



## İHA Fotogrametrisi Kullanılarak Kültürel Mirasın Yüksek Hassasiyetli 3B Belgelenmesi: İsmail Fakirullah Türbesi

Fatih Pulat<sup>\*1</sup>, Murat Yakar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Siirt Üniversitesi, Erüh Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Harita ve Kadastro Programı, Siirt, Türkiye.

<sup>2</sup>Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye.

Kaynak Göster: Pulat, F., & Yakar, M. (2026). İha Fotogrametrisi Kullanılarak Kültürel Mirasın Yüksek Hassasiyetli 3b Belgelenmesi: İsmail Fakirullah Türbesi. Geomatik, 11 (2), 232-242.

DOI: 10.29128/geomatik.1825732

### Anahtar Kelimeler

Fotogrametri  
İHA  
Kültürel Miras  
3B Modelleme  
Uzaktan Algılama

### Araştırma Makalesi

Geliş: 17.11.2025  
Reviz: 27.11.2025  
Kabul: 02.01.2026  
Yayınlanma: 30.04.2026



### Öz

Kültürel miras alanlarının belgelenmesi, korunması ve gelecek nesillere aktarılması, tarihsel sürekliliğin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma, Siirt ili Tillo ilçesinde bulunan İsmail Fakirullah Hazretleri Türbesi'nin insansız hava aracı (İHA) fotogrametrisi yöntemiyle üç boyutlu (3B) olarak modellenmesini kapsamaktadır. Arazi çalışmaları kapsamında dört adet yer kontrol noktası tesis edilmiş, Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS) ve Total-Station ölçmeleri ile yapıya ait 20 detay noktası elde edilmiştir. DJI Mini 3 Pro İHA ile toplam 167 fotoğraf çekilmiş, Agisoft Metashape yazılımında seyrek nokta bulutu, yoğun nokta bulutu, mesh ve doku kaplama aşamaları gerçekleştirilmiştir. Üretilen modelin doğruluğu, arazi ölçümleri ile fotogrametrik verilerin karşılaştırılması sonucunda hesaplanan  $\pm 4,4$  cm karesel ortalama hata ile belirlenmiştir. Elde edilen 3B model, türbenin belgelenmesinde yüksek doğruluk ve güvenilirlik sağlamış; kültürel mirasın korunması, restorasyon planlaması ve dijital arşivleme çalışmalarında kullanılabilir nitelikte olduğu görülmüştür. Çalışma, bölgede dijital belgeleme ve korunmaya yönelik gelecekte yapılacak çalışmalara da önemli bir altlık sunmaktadır.

## High-Precision 3D Documentation of a Cultural Heritage Using UAV Photogrammetry: The Ismail Fakirullah Tomb

### Keywords

UAV  
Photogrammetry  
Cultural Heritage  
3D Modeling  
Remote sensing

### Research Article

Received: 17.11.2025  
Revised: 27.11.2025  
Accepted: 02.01.2026  
Published: 30.04.2026

### Abstract

The documentation and preservation of cultural heritage sites are essential for maintaining historical continuity and transferring valuable knowledge to future generations. This study presents the three-dimensional (3D) documentation of the Ismail Fakirullah Shrine located in Tillo, Siirt (Türkiye) using unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry. Four ground control points were established in the field, and 20 detail points were measured using Global Navigation Satellite Systems (GNSS) and total-station instruments. A total of 167 photographs were captured with a DJI Mini 3 Pro UAV, and the photogrammetric workflow—including sparse point cloud, dense point cloud, mesh generation, and texture mapping—was carried out using Agisoft Metashape software. The accuracy assessment based on the comparison of field measurements and photogrammetric data yielded a root mean square error (RMSE) of  $\pm 4.4$  cm. The resulting high-resolution 3D model provides reliable geometric information for documentation, conservation, restoration planning, and digital archiving of the shrine. This study also demonstrates the potential for expanding similar digital heritage documentation efforts throughout the region.

