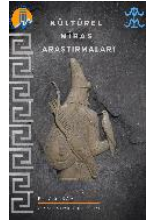




Kültürel Miras Araştırmaları
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/kulmira>
<https://www.kulmira.com/>
 e-ISSN 2687-6094



Tarihi Eserlerin İHA Fotogrametrisi Yöntemi Kullanılarak 3 Boyutlu Modellenmesi: Yozgat Garipler Köyü Kilisesi Örneği

Nezih Furkan Erbaş^{*1}, Adem Kabadayı², Abdullah Varlık³

¹Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Tapu ve Kadastro XXII. (Yozgat) Bölge Müdürlüğü, Yozgat, Türkiye, furkanerbas999@gmail.com

²Yozgat Bozok Üniversitesi, Şefaati Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Yozgat, Türkiye, adem.kabadayi@bozok.edu.tr

³Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, avarlik@erbakan.edu.tr

Kaynak Göster: Erbaş, N. F., Kabadayı, A., & Varlık, A. (2025). Tarihi Eserlerin İHA Fotogrametrisi Yöntemi Kullanılarak 3 Boyutlu Modellenmesi: Garipler Köyü Kilisesi Örneği. *Kültürel Miras Araştırmaları*, 6 (1), 15-24.

DOI:10.59127/kulmira.1418663

Anahtar Kelimeler

İHA Fotogrametrisi
 Üç Boyutlu Modelleme
 Kültürel Miras
 Rölöve

Araştırma Makalesi

Geliş:12.01.2024
 Revize:07.04.2025
 Kabul:14.04.2025
 Yayınlanma:01.06.2025



Öz

Son zamanlarda kültürel mirasın korunmasına yönelik çalışmalar yaygın hale gelmiştir. Kültürel mirasın sosyal, ekonomik ve tarihi değerler açısından olumsuz koşullara karşı korunması ve yaşatılması gerekmektedir. Bu eserlerin varlığını tehlikeye sokabilecek olaylar; hava koşulları, doğal afetler, insani faktörler gibi çeşitli durumlardan kaynaklanmaktadır. Kültürel mirasın korunmasında ve sürdürülebilir gelişiminde önemli bir yere sahip olan üç boyutlu (3B) modelleme, orijinal ve dijital eserler arasındaki uyumluluğu dikkate alarak, etkin ve verimli teknolojiyle doğru yeniden yapılanma sonuçları gerektirmelidir. Günümüzde İHA (İnsansız Hava Aracı) kullanımına ve İHA fotogrametrisine ilişkin bilim ve teknolojinin gelişimi hızla artmaktadır. İHA'nın avantajları arasında zamandan tasarruf edilmesi, uygunsuz bölgelere kısa sürede ulaşabilmesi ve maliyetinin daha düşük olması sayılabilir. Bu çalışmada Garipoğulları Beyliği döneminde Yunanlılardan kalma tarihi bir eser olan Yozgat ili Sorgun ilçesine bağlı Garipler Köyü Kilisesi'nde fotogrametrik teknikle 3B modelleme, sayısal yükseklik modeli (Digital Elevation Model, DEM) ve rölöve yapısının yapılması amaçlanmıştır. İHA yardımıyla 171 adet fotoğraf çekilerek fotogrametrik değerlendirilmesi yapılmıştır. İHA fotogrametrisi tekniğiyle üretilen modelde yaklaşık 27,2 milyon adet yoğun nokta verisi üretilmiştir. Çalışma sonucunda tarihi eserin 3B modeli, rölöve yapısı ve sayısal yükseklik modeli verileri detaylarının çizimi "Agisoft Metashape" yazılımı ile İHA fotogrametrisi yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, İHA fotogrametri yöntemi ile elde edilen 3B modellerinin kültürel miras ve tarihi eserlerin restorasyon altlıklarının oluşturulmasında zaman, maliyet ve doğruluk açısından önemli katkılar sağladığı anlaşılmıştır.

3D Modeling of Historical Artifacts By Using UAV Photogrammetry Method: The Case of Yozgat Garipler Village Church

Keywords

UAV Photogrammetry
 Three-Dimensional
 Modeling
 Cultural Heritage
 Roleve

Research Article

Received:12.01.2024
 Revised:07.04.2025
 Accepted:14.04.2025
 Published:01.06.2025

Abstract

In the recently, studies on the protection of cultural heritage have become widespread. Cultural heritage works need to be keep somebody alive and preserved against adverse conditions in terms of social, economic and historical values. Events that may endanger the existence of these works arise from various situations such as weather conditions, natural disasters and human factors. Three-dimensional (3D) modeling, which has an important place in the protection and sustainable development of cultural heritage, should require correct reconstruction results with effective and efficient technology, taking into account the compatibility between original and digital works. Today, the development of science and technology regarding the use of UAV (Unmanned Aerial Vehicle) and UAV photogrammetry is rapidly increasing. The advantages of UAV include saving time, reaching inconvenient areas in a short time and having a lower cost. In this study, it was aimed to make 3D

modeling, digital elevation model (DEM) and roleve structure with photogrammetric technique in Garipler Village Church in Sorgun district of Yozgat province, which is a historical work from the Greeks during the Garipogulları Principality period. Photogrammetric evaluation was carried out by taking 171 photographs with the help of UAV. Approximately 27.2 million dense point data were produced in the model produced with UAV photogrammetry technique. As a result of the study, the 3D model of the historical artifact, the structure of the roleve and the details of the digital elevation model data were drawn by using the UAV photogrammetry method with “Agisoft Metashape” software. As a result, it has been understood that the 3D models obtained by the UAV photogrammetry method provide significant contributions in terms of time, cost and accuracy in the creation of restoration bases for cultural heritage and historical artifacts.

1. Giriş

Fotogrametrinin kültürel mirasa yönelik çalışmalarında daha doğru, etkili, tutarlı ve yenilikçi çözümler ortaya koyması sebebiyle özellikle bu uygulamalarda tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir [1-5]. Kültürel miras, geçmiş kuşakların oluşturduğu, evrensel değerlere sahip olduğuna inanılan, insanların tarihi bilgisine kaynaklık eden, toplumların geçmişi ve geleceği arasında köprüler kuran, ata ve cetlerimizden kalan önemli eserlerdir. Sadece insanların sosyal, bireysel ve toplumsal gelişiminde rol oynamasının yanında, insanlık adına bu yapıların gelecek nesillere aktarılmasında da önemli bir yere sahiptir. [6-7].

Ülke toprakları tarih boyunca birçok farklı medeniyete ev sahipliği yaptığından tarihi eser ve kültürel miraslar bakımından oldukça zengindir. Bu bölgede insanlığın başlangıcından beri birçok farklı toplum yaşamını sürdürmüş ve eserler bırakmıştır.

Kültürel miraslar ülkenin her bir karış toprağını yansıtan tarihi bir birikimdir. Bu sebeple kültürel mirasların muhafaza edilmesi, korunması ve bu yapılarla sahip çıkılması toplumun doğal tarihini, kaynağını, birikimini, geçmişini ve kimliğini de koruması anlamına gelmektedir. Farklı doğal özelliklere, boyutlara ve karmaşık bir yapıya sahip olduklarından dolayı kültürel miraslar daha gelişmiş ölçüm araçları ve belgeleme teknikleri gerektirir [6, 8-9]. Kültürel miras alanlarının doğru üç boyutlu-3B (three-dimensional, 3D) temsilleri, bilimsel çalışma, koruma ve eğitim amaçları için oldukça değerlidir. 3B modeller, arşiv amaçlı kullanımlarına ek olarak, ilgili doğal ve mimari özelliklerin verimli ve hassas bir şekilde ölçülmesini sağlar. Birçok kültürel miras alanı, on binlerce metrekaareye mekânsal olarak dağılmış çok sayıda yapıdan oluşmaktadır. Bu tür geometrik olarak karmaşık konumları etkili bir şekilde dijitalleştirme süreci, ölçümlerin çeşitli bakış açılarından elde edilmesini gerektirir. Ayrıca, kültürel miras alanlarının bakımı ve izlenmesinde 3B dijital teknoloji önemlidir [10].

