karmaşıklığına bağlı olarak, her iki tür de kültürel miras alanlarının belgelenmesinde kullanılabilir.

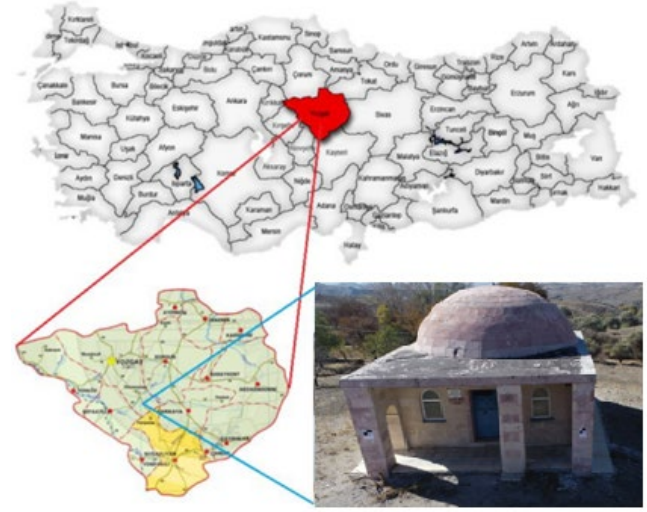
İHA fotogrametrisi, yüksek çözünürlüklü hava görüntülerini hızlı ve verimli bir şekilde yakalama kabiliyeti nedeniyle son yıllarda giderek daha popüler hale geldi. Bu yöntem, bir sitenin çeşitli açılardan üst üste binen birden fazla görüntüsünü almak için yüksek çözünürlüklü bir kamera ile donatılmış bir İHA kullanmayı içerir. Bu görüntüler daha sonra, ayrıntılı bir 3B modele dönüştürülebilir yoğun bir 3B nokta bulutu oluşturmak için özel yazılım kullanılarak işlenir [10-11].

İHA fotogrametrisi ve yersel fotogrametrik teknikler, kültürel miras alanlarını belgelemek için kullanılabilir iki güçlü araçtır. İHA fotogrametrisi, insansız hava araçları kullanılarak yüksek çözünürlüklü görüntülerin yakalanmasını içerirken, karasal fotogrametri, sahanın ayrıntılı görüntülerini elde etmek için yer tabanlı kameralar kullanır. Her iki yöntem de kültürel miras alanlarının analizi, belgelenmesi ve korunması için gerekli olan doğru 3B nokta bulutları ve katı modeller üretilmektedir [12-13].

Kültürel miras dokümantasyonu için İHA fotogrametrisi kullanmanın avantajlarından bazıları; İHA'lar, sitenin özellikleri ve koşulları hakkında ayrıntılı bilgi sağlayan yüksek çözünürlüklü görüntüler yakalayabilir. İHA'lar, nispeten kısa bir süre içinde geniş alanları kapsayabilir ve bu da veri toplama sürecini daha verimli hale getirir. İHA fotogrametrisi, genellikle insanlı hava aracı veya uydu görüntüleri gibi geleneksel hava araştırma yöntemlerinden daha uygun maliyetlidir. İHA'lar, yürüyerek veya yer tabanlı ekipmanla ulaşılması zor veya tehlikeli olabilecek alanlara erişebilir ve bu alanların görüntülerini yakalayabilir [14-15].

3. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Yozgat ilinin merkezine yaklaşık 11 km uzaklıkta bulunan Azizli mahallesinde bulunmaktadır. Çilekçi türbesi N 39° 44' 58.9056" E 34° 46' 58.731" koordinatlarında bulunur (URL-1)



Şekil 1. Çalışma alanı.

4. Materyal ve Metot

Fotogrametri, nesnelerin veya sahnelerin 3B modellerini oluşturmak için fotoğraflardan ölçüm almayı içeren bir tekniktir. Alanla fiziksel temasa ihtiyaç duymadan bu yapıların doğru, ayrıntılı temsillerinin oluşturulmasına izin verdiği için mezarların ve diğer kültürel miras alanlarının belgelenmesi için özellikle yararlıdır [16].