## 1. Giriş

Kültürel miras alanları, geçmiş uygarlıkların yaşam biçimlerini, inanç sistemlerini ve toplumsal hafızalarını yansıtan, dolayısıyla insanlığın geçmişine ışık tutan ve tarihsel sürekliliğin korunmasında kilit bir işlev üstlenen yapılardır. Aynı zamanda içinde bulunduğumuz toplumlarda geçmiş ile gelecek arasında bağlantı sağlayan bir köprü konumundadırlar. Bu alanlarda en yaygın biçimde kullanılan yapı malzemesi olan taş hem taşınabilen hem de taşınamayan eserlerin inşasında belirleyici bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, taş malzeme zamanla çeşitli çevresel ve antropojenik faktörlerin etkisiyle bozulma süreçlerine maruz kalmakta; bu durum tarihî yapıların bütünlüğünü ve özgünlüğünü tehdit etmektedir. Meteorolojik koşullar, hava kirliliği gibi doğal çevresel unsurların yanı sıra malzemenin fiziksel ve kimyasal özellikleri de bu bozulma süreçlerinde etkili olmaktadır [1-4].

Kültürel mirası koruma, sadece kültürel miras sayılabilecek eserleri muhafaza etmekle kalmayıp bununla birlikte toplumların tarihsel kimliklerinin, kolektif belleğinin ve kültürel sürekliliğinin güvence altına alınmasını da kapsamaktadır. Bu bağlamda, kültürel mirasın belgelenmesi, bakımı ve gelecek kuşaklara aktarılması, toplumsal sorumluluk bilinciyle ele alınması gereken bir görev niteliğindedir. Kültür varlıklarının korunması; ekonomik, sosyo-kültürel ve uluslararası etkileşimler açısından da stratejik bir önem taşımaktadır [5-7].

Türkiye, Asya ile Avrupa kıtaları arasında köprü konumunda bulunması, tarih boyunca göç ve ticaret yolları üzerinde yer alması, verimli toprakları ve uygun iklim koşulları sayesinde çok sayıda medeniyete ev sahipliği yapmıştır. Bu tarihsel birikim, evrensel değerlere sahip kültürel miras unsurlarının ortaya çıkmasına olanak tanımıştır. Söz konusu mirasın korunması, belgelenmesi ve tanıtılması; kültürel farkındalığın güçlendirilmesi ve tarihsel bilginin gelecek kuşaklara aktarılması açısından büyük bir önem taşımaktadır [8].

Tarihi yapıların korunarak varlıklarının sürdürülebilir bir hale getirilmesi için teknolojik gelişmeleri takip etmek bir zorunluluk haline gelmiştir. Son yıllarda dijital teknolojilerde yaşanan hızlı gelişmeler, kültürel mirasın belgelenmesi ve korunmasında yeni ufuklar açmıştır. Özellikle üç boyutlu (3B) modelleme ve dijital arşivleme yöntemleri, geleneksel belgeleme yaklaşımlarına kıyasla daha yüksek doğruluk, hız ve esneklik sağlamaktadır [9-11]. Uzun yıllar boyunca kültürel mirasın belgelenmesinde kullanılan manuel ölçme tekniği, fotoğraf çekim işlemi ve iki boyutlu çizim tekniği; arkeolojik kazı çalışmaları, restorasyon projelendirme işlemleri ve mimari belgeleme çalışmalarında temel araçlar olarak yer almıştır [12,13]. Ancak bu yöntemler, veri kopyalanma riski, fiziksel saklama güçlükleri ve zamanla bozulma gibi çeşitli dezavantajlara sahiptir [9]. Dijital teknolojiler, söz konusu sınırlılıkları aşmak amacıyla geliştirilen, daha hassas ve güvenilir veri toplama yöntemleriyle kültürel mirasın belgelenmesine çağdaş bir boyut kazandırmıştır [14-16]. Üç boyutlu modelleme yaklaşımları, yapıların

geometrik ve metrik özelliklerinin yanı sıra korunma durumları hakkında da ayrıntılı bilgi sunmakta; restorasyon, analiz ve koruma çalışmalarında bilimsel temelli bir veri altyapısı oluşturmaktadır [17-19].