Günümüzde İnsansız Hava Aracı (Unmanned Aerial Vehicle, İHA) içerisinde pilot olmadan çalışarak tasarlanmış, operatör veya uzman bir insan tarafından uzaktan kumanda kullanılarak yönlendirilen bir hava aracıdır. İlk başlarda askeri kullanım amacına yönelik yenilik girişimleri ile deneysel/bilimsel uygulamalarda insan kayıplarını azaltmak ve yaralanmalarını en aza indirmek amacıyla yapılmıştır. 1970’lerin sonlarında harita ve inşaat uygulamalarıyla ilgili çalışmalar yapılmıştır. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte İHA üretimi de 1990’lı yıllarda hız kazanmaya başlamıştır.

Son zamanlarda elektronik cihazlarında gelişiminin etkisiyle İHA’ların küçültülerek içerde ve dışarda uçulabilen böcek boyutunda olan mikro İHA’lara olan ilginin artması da bir başka sebep olmuştur. İHA’ların maliyeti ise platform tipine, uygulama amacına, özerklik derecesine ve faydalı yük tipine bağlı olarak değişmektedir [11-12]. İHA’lar genel anlamda navigasyon sistemleri atalet ölçüm birimi (Inertial Measurement Unit, IMU), GPS, radyo dalgaları, uçuş kontrol elektroniği ve cihazları, yüksek çözünürlüklü kamerayla donatılmıştır. İHA’ların nesnelerin fotoğrafını havadan çekmesi sonucu bunların yazılımlar aracılığıyla 3B olarak modelleme ve görselleştirme imkânı sunmuştur. İHA’nın birtakım avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Geleneksel ölçme tekniklerine göre zamandan, maliyetten ve iş gücünden tasarruf sağlanması, çalışma alanının doğrudan, hızlı ve ayrıntılı görüntü yakalama özelliği olması sebebiyle projelerin çok daha hızlı tamamlama özelliği sunması, geleneksel tekniklerin başarısız olduğu çok karmaşık, erişilemez tehlikeli nesneleri veya alanları uzaktan gözlemleyebilmesi büyük avantajlardandır. Faydalı yük sınırlaması, kullanılan sensörün düşük maliyetli olması, sigorta eksikliği ve yönetmelikler gibi durumlar dezavantajlara neden olmaktadır [13-20]. Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System, GPS) ve görüş, İHA’larda gezinmek için yaygın olarak kullanılır. Yakın zamanda yaşanmış olunan COVID-19 salgınına karşı temassız bir çözüm sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda afet sonrası yeniden yapılanma, gözlemlleme, izleme, arama-kurtarma, trafik durum tespiti ve hedef takibi gibi birçok alanda sorunları çözmek için önemli bir araç haline gelmiştir. İHA’lar bazı özel ve acil hizmetler için Nesnelerin İnterneti (Internet of Things, IoT) sistemlerinde veri toplayıcılar ve Kenar Sunucular (Edge Servers, ESs) olarak hareket ederek depolama ve hesaplama sağlamaktadır. Bu nedenle İHA’lar yerden havaya kaldırmak ve İHA’ların internetini oluşturmak için IoT cihazlarıyla uyum sağlanabilir [10, 21-25].

Literatür kapsamında İHA fotogrametrisine yönelik çalışmalar incelendiğinde; Yakar vd. [26], araştırmada Erzurum ilinde bulunan Üç Kümbetler olarak adlandırılan eserlerde belgeleme amacıyla Emir Saltuk Kümbet’inin fotogrametrik rölöve çalışması yapılmıştır. Restorasyon projesine altlık oluşturulacak rölöve projesi hazırlanması ve 3B nokta verilerinin oluşturulması sebebiyle kontrol noktaları Total Station cihazı ile ölçülmüştür. 3B model “Photomodeler” yazılımında oluşturularak gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda bu tarihi eserin yüzey modeli ve ortofotosu başarı ile üretilerek ve yersel fotogrametri yönteminin 3B veri

üretim potansiyeli ortaya konulmuştur. Themistocleous vd. [27], Kıbrıs Foinikaria'daki Panagia Chryseleousa kilisesinin yüksek çözünürlüklü kameraya sahip İHA kullanılarak hava fotoğraflarını oluşturmuşlardır. Görüntülerin 3B modelini "Structure in Motion" yazılımında elde etmişlerdir. Kilisenin çizimleri Bina Bilgi Modeli (Building Information Mode, BIM) kullanılarak oluşturmuşlardır. Yazarların kullandığı metodolojinin kültürel miras alanlarını belgelemek, yeni teknikler ve yenilikçi yöntemler kullanarak 3B modeller oluşturmada doğru, basit ve uygun maliyetli bir yöntem sağladığını belirtmişlerdir. Yakar & Doğan [28], çalışmada Mezgit Kale Anıt Mezarının fotogrametri yöntemiyle "PhotoModeler" yazılımı kullanılarak 3B modellenmesi hedeflenmiştir. Yapılan ölçümler minimum üç nokta birbirini görecek şekilde poligon noktasından yararlanarak "Topcon GPT – 3007" Total Station cihazıyla hesaplanmıştır. Bu noktaların koordinatları iki yarım silsile metoduyla elde edilmiştir. Koordinatlar röleve çalışması için fotoğraf dengelemesinde değerlendirilmiştir. Fotogrametri ve yazılımlar sayesinde çözümlerin yüksek doğruluk, zaman ve maliyetten avantaj/tasarruf sağladığı ortaya konulmuştur. Şasi & Yakar [29], Konya İli Meram İlçesi Mücellit Mahallesi'nde bulunan Hasbey Dar'ülhuffaz'ın İHA fotogrametrisi tekniği ile 3B modeli saha araştırmaları ve ofis çalışması olmak üzere iki aşamada yapmışlardır. Saha çalışmalarında yer kontrol noktaları (YKN) oluşturulmuş, "Topcon Fc-250 GPS" ile bu noktaların koordinatları belirlenmiş, GPS ile elde edilen koordinatların doğruluğunu ± 2 ile ± 4 cm arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Bunlardan eserin İHA ve analog kamera ile üst üste binen fotoğraflarını çekip, elde edilen tüm verileri "Agisoft Metashape" ve "NetCAD" yazılımı ile değerlendirerek 3B modelini elde etmişlerdir. Ünal vd [30], Dijital fotogrametrinin süreksizlik yüzeyindeki uygulaması belirlenmesinde çalışması sunulmuştur. Ayrıca, mevcut ölçüm tekniklerinin kullanımıyla elde edilen sonuçlar da tartışılmıştır Karataş vd. [31], çalışmada Mersin Aba türbesinin İHA fotogrametrisi yöntemi kullanılarak taş malzeme bozulmalarının tespit edilmesi ve belgelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda, taş malzeme bozulma türlerinin yüzey kirliliği, çatlaklar ve dökülmeler olduğu gözlemlenmiş ve restorasyon analizleri için bozulma haritasının hızlı ve kolay bir şekilde oluşturulabileceğini göstermiştir. İHA fotogrametrisi sayesinde en küçük detaya dayanan malzeme sorunlarının türlerinin bile elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Aydın vd. [32], Şanlıurfa ilinin Balıklıgöl platosu içinde bulunan Kızılköyün nekropolünde yer alan M54 numaralı kaya mezarını "Agisoft Metashape" yazılımı kullanarak mezara ilişkin 3B model, nokta bulutu, 3B model cephe ortofotolar ve mimari çizimler gerçekleştirmişlerdir. Ersoy & Çetin [33], ikinci derece tarihi eser niteliğindeki yapıyı yüksek çözünürlüklü İHA kullanarak Total Station cihazı ile jeodezik kontrol noktaları ölçülerek röleve çalışması yapmışlardır. Yapının fotoğrafları İHA ile çekilerek "Agisoft Metashape" yazılımıyla 3B model oluşturmuşlardır. "Microstation" ve "Laser Scanner" programında ise röleve çizimleri ve ölçümlerini elde etmişlerdir. İHA ile çekilen fotoğraflardan üretilen ortomozaikler ile bitişik nizamlı tarihi yapının ön ve arka cephelerinde röleve