Türbe etrafına yapının her tarafını görece şekilde zemine 3 adet sabit referans noktaları belirlenmiştir. Şekil 2'de gösterilen Hi-TARGET marka GNSS alıcısı ile ulusal ITRF96 koordinatları belirlenmiştir.



Şekil 2. GNSS alıcısı.

Türbenin üzerine yerleştirilen kağıt hedeflerin (Şekil 3) koordinatları Türbe etrafına yerleştirilen sabit referans noktalarına Şekil 4'te verilen elektronik totalstation kurularak 5 adet kâğıt hedeflerin ölçümleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Kağıt hedefler.



Şekil 4. Elektronik totalstation cihazı.

Türbe etrafını ve tamamını görecektir şekilde DJI Phantom 4 Pro (Şekil 5) cihazı ile havadan fotoğrafları çekilmiştir. Fotoğraf çekimleri bindirmeli olarak türbenin cephelerinde eksik yer kalmayacak şekilde farklı açılardan 72 adet fotoğraf çekimi gerçekleştirildi.



Şekil 5. DJI Phantom 4 Pro cihazı.

Toplanan veriler Agisoft yazılımında değerlendirilmiştir. Fotoğraflardan nokta bulutu ve 3 boyutlu model üretimi gerçekleştirilmiştir.

4.1. Verilerin Agisoft ile Fotogrametrik Değerlendirilmesi

Agisoft yazılımında Phantom 4 Pro İnsansız Hava Aracı'nda entegreli olarak üretilen 20 mp kamera ile renkli fotoğraflar üretilmiştir.

Fotoğrafı çekilmiş alanın içindeki noktaların 3 boyutlu konumunu belirlemek için geleneksel fotogrametrik yöntemler, kameraların 3 boyutlu konumunun ve açısını veya bir dizi kontrol noktasının 3 boyutlu konumunun bilinmesini gerektirir. İlk yöntemde, kameraya monte GPS ve elektronik pusulanın olmadığı durumlarda, fotoğrafın geometrisini yeniden oluşturmak için üçgenleme kullanılabilirken, ikinci yöntemde kontrol noktaları giriş fotoğraflarında manuel olarak belirlenir ve fotoğrafın konumunu belirlemeye veya fotoğrafın açısını tahmini adı verilen bir işlem kullanılır. Buna karşılık Structure from Motion (SfM) yaklaşımı, modelin yeniden yapılandırılmadan önce yukarıdakilerin hiçbirinin bilinmesini gerektirmez. Kamera parametreleri ve fotoğraf geometrisi, birden fazla görüntüdeki eşleşen özelliklerin otomatik olarak tanımlanmasıyla eş zamanlı olarak yeniden yapılandırılır. Bu özellikler görüntüden görüntüye takip edilerek kamera konumlarının ve nesne koordinatlarının ilk tahminleri elde edilir ve bunlar daha sonra doğrusal olmayan en küçük kareler minimizasyonu kullanılarak yinelemeli olarak iyileştirilir [17].

Geleneksel fotogrametriden farklı olarak, SfM'den türetilen kamera konumları, yer kontrol koordinatları tarafından sağlanan ölçek ve yönelimleri içermemektedir. Sonuç olarak, 3 boyutlu nokta bulutları, bir gerçek dünya, 'nesne-uzay' koordinat sistemine hizalanması gereken göreceli bir 'görüntü-uzay' koordinat sisteminde üretilir. Çoğu durumda, SfM görüntü-uzay koordinatlarının mutlak bir koordinat sistemine dönüştürülmesi, bilinen nesne-uzay koordinatlarına sahip az sayıda bilinen yer kontrol noktasına (YKN) dayalı bir 3-D benzerlik dönüşümü kullanılarak elde edilebilir [18-19].

Agisoft PhotoScan yazılımı SfM'den gelen model oluşturma yöntemini kullanmaktadır. Bu sayede türbeden bindirmeli olarak çekilen fotoğraflar sayesinde iki boyutlu veriden 3 boyutlu model üretimi gerçekleştirilmektedir.