Günümüzde yersel fotogrametri, insansız hava aracı (İHA) fotogrametrisi ve yersel lazer tarama (YLT) gibi teknikler, verinin hassasiyeti, doğruluğu ve tekniğin uygulanması sırasında zamandan tasarruf etme özellikleri ile diğer geleneksel yöntemlere kıyasla ciddi üstünlükler sergilemektedir [20-22]. Bununla birlikte, karmaşık geometrik yüzeylerin ve ince detayların temsilinde bazı teknik sınırlılıklar söz konusudur. Özellikle organik formlu yapı elemanlarında deformasyon analizlerinin yüksek doğrulukla gerçekleştirilebilmesi, manuel yöntemlerin yetersizliğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, kültürel mirasın bilimsel, güvenilir ve sürdürülebilir biçimde korunabilmesi için yüksek doğrulukta 3B dijital belgeleme yöntemlerinin kullanımı kaçınılmaz hale gelmiştir [12,21,23]. Bu kapsamda geliştirilen teknolojiler arasında yersel lazer tarama (YLT), hava tabanlı lazer tarama (ALS), yakın menzilli fotogrametri ve İHA tabanlı görüntüleme sistemleri yer almakta olup, aktif (LiDAR) ve pasif (fotogrametri) sensör teknolojileri ile yüksek doğrulukta mekânsal veri elde edilmektedir [24-32]. İHA'lar, uzaktan kontrol edilebilme ve erişimi zor alanlardan veri toplayabilme kabiliyetleri sayesinde, kültürel miras yapılarına yönelik belgeleme süreçlerinde önemli bir esneklik ve etkinlik sağlamaktadır [9].

Kültürel mirasın belgelenmesi noktasında literatürde geçen çalışmalar, bu teknolojilerin farklı ölçeklerdeki uygulama alanlarını ve doğruluk düzeylerini açıkça ortaya koymaktadır.

Yakar [33], Fotogrametrik teknikler kullanarak ulaşılabilen alanların 3 Boyutlu modellenmesi ve jeolojik verilerin elde edilmesinin fotogrametrik tekniklerle elde edilebileceğini göstermiştir. Bu amaçla Konya ili sınırları içerisinde bulunan Meke Gölü'nde su seviyesinin düşmesiyle birlikte su yüzeyinde yaşanan değişimleri ortaya çıkarmak amacıyla aylık periyotlarla fotogrametrik uçuşlar yapmış elde edilen fotogrametrik ölçme sonuçlarını günümüz haritalarıyla birleştirerek su yüzeyinde yaşanan negatif yönlü değişimi grafiksel olarak ortaya koymuştur.

Arslan ve Şekertekin [34], insansız hava araçlarının 3b model üretiminde önemini ortaya koymak amacıyla Adana'nın Ceyhan İlçesi Kurtkulağı Beldesi'nde bulunan Kurtkulağı kervansarayının İHA ile elde edilen çoklu görünüm görüntülerinden metrik 3B modelini üretmiş; X, Y, Z koordinatları için sırasıyla 1,9 cm, 2,5 cm ve 3,3 cm Karesel ortalama hata (Root Mean Square Error-RMSE) değerleri elde etmiştir.

Kabadayı ve Erdoğan [35] ise Yozgat Çilekçi Türbesi'nin 3B nokta bulutu ve modelini Agisoft yazılımı kullanarak üretmiş, ±3,16 cm konum hatası tespit etmiştir. Bu çalışma ile kültürel mirasın belgelenmesinde dijital fotogrametri tekniğinin zaman ve maliyet açısından sağladığı avantajlara değinmiştir.