çizimlerini 2 cm altı doğrulukla oluşturmuşlardır. Ortomozaik elde edilirken %80 bindirme oranı ile fotoğraf çekmenin yeterli düzeyde olduğu kanaatine varmışlardır. Şasi ve Yakar. [34], Bu makale, Konya ilinin Ferhuniye Mahallesi'nde bulunan Anadolu Selçuklu İmparatorluğu döneminden kalma Sakahane Mescidi'nin 3B fotogrametrik modellemesini ele almaktadır. Tarihi eserin 3B fotogrametrik modelleme amacıyla fotoğraflanmasında Nikon D90 Kamera ve DJI Phantom 4 İnsansız Hava Aracı kullanılmıştır. İnsansız hava aracı kullanılarak fotoğraf çekmek için DJI Go 4 ve Pix4Dcapture mobil uygulamaları kullanılmıştır. Samadzadegan vd. [35], devasa ve ulaşılması zor mimarı bir miras olan Deir-e-Kaj kervansarayını İHA görüntülemesi kullanarak bu mirasın gerekli metrik ve geometrik bilgiler içerdiği 3B modeli oluşturmuşlardır. Çalışmada iki boyutlu görüntülerden 3B yapıları tahmin etmede kullanılan fotogrametrik görüntüleme tekniği olan Hareketten Yapı (Structure from Motion, SfM) algoritması sonucunda kervansarayın toplam ± 1 cm doğrulukla doğru, yüksek kaliteli ve dokulu bir 3B model elde etmişlerdir. Yılmaz vd. [36], Aksaray ile Niğde illeri arasında bulunan Narlıgöl'ün İHA verileri kullanılarak "Pix4D" yazılımında 3B modeli, 3B nokta bulutu, sayısal yüzey modeli (Digital Surface Model, DSM) ve yüksek çözünürlüklü ortofoto oluşturmuşlardır. Kültürel ve doğal miras değişimlerinin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınabilmesi için bu mirasların kayıt altına alınması ve belirli aralıklarda takibinin yapılmasının gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Dölek & Çevik [37], Malazgirt ilçe sınırları çerçevesinde kültürel miras niteliğindeki tarihi eserlerin sayısal görüntülerden İHA aracılığıyla 3B modellenmesinin oluşturulabileceğini, bunların önemi ve faydalarını incelemişlerdir. Kültürel miras eserlerinin farklı şekil ve boyutlarda katı modellerinin üretilebildiğini belirtmişlerdir. Demir & Yaman [38], çalışmada Hasas Baba Türbesi'nin 3B modellemesi İHA fotogrametrisi yöntemi kullanılarak Agisoft Metashape, Pix4D Mapper ve Context Capture yazılımlarıyla değerlendirilmiştir. Her üç yazılımın konum ve yükseklik hataları incelenmiştir. Konum hatası için sırasıyla 3.39, 3.66 ve 3.42 cm olduğu görülürken, yükseklik hatası değerleri 3.04, 3.24 ve 3.28 cm olarak bulunmuştur. Çalışma sonucunda değerlerin hata sınırı içerisinde kaldığı ve restorasyon çalışmalarına altlık oluşturabileceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada ise, Yozgat ili Sorgun ilçesine bağlı Garipler Köyünde bulunan tarihi Garipler Köyü Kilisesinin İHA fotogrametrisi yöntemi kullanılarak belgeleme çalışmasını içermektedir. Çalışma kapsamında İHA yardımıyla fotoğraflar çekilerek "Agisoft Photoscan" yazılımı ile de yoğun nokta bulutu üretilmiş ve bu nokta bulutları birleştirilerek 3B modelleme, sayısal yükseklik modeli (DEM) ve röleve yapısı oluşturulmuştur.

2. Yöntem

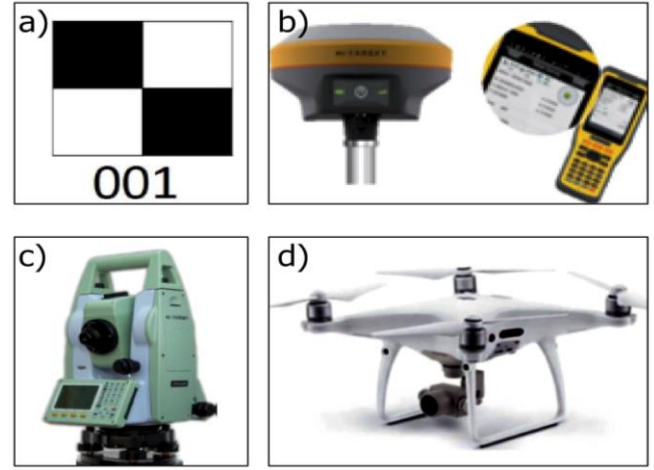
2.1. İHA Fotogrametrisi ve SfM Algoritması

İHA fotogrametrisi, araçta bir pilot olmadan uzaktan kumandalı, yarı otonom veya tam otonom olarak çalışan fotogrametrik ölçüm platformunu tanımlamaktadır. Platform, bunlarla sınırlı olmamak üzere, küçük veya orta boy sabit video veya video kamera, termal veya

kızılötesi kamera sistemleri, havadan LiDAR sistemi veya bunların bir kombinasyonunu içeren bir fotogrametrik ölçüm sistemi ile donatılmıştır [13, 39-40]. İHA fotogrametrisinin temel özellikleri; maliyetler (düşük maliyet), uçuş irtifası (düşük-yüksek), kalitenin sensör özelliklerine bağlı olacak şekilde gerçek zamanlı görüntü elde etme yeteneği, uçuş performansı (sabit uçuşlar için maksimum uçuş hızı, kanatlı araçlar 50–60 km/saat, atmosferik ve çevre koşullarının etkisi vb. minimum saha çalışmasıyla bir çalışma alanının doğrudan, hızlı ve ayrıntılı görüntüsünü yakalama kapasitesidir [13, 41]. Bu sebeple İHA fotogrametrisi, hava ve yer fotogrametrisini birleştirerek yakın mesafe alanında çeşitli yeni uygulamalara gelişme olanağı sunmaktadır [42-43]. Örneğin; kadastro bölgesindeki görüntülerin elde edilmesi, DTM/DEM verilerinin kalitesini değerlendirmek, kartografik veri toplamaya yönelik uygulamalar, taş ocaklarının jeomorfolojik özellikleri, buzul ve buzul çevresi jeomorfolojisi ve kıyı ortamlarının dijital modellerini elde etmek için değişiklikler, arazi tesviyesi, eğim haritalaması, heyelan haritalaması, izleme nehir topografyasındaki değişikliklerdir. Fotogrametrik veri elde etmek için uygulanan farklı İHA türleri, sınıflandırmaları ve bunlar kategorize hale getirilerek kullanılmaktadır [40-41, 44-50]. Fotogrametride popüler bir teknik olan Hareketten Yapı (Structure from Motion, SfM) algoritması kamera konumları arasındaki geometrik ilişkileri kullanarak çeşitli konumlardan görüntü yakalamayı ve kamera konumları ile 2B görüntü özellikleri arasındaki geometrik ilişkileri kullanarak 3B nokta bulutları oluşturmayı içerir. Bu SfM tekniği hassas coğrafi referanslı modellemeyi mümkün kılar ve ortomozaikler ve Sayısal Yüzey Modelleri (Digital Surface Model, DSM) oluşturur. SfM, 2B görüntülerden 3B nokta bulutları oluşturmada birkaç adım içerir. Öncelikle, görüntülerden benzersiz özellik noktalarını çıkarmak için Ölçek Değişmez Özellik Dönüşümü (Scale-Invariant Feature Transform, SIFT) gibi algoritmalar kullanılır. Daha sonra, uyumsuzlukları ortadan kaldırırken bu özellik noktalarını görüntüler arasında eşleştirmek için Rastgele Örnek Konsensüsü (Random Sample Consensus, RANSAC) kullanılır. Eşleşen özellik noktalarına dayanarak, SfM algoritması kamera konumlarını ve yönelimlerini tahmin ederek nesnenin uzaydaki ilk 3B yapısını yeniden oluşturur. Bunu Çoklu Görünüm Stereo (Multi-View Stereo, MVS) tekniği, yüksek çözünürlüklü bir nokta bulutu oluşturmak için birden fazla bakış açısından derinlik bilgilerini birleştirir ve böylece ayrıntılı 3B bilgileri yeniden oluşturabilmektedir [51].