Agisoft yazılımına fotoğraflar eklenmiştir. Daha sonra fotoğraflar arasındaki ortak bölgeler kullanılarak bağlama noktaları yardımıyla hizalama işlemi (Align Photos) gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sırasında 76342 adet bağlama noktası üretilmiştir. Daha sonra türbe çevresinde ve üzerine yerleştirilen 8 adet detay noktası yazılıma aktararak ilgili fotoğraflar üzerinde detay noktaları işaretlenmiştir. Detay noktalarına göre dengeleme yapılarak türbenin nokta bulutu üretilmiştir. Oluşturulan nokta bulutuna 3 boyutlu yüzey geçirilmiştir. Son olarak yüzeylere fotoğraflardan resim giydirmesi yapılmıştır. Yapılan işlemler sonucunda türbenin 3 boyutlu modeli 1.58 mm/piksel yer örnekleme aralığına sahip olarak elde edilmiştir.

Tablo 1. Totalstation Ölçüm Değerleri ile Agisoft Değerleri.

| N.N. | Totalstation ile Ölçülen Değerler (Referans Koordinatlar) | | | Agisoft Yazılımından Elde Edilen Değerler | | |
|------|---|------------|----------|---|------------|----------|
| | X (m) | Y (m) | Z (m) | X (m) | Y (m) | Z (m) |
| 1 | 4402445.750 | 395701.878 | 1198.232 | 4402445.756 | 395701.883 | 1198.229 |
| 2 | 4402457.116 | 395698.576 | 1197.999 | 4402457.129 | 395698.580 | 1197.994 |
| 3 | 4402452.259 | 395685.108 | 1198.088 | 4402452.256 | 395685.122 | 1198.086 |
| 4 | 4402447.903 | 395697.192 | 1199.971 | 4402447.933 | 395697.229 | 1199.963 |
| 5 | 4402453.543 | 395695.973 | 1199.689 | 4402453.555 | 395696.019 | 1199.722 |
| 6 | 4402452.634 | 395688.488 | 1199.889 | 4402452.645 | 395688.486 | 1199.889 |
| 7 | 4402446.929 | 395689.306 | 1200.028 | 4402446.941 | 395689.303 | 1200.023 |
| 8 | 4402447.010 | 395693.326 | 1200.112 | 4402446.991 | 395693.338 | 1200.116 |

**Şekil 6.** Yoğun Nokta Bulutu.**Şekil 7.** DJI Kalitede Model (Ön taraf).**Şekil 8.** DJI Kalitede Model (Arka Taraf).

5. Doğruluk Analizi

Konumsal hataların tespiti için sonuç ürün olarak ortaya çıkan modelde doğruluk analizi yapılmıştır. Doğruluk analizi, türbe etrafına ve üzerine yerleştirilen sabit referans noktalarının jeodezik (totalstation) ölçme aleti ile belirlenen ulusal (ITRF96) koordinatları referans alınarak, 3 boyutlu modelden Agisoft yazılımı ile elde edilen veriler karşılaştırılarak yapılmıştır. Noktaların koordinatları arasındaki farkları değerlendirilerek x,y,z yönündeki karesel ortalama hataları hesaplanmıştır. Yapılan literatür çalışmalarında, Ulvi ve Yiğit (2019) "Kültürel Mirasın Dijital Dokümantasyonu: Taşkent Sultan Çeşmesinin Fotogrametrik Teknikler Kullanarak 3B Modelinin Yapılması" çalışmasında model doğruluğunu ± 5.27 cm olarak bulunmuşlardır. Ayrıca Ulvi v.d. (2020) "İHA ve Yersel Fotogrametrik Teknikler Kullanarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 Boyutlu Nokta Bulutu ve Modelinin Üretilmesi" photomodeler yazılımında ± 20.4 mm ve Agisoft yazılımında ± 17.1 mm olarak bulunmuşlardır.

Tablo 1'de Totalstation ile ölçülen değerler ve Agisoft yazılımındaki hesaplama değerleri verilmiştir. Tablo 2'de yazılama ait hata değerleri verilmiştir. Karesel ortalama hatalarından yola çıkarak Agisoft yazılımında x,y,z koordinatlarının ortalama konum hatası ± 3.16 cm olarak tespit edilmiştir (Tablo 3). Literatüre bakıldığında kültürel miras dokümantasyon çalışmalarında kabul edilebilir hata değeri olarak görülmektedir.