Şenol ve Orman [36], Mezopotamya bölgesinde bulunan birçok medeniyete evsahipliği yapmış bugün de arkeolojik ve turistik anlamda bir cazibe merkezi olan Diyarbakır'ın tarihi sur kapılarından biri olan Mardin

Kapıyı 3b olarak belgelemişlerdir. Çalışmada dijital olarak kayıt altına alınan bu eserin 3b modele ait görsellerine yer verilmiş ve bu eserin gelecek nesillere aktarılmasının önemi vurgulanmıştır.

Türker ve Kabadayı [37], Yozgat ili, Kazlıuşağı köyünde bulunan Çapanoğlu Camii'nin bölgesel mimariyi yansıtmaması, sahip olduğu tavan sistemi ve kesme taş işçiliği ile diğer yapılardan ayrılması nedeniyle bu eseri İHA fotogrametri tekniğiyle 3b olarak belgelemişlerdir. Çalışmada eserin dijital olarak modellenmesinin kırsal mimarinin korunmasına olan katkısının önemi vurgulanırken 3b model görsellerine yer verilmiştir.

Yakar ve ark. [38], İstanbul ili, Fatih ilçesi Sultan Ahmet Meydanı'nda bulunan tarihi Dikilitaş'a ait yersel lazer tarama tekniğiyle dijital belgeleme çalışması yapmışlardır. Burada farklı fotogrametrik yazılımları karşılaştırarak kültürel dokümantasyon çalışmalarında kullanılabilirliklerini değerlendirmişlerdir.

Aylar ve ark. [39], Sivas'ın İmranlı ilçesinde bulunan ve jeomorfolojik özelliklere sahip dış kayalıklarının 3B modellemesinde İHA kullanarak fotogrametri tekniğini uygulamışlardır. Bu çalışma ile fotogrametri tekniğinin kültürel belgeleme çalışmalarında kullanılabilecek sayısal yükseklik modeli (SYM) ve ortofoto üretimi ve 3B model üretimi bakımından verimliliğini ortaya koymuştur.

Yılmaz ve ark. [40], Yersel laşe tarayıcılarla kültürel miras olan peri bacalarındaki bozulmaları tespit etmişlerdir.

Varlık ve ark. [41], antik Lystra kentinde yaptıkları arkeolojik çalışmada İHA fotogrametri tekniğini kullanarak kazı alanında bulunan kültürel mirasın ve kazı alanınının bulunan yüzey kalıntılarının 3B modellenmesinin çalışmalarda sağladığı avantajlara değinerek bu tekniğin üstün yönlerini vurgulamışlardır.

Bu çalışma, Siirt ili, Tillo ilçesinde bulunan İsmail Fakirullah Hazretleri Türbesi'nin İHA fotogrametrisi yöntemiyle belgelenmesini konu almaktadır. Eser, taşıdığı tarihi ve kültürel özelliklerinin yanında manevi değeri ile çok sık ziyaret edilen bir türbedir. Ayrıca ışık hadisesi olayı olarak anılan yapısal olarak üzerinde coğrafya, matematik, fizik ve astronomi gibi bilim dallarının mükemmel bir multidisipliner çalışma örneğini barındırması ve daha önce herhangi bir şekilde dijital anlamda belgelenmemiş olması bu çalışmanın özgün ve niteliksel değerini ortaya koymaktadır. Çalışmada, İHA fotogrametrisi tekniğinden faydalanılarak türbenin görüntüleri elde edilmiş bu görüntüler fotogrametrik yazılımla ofis ortamında değerlendirilerek seyrek ve yoğun nokta bulutu oluşturulmuş, katı modeli elde edilmiştir. Katı model elde edildikten sonra resim giydirme işlemi ile birlikte eserin üç boyutlu modeli üretilmiş ve üretilen verilere ait doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Alanı

Çalışmaya konu olan kültürel eser, Siirt ili, Aydınlar (eski adıyla Tillo) ilçesi sınırları içerisinde, Fakirullah Mahallesi, Mezarlık alanı içinde yer almaktadır [42]. Eser, coğrafi konum olarak 37°56'50''K enlemi, 42°00'38''D boylamında bulunmaktadır [43]. Çalışma konusu eserin

Siirt ili sınırları içerisinde bulunan konumuna ait görsel Şekil 1'de verilmiştir.