2.2. Materyal

Fotogrametrik etüt projesinde ilk olarak arazi çalışmaları tamamlanmıştır. Arazi çalışmasında kullanılan materyaller Şekil 1’de verilmiştir. Fotogrametrik dengeleme için yapı üzerinde koordinatları bilinen YKN gerektiğinden, fotoğraflarda kolaylıkla seçilebilen, önceden üretilmiş ve numaralandırılmış 20x30 cm boyutlarında kâğıt hedef işareti yapı üzerine yerleştirilmiştir.



Şekil 1. Kullanılan materyaller a) Kâğıt hedef işareti b) GPS alıcısı c) Total Station cihazı d) DJI Phantom 4 Pro

GPS alıcısı kullanılarak modellemesi yapılacak yapının etrafına ITRF-96 koordinat sisteminde poligon noktaları tesis edilmiştir. Poligon noktalarına Total Station jeodezik ölçme aleti kurularak yapı çevresine ve üzerine kâğıt hedef işareti şeklinde yerleştirilen YKN koordinatları değerleri elde edilmiştir. Hi-Target Total Station ölçme cihazının teknik özellikleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Hi-Target Total Station Teknik Özellikleri

Özellik	Değer
Reflektörlü mesafe	3000m
Reflektörsüz mesafe	600m
Mesafe hassasiyeti	2mm + 2ppm
Batarya süresi	14 saat
Türkçe menü	✓
Açı doğruluğu	2"
Batarya Kapasitesi	3000 mAh

28 Ekim 2023 tarihinde tarihi kilisenin üzerine kâğıt hedef işareti yerleştirildikten sonra yapının etrafındaki tüm detayları görebilecek şekilde DJI Phantom 4 Pro ile hava fotoğrafları çekilmiştir ve Fotoğraf çekimleri için kullanılan DJI Phantom 4 Pro cihazının teknik özellikleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

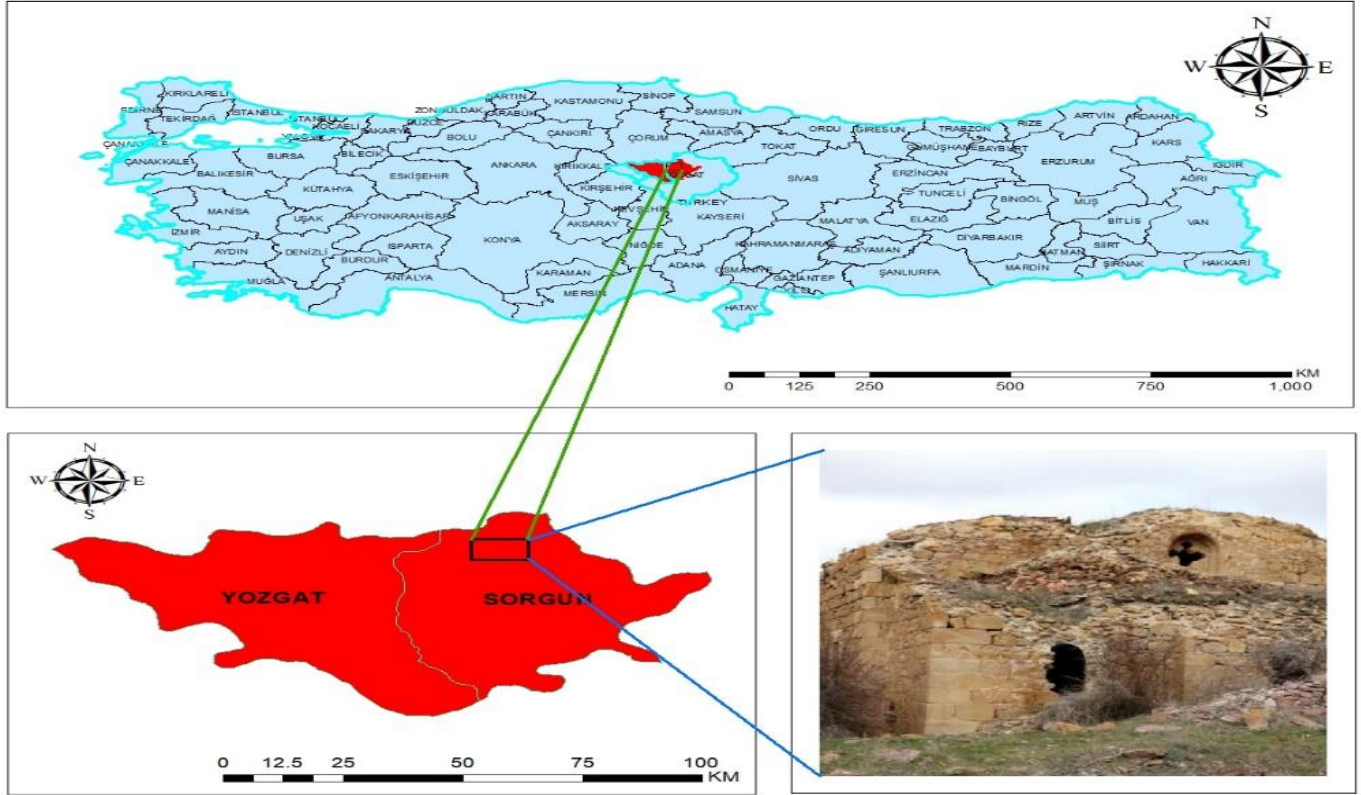
Tablo 2. DJI Phantom 4 Pro Teknik Özellikleri

Dâhili kamera	Var
Pervane	4 adet
Görüş açısı	84 °
Diyafram açıklığı	2.8 /f
Sensör türü	CMOS
Etkin piksel	20 MP
Azami hız	72 km/sa
Titreşim engelleme	Var
Titreşim engelleme türü	3 Eksenli
Ağırlık	1388 g
Batarya kapasitesi	5870 mAh
Çözünürlük	5472x3648
GPS modu	Var
Uçuş süresi	26-30 dk
Çalışma sıcaklığı	0° - 40°

3. Çalışma Alanı ve Uygulama

Çalışma alanı olarak Şekil 2’de verilen Yozgat il merkezine yaklaşık 53 km uzaklıkta bulunan Sorgun

ilçesine bağlı Garipler Köyü’ndeki tarihi Garipler Köyü Kilisesi seçilmiştir. Garipler Köyü Kilisesi N 39° 55' 38,6" E 35° 5' 29.18" koordinatlarında yer almaktadır.