Tablo 2. Agisoft Yazılımına Ait X,Y,Z Koordinatlarının Ortalama Konum Hatası.

| N.N. | 3B Hata Değeri | | | | | | |
|------|-----------------|------|------|----------------------------------|------|------|------|
| | Vi Farklar (cm) | | | Vi Vi Farklar (cm ²) | | | |
| | Vx | Vy | Vz | Pix | VxVx | VyVy | VzVz |
| 1 | 0.6 | 0.5 | -0.3 | 1.5 | 0.4 | 0.3 | 0.1 |
| 2 | 1.3 | 0.4 | -0.5 | 0.8 | 1.7 | 0.2 | 0.3 |
| 3 | -0.3 | 1.4 | -0.2 | 0.4 | 0.1 | 2.0 | 0.0 |
| 4 | 3.0 | 3.7 | -0.8 | 1.9 | 9.0 | 13.7 | 0.6 |
| 5 | 1.2 | 4.6 | 3.3 | 1.2 | 1.4 | 21.2 | 10.9 |
| 6 | 1.1 | -0.2 | 0.0 | 0.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | 1.2 | -0.3 | -0.5 | 0.6 | 1.4 | 0.1 | 0.3 |
| 8 | -1.9 | 1.2 | 0.4 | 1.4 | 3.6 | 1.4 | 0.2 |

Tablo 3. Agisoft Yazılımından Elde Edilen Kooordinatların Konum Hatası.

| | Vi Farklar (cm) | | |
|------|-----------------|-----|-----|
| | Vx | Vy | Vz |
| Vmin | 0.3 | 0.2 | 0.0 |
| Vmax | 3.0 | 4.6 | 3.3 |
| Vort | 0.8 | 1.4 | 0.2 |
| m | 1.6 | 2.4 | 1.3 |
| mxyz | 3.16 | | |

6. Sonuçlar

Çilekçi Türbesi'nin İHA fotogrametrisi kullanılarak 3 boyutlu nokta bulutu ve katı modelinin oluşturulması, bu önemli kültürel miras alanının belgelenmesi ve korunması için değerli veriler sağlamıştır. Ortaya çıkan model; 3B model, türbelerin mimari özelliklerini, yapısal koşullarını ve tarihsel bağlamını analiz etmek için kullanılabilir. 3B model tarafından sağlanan ayrıntılı bilgiler, koruma ve koruma çabalarını bilgilendirebilir ve sitenin uzun vadeli hayatta kalmasını sağlamaya yardımcı olur. 3B model, sanal turlar ve eğitim kaynakları oluşturmak için kullanılabilir ve insanların kültürel mirası kendi evlerinin rahatlığında keşfetmelerine ve öğrenmelerine olanak tanır. 3B model, kültürel varlıkların zaman içindeki durumunu izlemek ve bütünlüğünü korumak için yönetim kararlarını bilgilendirmek için bir temel olarak hizmet edebilir.

Çalışma sonucunda bulunan hassasiyete bakıldığında, üretilen boyutlu model restorasyon projelerine altlık olarak kullanılabilir. Tarihi eserler bu şekilde belgelenerek gelecek nesillere aktarılması konusunda büyük önem taşımaktadır.

Yazarların Katkısı

Adem Kabadayı; Metodoloji, Verilerin İşlenmesi, Kontrol, Yazım.