**Şekil 1.** Siirt ili sınırları içerisinde bulunan çalışma konusu eser.

Türbe, tasavvuf ehli olan İsmail Fakirullah hazretlerinin vefatı üzerine öğrencisi olan Erzurumlu İbrahim Hakkı Hazretleri tarafından 18. yy'da yaptırılmıştır [44]. 2015 yılında UNESCO tarafından geçici miras listesine alınan türbe, tasavvuf ehli ve aynı zamanda bir İslam alimi olan İbrahim Hakkı hazretlerinin sahip olduğu astronomik ilmini de yansıtmaktadır [45]. Hocasına duyduğu hürmet ve bağlılıktan ötürü; "Yeni yılda doğan güneş, ilk olarak hocamın başucunu aydınlatmazsa ben o güneşi neyleyeyim" sözü ile türbenin inşasına başlayan hazret, türbenin bitişiğine 8 köşe ve 10 m yüksekliğe sahip bir kule, türbeye uzaklığı kuş uçuşu yaklaşık 3 km olan bir bölgeye de harç kullanmadan örülen bir duvar yaptırmıştır. Bu sayede her yıl ekinoks tarihlerinde yani 21 Mart ve 23 Eylül'de doğan ilk güneş ışınları duvar içerisinde bulunan küçük bir pencereden geçerek türbenin yanında inşa edilen kuleye ulaşmakta, kuleden de türbede bulunan küçük bir pencere açıklığından (Şekil 3) İsmail Fakirullah hazretlerinin yattığı sandukanın başucuna ulaşarak yaklaşık 5 dakika aydınlatmaktadır. Güneş ışığının ekinoksta sanduka başucunu aydınlatması (Şekil 2) olayı ışık hadisesi olarak geçmektedir [46].

İsmail Fakirullah Türbesi, yalnızca mimari bir yapı olmanın ötesinde, literatürde 'ışık hadisesi' olarak tanımlanan ve her yıl ekinoks günlerinde gerçekleşen özgün bir astronomik düzenekle dikkat çekmektedir. İbrahim Hakkı Hazretleri'nin astronomi bilgisini kullanarak tasarladığı bu düzenek, güneş ışınlarının belirli bir hizada ilerleyerek türbenin içindeki sandukanın başucunu aydınlatmasını sağlamaktadır. Çırak ve Yörük (2015) ile UNESCO'nun geçici miras listesi kayıtlarında da belirtildiği üzere, bu olay yapıyı ulusal ve uluslararası ölçekte benzersiz kılmakta ve kültürel değerini artırmaktadır.

Dolayısıyla türbenin üç boyutlu ve yüksek doğruluklu olarak belgelenmesi, yalnızca bir mimari belgeleme faaliyeti değil, aynı zamanda astronomik, kültürel ve dini açıdan önem taşıyan bir yapının bilimsel olarak korunmasına yönelik kritik bir adımdır. Bu çalışma, ışık hadisesinin gerçekleştiği mekânsal düzenin dijital ortama aktarılmasına da imkân verdiğinden, türbenin

özgünlüğünün sürdürülebilir korunması açısından büyük önem taşımaktadır.



Şekil 2. Güneş ışığının ekinoksta sanduka başucunu aydınlatması [46].