Şekil 2. Çalışma alanı

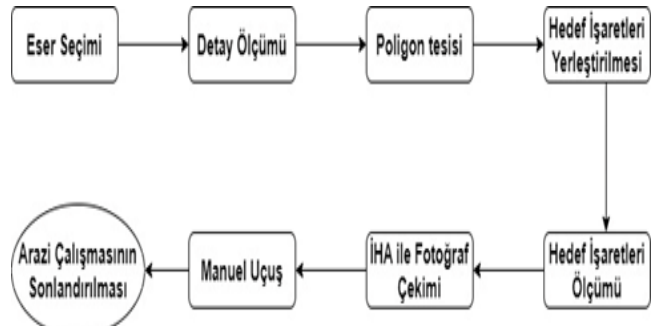
Garipler Köyü, Yozgat il merkezine yaklaşık 53 km, Sorgun ilçe merkezine ise yaklaşık 20 km mesafede yer alan, İç Anadolu Bölgesinde bulunan Sorgun ilçesine bağlı küçük bir köydür. Şekil 3’te “Google Earth Pro” yazılımı yapılan Sorgun ilçesi Garipler Köyü’nün uydur görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 3. Sorgun/Garipler Köyü uydur görüntüsü

Garipler Köyü Kilisesi, Yozgat ilinin Sorgun ilçesine bağlı Garipler Köyünde bulunmaktadır. 19. yy. ‘da Garipoğulları Beyliği döneminde yer alan Rumlardan kalma tarihi bir eserdir [52]. Bu eser sadece eski medeniyetlerde kilise olarak kullanılmamış aynı zamanda bölgeye yerleşen Müslümanlar tarafından da cami olarak kullanılmıştır. Çatısı kısmen yıkık durumda olup, güneybatı köşesinin üst kısmı dışında diğer bütün duvarları sağlamlığını korumaktadır. Köşelerde, pencerelerde, kemer ve kapılarda kesme taş, diğer bölümlerde moloz taş tercih edilmiştir. Narteks (Bizans Kiliselerinde duvarla ayrılan bölüm) kısmı batıdadır.

Kilise bir dönem cami ve sonraki dönemlerde okul olarak kullanılmıştır. Kilise dikdörtgen planlı, doğu-batı doğrultusunda uzanan, narteksli ve üç nefli (bir kilise bölgesi) düzgün kesme taş ve moloz taşla inşa edilmiş bir yapıdır [53]. Arazide yapılan saha çalışmasının iş akış diyagramı Şekil 4’te yer almaktadır.

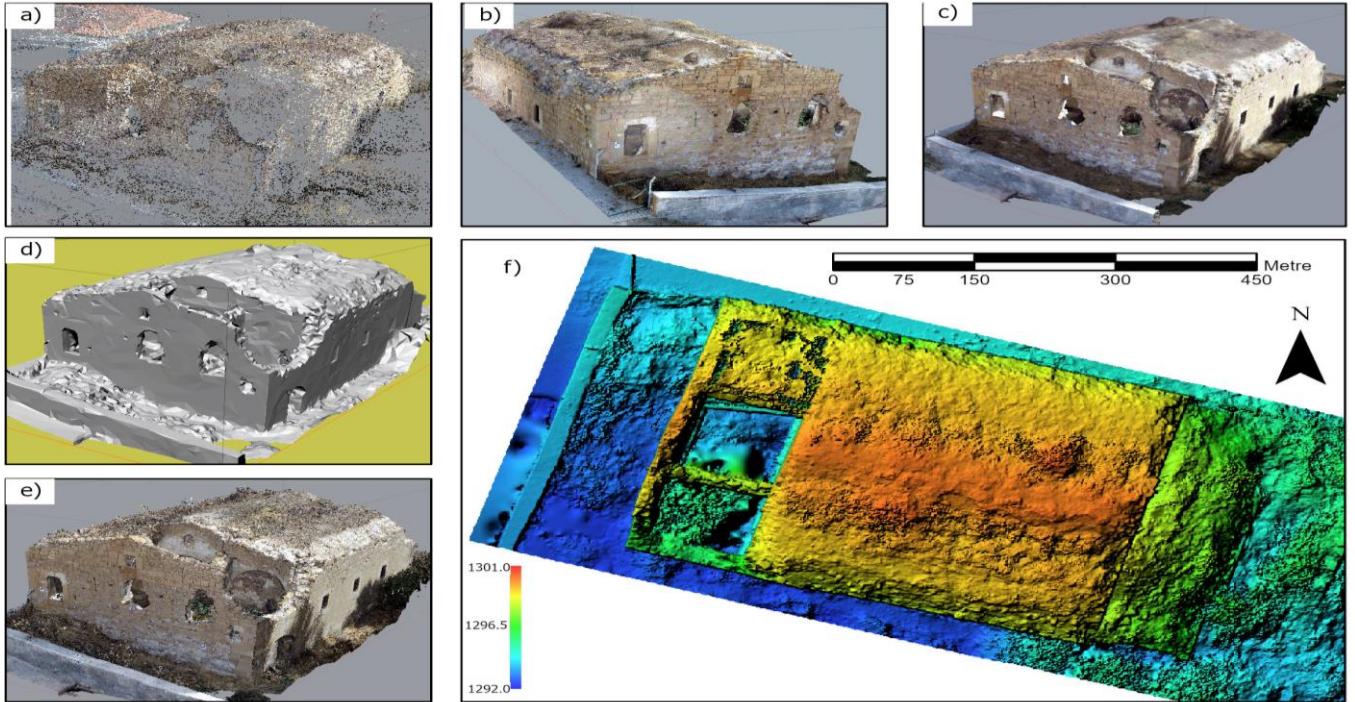


Şekil 4. İş akış diyagramı

Saha çalışmasında eser üzerine kâğıt hedef işaretleri yerleştirilmiştir. Bu işaretler eser üzerindeki konumları belirlenirken en fazla resimde görülecek şekilde yerleştirilmesine dikkat edilmiştir. Daha sonra eser etrafına atılacak poligon noktaları kâğıt hedef işaretlerini görecektir şekilde arazide tesis edilmiştir. Belirlenen poligon noktaları GPS alıcısı yardımıyla ITRF-96 koordinat sisteminde küresel koordinatları ölçülmüştür. Poligon noktalarının üzerine Total Station cihazı kurularak eser üzerine yerleştirilen 7 adet kâğıt hedef işaretlerinin koordinatları elde edilmiştir. Ölçme işlemini tamamladıktan sonra havadan fotoğraflar çekilmesi işlemine geçilmiştir. Eser yüzeyinde boşluk

kalmayacak şekilde bindirmeli olarak tüm detaylar fotoğraflarda farklı açılarda yer alacak şekilde 171 adet fotoğraf çekimi gerçekleştirilmiştir. Çekim işlemi manuel olarak eserin etrafında sıralı ve bindirmeli olarak eğik resimler çekilmiş ve tüm detayların fotoğrafı çekilene kadar devam edilmiştir. Fotoğrafa bindirmeleri kontrol panelindeki ekrandan takip edilmiştir. Uçuş esnasında değişken yüksekliklerden fotoğraf çekimi yapılmıştır. Saha çalışması tamamlandıktan sonra kilisenin modeli oluşturulmak için ofis çalışmasında geçilmiş ve “Agisoft Metashape” yazılımı kullanılmıştır. “Agisoft Metashape” yazılımı; dijital görüntülerden fotogrametrik işlemlerin gerçekleştiği, Coğrafi Bilgi Sistemleri (Geographic Information Systems, GIS) gibi birçok uygulamada kullanılabilen, DEM, Sayısal Yüzey Modeli (Digital Surface Model, DSM), Sayısal Arazi Modeli (Digital Terrain Model, DTM) oluşturabilen 3B modelleme yazılımıdır [54-56]. Ayrıca kullanımı pratik, işlem aşaması adımları oluşturarak süreci otomatik olarak tamamlama imkânı tanımakta, istenilen yoğunlukta nokta bulutu ve ürünün kalitesini belirleme imkânı verdiği için bu yazılım model oluşturmada seçilmiştir. Arazide toplanan verilerden 3B modelleme yapabilmek için “Agisoft Metashape” yazılımında değerlendirme işlemine geçilmiştir. Agisoft Metashape yazılımında ilk olarak fotoğraflar eklenerek fotoğrafların hizalama işlem aşaması yapılmıştır. Daha sonra arazide eser üzerinde ve zeminde belirlenen YKN’ler program içerisine aktarılmıştır. Model dengelemesinde 5 adet YKN dengelemede kullanılmış ve 2 adet nokta kontrol noktaları (KN) olarak kullanılmıştır. YKN en az 8 fotoğrafta işaretlenerek modelin küresel koordinat sistemine dönüşümü sağlanmıştır. KN’nin konum doğrulukları Tablo 3’te yer verilmiştir.