Alperen Erdoğan; Veri toplama

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

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

- [2] Kaya Y, Yiğit A Y, Ulvi A & Yakar M (2021). Arkeolojik Alanların Dokümantasyonunda Fotogrametrik Tekniklerinin Doğruluklarının Karşılaştırmalı Analizi: Konya Yunuslar Örneği. *Harita Dergisi*, 165, 57-72.
- [3] Ulvi, A. & Yiğit, A. Y. (2019). Kültürel Mirasın Dijital Dokümantasyonu: Taşkent Sultan Çeşmesinin Fotogrametrik Teknikler Kullanarak 3B Modelinin Yapılması. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 1(1), 1-6.
- [4] Ulvi, A. (2022). Using UAV Photogrammetric Technique for Monitoring, Change Detection, and Analysis of Archeological Excavation Sites. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 15(3), 1-19.
- [5] Yiğit, A. Y., Orhan, O., & Ulvi, A. (2020). Investigation of The Rainwater Harvesting Potential at the Mersin University, Turkey. *Mersin Photogrammetry Journal*, 2(2), 64-75.
- [6] Şenol, H. İ., & Kaya, Y. (2019). İnternet Tabanlı Veri Kullanımıyla Yerleşim Alanlarının Modellenmesi: Çiftlikköy Kampüsü Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 1(1), 11-16.
- [7] Kaya, Y., Şenol, H. İ., Memduhoğlu, A., Akça, Ş., Ulukavak, M., & Polat, N. (2019). Hacim Hesaplarında İHA Kullanımı: Osmanbey Kampüsü Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 1(1), 07-10.
- [8] Korumaz, A. G., Dülgerler, O. N., & Yakar, M. (2011). Kültürel Mirasın Belgelenmesinde Dijital Yaklaşımlar. *S.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(3), 67-83.
- [9] Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. Y., & Kaya, Y. (2020). İHA ve Yersel Fotogrametrik Teknikler Kullanarak Aksaray Kızıl Kilisenin 3B Modelinin Ve Nokta Bulutunun Elde Edilmesi. *Geomatik Dergisi*, 5(1), 22-30.
- [10] Cömert, R., Avdan, U., & Şenkal, E. (2012). İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları Ve Gelecekteki Beklentiler. *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012)*, 16-19.
- [11] Yılmaz, H. M., Yakar, M., & Yıldız, F. (2008). Documentation of historical caravansaries by digital close range photogrammetry. *Automation in Construction*, 17(4), 489-498.
- [12] Alptekin, A., & Yakar, M. (2021). 3D model of Üçayak Ruins obtained from point clouds. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3(2), 37-40.
- [13] Alptekin, A., & Yakar, M. (2020). Determination of pond volume with using an unmanned aerial vehicle. *Mersin Photogrammetry Journal*, 2(2), 59-63.
- [14] Karataş, L., Alptekin, A., Kanun, E., & Yakar, M. (2022). Tarihi kârgir yapılarda taş malzeme bozulmalarının İHA fotogrametrisi kullanılarak tespiti ve belgelenmesi: Mersin Kanlıdivane ören yeri vaka çalışması. *İçel Dergisi*, 2(2), 41-49.
- [15] Kusak, L., Unel, F. B., Alptekin, A., Celik, M. O., & Yakar, M. (2021). Apriori association rule and K-

- means clustering algorithms for interpretation of pre-event landslide areas and landslide inventory mapping. *Open Geosciences*, 13(1), 1226-1244.
- [16] Külür, S. (2002). Fotogrametri Ders Notları (basılmamış), İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [17] Snavely, N., Seitz, S. M., & Szeliski, R. (2008). Modeling the world from internet photo collections. *International journal of computer vision*, 80, 189-210.
- [18] Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., & Reynolds, J. M. (2012). 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300-314.
- [19] Yakar, M., & Dogan, Y. (2019). 3D Reconstruction of Residential Areas with SfM Photogrammetry. In *Advances in Remote Sensing and Geo Informatics Applications: Proceedings of the 1st Springer Conference of the Arabian Journal of Geosciences (CAJG-1)*, Tunisia 2018, 73-75, Springer International Publishing.
- [20] Hamal, S. N. G., & Ulvi, A. (2022). 3B Kent Modelleri oluşturma sürecinde İHA fotogrametrisi ve CBS entegrasyonu: Mersin Üniversitesi Çiftlikköy Kampüsü Örneği. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 4(2), 97-105. DOI: 10.56130/tucbis.1208096
- [21] Kaçarlar, Z., & Hamal, S. N. G. (2021). Küçük Objelerin Üç Boyutlu (3B) Modellenmesinde Yersel Lazer Tarama (YLT) Tekniği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 3(2), 65-70.



© Author(s) 2023.

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