Tablo 3. Kontrol Noktalarının Konum Doğrulukları



Şekil 5. Agisoft Metashape yazılımında elde edilen veriler yer almakta **a)** Seyrek nokta bulutu **b)** Yoğun nokta bulutu **c)** Gölge model **d)** Katı model **e)** Doku giydirilmiş model **f)** Sayısal yükseklik modeli (DEM) (Yükseklikler metre (m) biriminde verilmiştir.)

N.N.	Vx (cm)	Vy (cm)	Vz (cm)
YKN3	-1.01	0.02	-0.10
YKN4	-0.83	-1.01	-0.34

Modelin yer örnekleme aralığı (YÖA) 1,5 cm ‘dir. Eşitlik 1’de 5 adet YKN ile hesaplanan modelin Karesel Ortalama Hata (KOH) formülü, Tablo 4’te ise bu formülden çıkarılan sonuçlar sunulmuştur.

$$KOH = \sqrt{\frac{\sum(x)^2}{n}} \quad (1)$$

Burada x; ilgili koordinata ait X, Y, Z bileşenini, n ise toplam ölçü sayısını ifade etmektedir.

Tablo 4. Modelin Karesel Ortalama Hata Değerleri (KOH)(m)

Konum	Değerler (m)
X	0.008
Y	0.006
Z	0.002

4. Bulgular

Eserin 3B modellemesi için bindirmeli olarak İHA yardımıyla 171 adet fotoğraf çekilmiştir. Fotoğrafların fotogrametrik değerlendirilmesinde “Agisoft Metashape” yazılımında gerçekleştirilmiştir. Yazılımda yoğun nokta bulutu ve model üretilmiştir.

İHA fotogrametrisi tekniğiyle üretilen modelde yaklaşık 27,2 milyon adet nokta üretilmiştir. Ancak İHA fotogrametrisi tekniği ile yapının iç detaylarının fotoğrafları çekilememiş ve eserin iç kısımlarından nokta bulutu üretilmemiştir (Şekil 5).

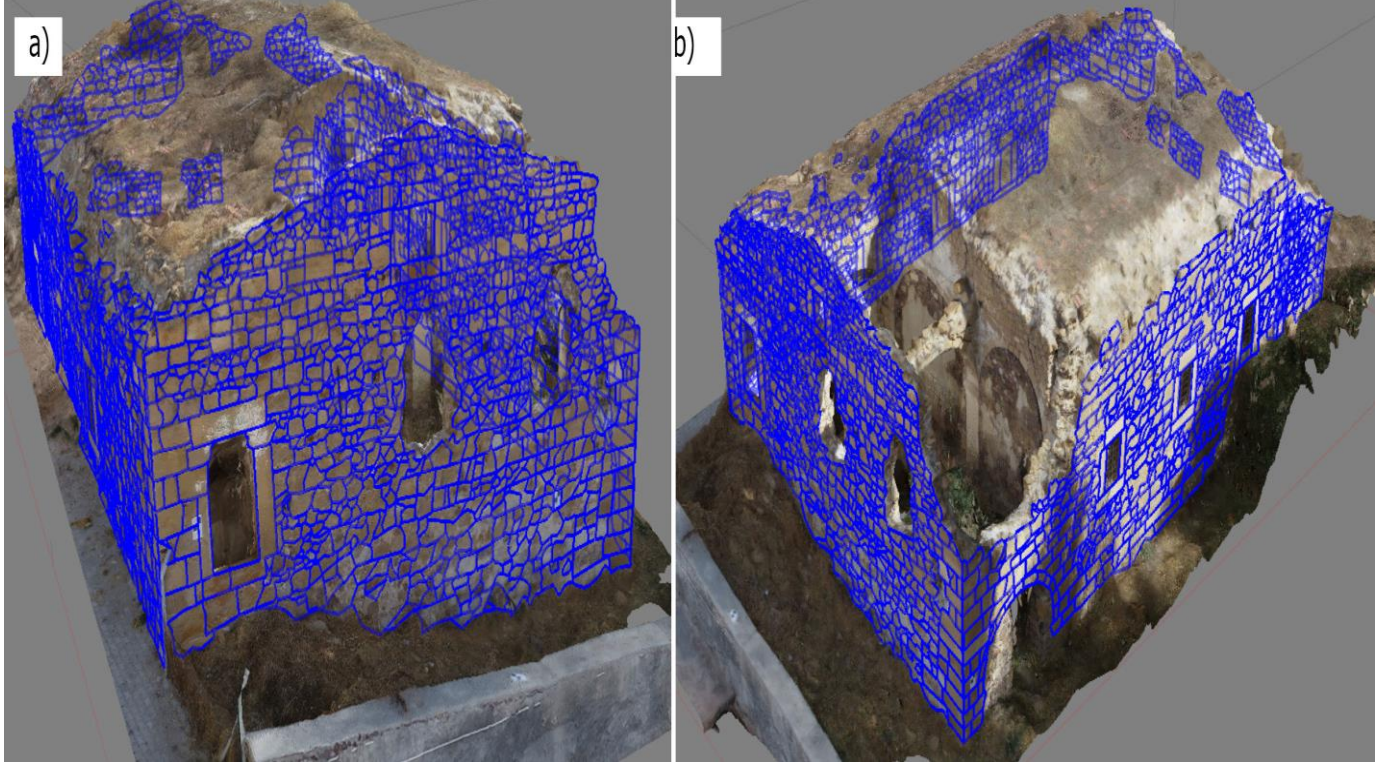
Eser zamanla deformasyona uğramış, giriş kısmındaki çatının bir kısmının yıkıldığı ve genel olarak çatı kenarlarında bozulmalar olduğu tespit edilmiştir. Şekil 5’te seyrek nokta bulutu, yoğun nokta bulutu, katı model, doku kaplanmış model ve sayısal yükseklik modeli verisi yer almaktadır. Buradaki verilerde yıkılan çatı kısmı ve eserin iç kısmındaki nokta bulutu eksikliği görülmektedir.

3B model üretimi tamamlandıktan sonra yazılımda model hakkında rölöve çizimleri yapılmıştır. Eserin görünen tüm detay çizimleri gerçekleştirilmiştir. Eserin zamanla deformasyona uğramasından dolayı dış

duvarlarının tamamının çizimi gerçekleştirilememiştir. Eserin çatısı ve saçakların bulunduğu kısımları belirgin olmadığından çizilememiştir. Yapılan rölöve çalışması Şekil 6'da verilmiştir.

Teknolojinin gelişmesi, uygulama ve yazılımların iyileştirilmesiyle birlikte belgelendirme işlemine yönelik rölöve oluşturma çalışmaları zaman, maliyet ve iş gücü bakımından tarihi eserin 3B arşivlenmesini daha hızlı,

hassas ve kolay bir şekilde yapılmasını sağlamaktadır. Ayrıca "Agisoft Metashape" yazılımından yapılan rölöve oluşturma işleminde 3B model üzerinden alınan ölçülerden yararlanarak, araziye gitme zorunluluğuna ihtiyaç duyulmadan zaman, maliyet ve iş gücü bakımından büyük avantaj etme imkânı da sağlanmış olacaktır.



Şekil 6. "Agisoft Metashape" yazılımında rölöve çalışması **a)** Model kuzey batı cephe görünümü **b)** Model güney batı cephe görünümü

5. Tartışma ve Sonuçlar

Günümüzde "drone" olarak da bilinen İHA'ların araştırma çalışmalarında farklı alanlarda getirdiği avantajların kullanılması yeni teknolojilerin dâhil edilmesi giderek artmaya devam etmektedir. İHA kullanılmasının birtakım amaçları bulunmaktadır. Bunlarında birisi de tarihi eser veya kültürel miras ile ilgili inceleme çalışmaları sırasında herhangi bir elektronik cihazdan izlenebilecek bir grafik (resim veya video) oluşturarak olası hasarların tespit edilmesi, belgelenmesi, verilerden rapor oluşturulmasına imkân sağlayarak zaman, işgücü ve maliyetlerden tasarruf sağlamasıdır. Dünya çapında geçmişten günümüze kültürel mirasın korunması, belgelenmesi, modellemesi ve sürdürülebilir gelişimi önemli konulardan biridir. Özellikle 3B modelleme ile kültürel mirasın analiz edilmesi, korunması, doğal afetlerin planlanması, rehabilitesi, yeniden yapılanması ve değerlendirilmesi büyük rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, Yozgat ili Sorgun ilçesine bağlı Garipier Köyünde bulunan Garipier Köyü Kilisesinin 3B modellemesinde İHA yardımıyla 171 adet fotoğraf çekilerek fotogrametrik değerlendirilmesi yapılmıştır. Yazılımda İHA fotogrametrisi tekniğiyle üretilen modelde yaklaşık 27,2 milyon adet yoğun nokta verisi üretilmiştir. Çalışma sonucunda tarihi eserin 3B modeli, rölöve yapısı ve sayısal yükseklik modeli verileri detaylarının çizimi "Agisoft Metashape" yazılımı ile İHA

fotogrametrisi yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu sayede İHA fotogrametri yöntemi ile elde edilen 3B modellerinin kültürel miras ve tarihi eserlerin restorasyon altlıklarının oluşturulmasında zaman, maliyet ve doğruluk açısından önemli katkılar sağladığı anlaşılmıştır.

Bilgilendirme/Teşekkür

Makalede yaptıkları görüş ve önerileriyle katkıda bulunan hakemlere teşekkür ederiz.

Yazarların Katkısı

Nezih Furkan Erbaş: Literatür taraması, Arazi çalışması, Modelleme, Düzenleme, Makale Yazımı **Adem Kabadayı:** Arazi Çalışması, Bulgular, Rölöve Çizimi **Abdullah Varlık:** Kontrol-İnceleme

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

1. De Reu, J., De Smedt, P., Herremans, D., Van Meirvenne, M., Laloo, P., & De Clercq, W. (2014). On introducing an image-based 3D reconstruction method in archaeological excavation practice. *Journal of Archaeological Science*, 41, 251–262. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.07.013>
2. Dellepiane, M., Dell'Unto, N., Callieri, M., Lindgren, S., & Scopigno, R. (2013). Archeological excavation monitoring using dense stereo matching techniques. *Journal of Cultural Heritage*, 14(3), 201–210. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2012.11.003>
3. Roosevelt, C. H., Cobb, P., Moss, E., Olson, B. R., & Ünlüsoy, S. (2015). Excavation is destruction digitization: Advances in archaeological practice. *Journal of Field Archaeology*, 40(3), 325–346. <https://doi.org/10.1179/0093469015Z.000000000047>
4. Lerma, J. L., & Muir, C. (2014). Evaluating the 3D documentation of an early Christian upright stone with carvings from Scotland with multiple images. *Journal of Archaeological Science*, 46, 311–318. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.03.019>
5. O'Driscoll, J. (2018). Landscape applications of photogrammetry using unmanned aerial vehicles. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 22, 32–44. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.03.017>
6. Kanun, E., Alptekin, A., Karataş, L., & Yakar, M. (2022). The use of UAV photogrammetry in modeling ancient structures: A case study of “Kanytellis”. *Advanced UAV*, 2(2), 41–50..
7. Yılmaz, H. M., Aktan, N., Çolak, A., & Yaman, A. (2023). 3D modeling of Narlıgöl Natural Heritage with unmanned aerial vehicle data. *Cultural Heritage and Science*, 4(1), 15–20. <https://doi.org/10.58598/cuhes.1253496>
8. Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022). Detection and documentation of stone material deterioration in historical masonry structures using UAV photogrammetry: A case study of Mersin Aba Mausoleum. *Advanced UAV*, 2(2), 51–64.
9. Yakar, M., & Doğan, Y. (2018). GIS and three-dimensional modeling for cultural heritages. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3(2), 50–55. <https://doi.org/10.26833/ijeg.378257>
10. Krátký, V., Petráček, P., Nascimento, T., Čadilová, M., Škobrtal, M., Stoudek, P., & Saska, M. (2021). Safe documentation of historical monuments by an autonomous unmanned aerial vehicle. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(11), 738. <https://doi.org/10.3390/ijgi10110738>
11. Nex, F., & Remondino, F. (2014). UAV for 3D mapping applications: A review. *Applied Geomatics*, 6(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s12518-013-0107-0>
12. Deliry, S. I., & Avdan, U. (2021). Accuracy of unmanned aerial systems photogrammetry and structure from motion in surveying and mapping: A review. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 49(8), 1997–2017. <https://doi.org/10.1007/s12524-021-01399-1>
13. Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., & Sarazzi, D. (2011). UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling—current status and future perspectives. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38, 25–31. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-25-2011>
14. Haubeck, K., & Prinz, T. (2013). A UAV-based low-cost stereo camera system for archaeological surveys—experiences from Doliche (Turkey). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40, 195–200. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-1-W2-195-2013>
15. Hugenholtz, C. H., Whitehead, K., Brown, O. W., Barchyn, T. E., Moorman, B. J., LeClair, A., & Hamilton, T. (2013). Geomorphological mapping with a small unmanned aircraft system (sUAS): Feature detection and accuracy assessment of a photogrammetrically-derived digital terrain model. *Geomorphology*, 194, 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.03.023>
16. Yakar, M., & Doğan, Y. (2017). Mersin Silifke Mezgit Kale Anıt Mezarı fotogrametrik röleve alımı ve üç boyutlu modelleme çalışması. *Geomatik*, 2(1), 11–17..
17. Lo Brutto, M., Garraffa, A., & Meli, P. (2014). UAV platforms for cultural heritage survey: First results. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-5, 227–234. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-227-2014>
18. Tahar, K. N., & Ahmad, A. (2013). An evaluation on fixed wing and multi-rotor UAV images using photogrammetric image processing. *International Journal of Computer and Information Engineering*, 7(1), 48–52. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1086396>
19. Tahar, K. N., Ahmad, A., Akib, W. W. M., & Mohd, W. W. (2013). Unmanned aerial vehicle results using different real time kinematic global positioning system approaches. In A. Abdul Rahman, P. Boguslawski, C. Gold, & M. Said (Eds.), *Developments in Multidimensional Spatial Data Models* (pp. 978–983). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36379-5_8
20. Mohammed, O., & Yakar, M. (2016). Yersel fotogrametrik yöntem ile ibadethanelerin modellenmesi. *Selcuk University Journal of Engineering Sciences*, 15(2), 85–95.. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.482>
21. Wang, X., Nie, L., Ning, Z., Guo, L., Wang, G., Gao, X., & Kumar, N. (2022). Deep learning-based network traffic prediction for secure backbone networks in internet of vehicles. *ACM Transactions on Internet Technology*, 22(4), 1–20. <https://doi.org/10.1145/3540900>
22. Luo, J., Wang, Z., Xi, M., Wu, L., Tian, Y., & Chen, Y. (2023). Path planning for UAV communication networks: Related technologies, solutions, and opportunities. *ACM Computing Surveys*, 55(9), 1–37. <https://doi.org/10.1145/3545294>
23. Ning, Z., Dong, P., Wang, X., Hu, X., Liu, J., Guo, L., & Leung, V. C. (2020). Partial computation offloading and adaptive task scheduling for 5G-enabled vehicular networks. *IEEE Transactions on Mobile*

- Computing, 21(4), 1319–1333. <https://doi.org/10.1109/TMC.2020.2988631>
24. Arafat, M. Y., Alam, M. M., & Moh, S. (2023). Vision-based navigation techniques for unmanned aerial vehicles: Review and challenges. *Drones*, 7(2), 89. <https://doi.org/10.3390/drones7020089>
 25. Ning, Z., Dong, P., Wen, M., Wang, X., Guo, L., Kwok, R. Y., & Poor, H. V. (2021). 5G-enabled UAV-to-community offloading: Joint trajectory design and task scheduling. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 39(11), 3306–3320. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2021.3083895>
 26. Yakar, M., Kabadayı, A., Yiğit, A. Y., Çikıkcı, K., Kaya, Y., & Catın, S. S. (2016). Emir Saltuk Kümbeti fotogrametrik röle çalışması ve 3 boyutlu modellenmesi. *Geomatik*, 1(1), 14–18. <https://doi.org/10.29128/geomatik.294073>
 27. Themistocleous, K., Agapiou, A., & Hadjimitsis, D. (2016). 3D documentation and BIM modeling of cultural heritage structures using UAVs: The case of the Foinikaria church. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 45–49. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W1-45-2016>
 28. Yakar, M., & Doğan, Y. (2017). Mersin Silifke Mezgit Kale Anıt Mezarı fotogrametrik röle alımı ve üç boyutlu modelleme çalışması. *Geomatik*, 2(1), 11–17. <https://doi.org/10.29128/geomatik.296763>
 29. Şasi, A., & Yakar, M. (2018). Photogrammetric modelling of Hasbey Dar'ülhuffaz (masjid) using an unmanned aerial vehicle. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3(1), 6–11. <https://doi.org/10.26833/ijeg.328919>
 30. Unal, M., Yakar, M., & Yildiz, F. (2004, July). Discontinuity surface roughness measurement techniques and the evaluation of digital photogrammetric method. In *Proceedings of the 20th international congress for photogrammetry and remote sensing, ISPRS* (Vol. 1103, p. 1108)..
 31. Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022). Detection and documentation of stone material deterioration in historical masonry structures using UAV photogrammetry: A case study of Mersin Aba Mausoleum. *Advanced UAV*, 2(2), 51–64. <https://doi.org/10.3390/advancesuav2020005>
 32. Aydın, İ., Cömert, O. S. O., Yaşar, M., & Polat, N. (2023). Tarihi Kızılköyün Nekropol Alanında M54 No.lu Kaya Mezarının fotogrametri ile 3B Modellemesi. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5(1), 36–42.
 33. Ersoy, N., & Çetin, İ. (2023). Tarihi yapılarda dron kullanılarak fotogrametrik 3B nokta bulutu üretimi ile röle yapımı. *Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 4(2), 29–39.
 34. Şasi, A., & Yakar, M. (2017). Photogrammetric modelling of sakahane masjid using an unmanned aerial vehicle. *Turkish Journal of Engineering*, 1(2), 82–87.
 35. Samadzadegan, F., Dadrass Javan, F., & Zeynalpoor Asl, M. (2023). Architectural heritage 3D modelling using unmanned aerial vehicles multi-view imaging. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 48, 1395–1402. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-W1-1395-2023>
 36. Yılmaz, H. M., Aktan, N., Çolak, A., & Yaman, A. (2023). 3D modeling of Narlıgöl Natural Heritage with unmanned aerial vehicle data. *Cultural Heritage and Science*, 4(1), 15–20. <https://doi.org/10.31721/chs.2023.4.1.03>
 37. Dölek, İ., & Çevik, A. (2023). Malazgirt savaş alanının tespiti, tarihi ve arkeolojik yüzey araştırması projesi kapsamında Malazgirt ilçesi sınırlarında bulunan kültürel miras eserlerin 3B modellemesi: Bir kültür envanteri çalışması. *Kültürel Miras Araştırmaları*, 4(1), 43–48.
 38. Demir, P. Y., & Yaman, A. (2024). Hasas Baba Türbesi'nin fotogrametrik röle alımı ve farklı yazılımlarda doğruluk araştırması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 36(1), 11–23.
 39. Eisenbeiss, H. (2009). UAV photogrammetry. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(1), 31–36. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-31-2009>
 40. Ruzgienė, B., Berteška, T., Gečyte, S., Jakubauskienė, E., & Aksamitauskas, V. Č. (2015). The surface modelling based on UAV photogrammetry and qualitative estimation. *Measurement*, 73, 619–627. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.06.024>
 41. Arjomandi, M., Agostino, S., Mammone, M., Nelson, M., & Zhou, T. (2006). Classification of unmanned aerial vehicles. *Report for Mechanical Engineering class, University of Adelaide, Adelaide, Australia*, 1–48.
 42. Colomina, I., & de la Tecnologia, P. M. (2008). Towards a new paradigm for high-resolution low-cost photogrammetry and remote sensing. In *Proceedings of the ISPRS XXI Congress*, Beijing, China, 3–11.
 43. Eisenbeiss, H. (2009). UAV photogrammetry. *Diss. ETH No. 18515, Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETH Zurich, Switzerland, Mitteilungen Nr. 105*, 235.
 44. Mancini, F., Dubbini, M., Gattelli, M., Stecchi, F., Fabbri, S., & Gabbianelli, G. (2013). Using unmanned aerial vehicles (UAV) for high-resolution reconstruction of topography: The structure from motion approach on coastal environments. *Remote Sensing*, 5(12), 6880–6898. <https://doi.org/10.3390/rs5126880>
 45. Lizarazo, I., Angulo, V., & Rodríguez, J. (2017). Automatic mapping of land surface elevation changes from UAV-based imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 38(8-10), 2603–2622. <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1304365>
 46. Rossi, P., Mancini, F., Dubbini, M., Mazzone, F., & Capra, A. (2017). Combining nadir and oblique UAV imagery to reconstruct quarry topography: Methodology and feasibility analysis. *European Journal of Remote Sensing*, 50(1), 211–221. <https://doi.org/10.1080/22797254.2017.1295564>
 47. Enciso, J., Jung, J., Chang, A., Chavez, J. C., Yeom, J., Landivar, J., & Cavazos, G. (2018). Assessing land leveling needs and performance with unmanned aerial system. *Journal of Applied Remote Sensing*, 12(1), 016001–016001. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.12.016001>

48. Yeh, F. H., Huang, C. J., Han, J. Y., & Ge, L. (2018). Modeling slope topography using unmanned aerial vehicle image technique. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 147, p. 07002). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814707002>
49. Jiménez-Jiménez, S. I., Ojeda-Bustamante, W., Marcial-Pablo, M. D. J., & Enciso, J. (2021). Digital terrain models generated with low-cost UAV photogrammetry: Methodology and accuracy. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(5), 285. <https://doi.org/10.3390/ijgi10050285>
50. Śledź, S., Ewertowski, M. W. A., & Piekarczyk, J. (2021). Applications of unmanned aerial vehicle (UAV) surveys and Structure from Motion photogrammetry in glacial and periglacial geomorphology. *Geomorphology*, 378, 107620. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107620>
51. Lee, H., Gou, J., Park, J., Jang, S., & Song, I. (2025). Development of a stream DTM generation method using vegetation and morphology composite filters with SfM point clouds. *Scientific Reports*, 15(1), 11613. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-67931-w>
52. Garipler Köyü. (25 Aralık 2024). <https://gariplerkoyu.wixsite.com>. Erişim Tarihi 25.12.2024
53. Kültür Portalı. (25 Aralık 2024). <http://kulturportali.gov.tr/garipler>. Erişim Tarihi 25.12.2024
54. Muklas, M. (2014). *Pembuatan Digital Surface Model (DSM) Dari Citra Foto UAV Menggunakan Agisoft Photoscan Profesional Versi 0.9*. Institut Teknologi Nasional Malang.
55. Irawaty, E., Useng, D., & Achmad, M. (2017). Analisis biofisik tanaman padi dengan citra drone (UAV) menggunakan software Agisoft Photoscan. *Jurnal Agritechno*, 109–122. <https://doi.org/10.70124/at.v10i2.65>
56. Hamur, P. K. (2019). *Kajian pengolahan data foto udara menggunakan perangkat lunak Agisoft Photoscan dan Pix4D Mapper* (Doctoral dissertation, ITN Malang).



© Author(s) 2021.

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