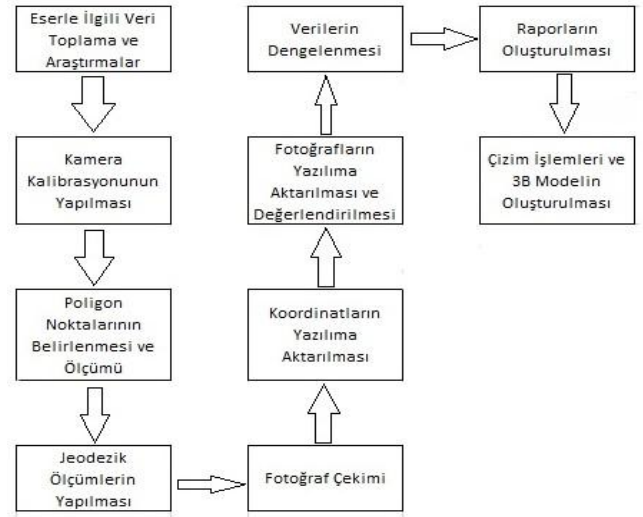


Şekil 3. Türbe ışık mekanizması.

## 2.2. Yöntem

Bu çalışmada eserin 3b modeli üretilerek aynı zamanda dijital olarak kayıt altına alınması amacıyla harita mühendisliğinin çalışma alanı içerisinde bulunan fotogrametri tekniği kullanılmıştır. Fotogrametri tekniği, cisimlerden ve çevrelerinden yansıma yoluyla elde edilen elektromanyetik enerjinin kaydedilmesi, ölçümü ve fotogrametrik olarak yorumlanması sonucunda doğruluğu yüksek bilgilerin üretilmesine olanak sağlayan bir teknolojik, bilimsel ve sanatsal bir tekniktir [47].

Çalışmada uygulanan İHA fotogrametri tekniği, ilk olarak arazide çalışma alanının istikşafı, yer kontrol noktalarının yerlerinin belirlenmesi, tesisi ve yapı üzerinde belirlenen referans noktalarının ölçülmesiyle başlayan bir tekniktir. Arazi işlerinin bitimiyle elde edilen veriler ofis ortamında fotogrametrik değerlendirme süreci olarak devam etmekte ve sonuç ürün elde edilmesi ile sonlanmaktadır. Kültürel mirasa ait resimler 2 boyutlu olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte yapının yüzeyinden ölçülen noktalardan faydalanılarak kültürel mirasa ait 3 boyutlu ve ölçülebilir bir model elde etmek çalışmanın amacını oluşturmaktadır [48,49]. Arazide elde edilen veriler Agisoft Metashape Version 1.5.1 ve Netcad 8.5 yazılımında değerlendirilerek modelleme işlemleri başlatılmıştır. Bu süreci özetleyen iş akış şemasına ait görsel Şekil 4'te verilmiştir.

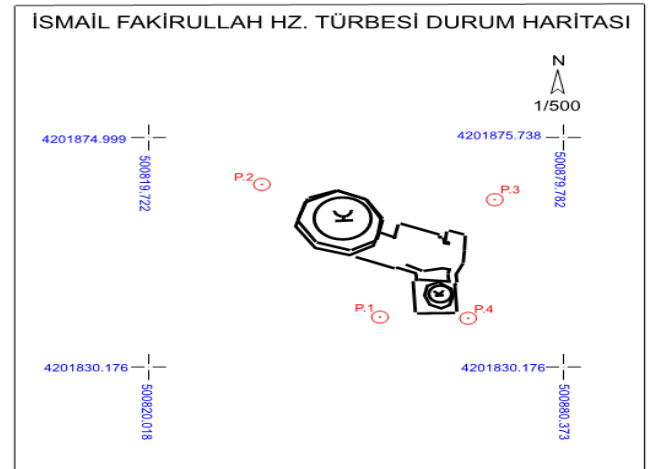


Şekil 4. İş akış şeması.

## 2.3. Arazi Çalışmaları

Eserin modelleme süreci, arazi çalışmaları ardından büro işlemleri olarak 2 safhada yapılmıştır. Ofis aşamasına geçmeden önce arazide birbirini görecek şekilde ve yapının etrafını çevreleyecek yeterli sayıda yer kontrol noktasının tesis edilmesi amacıyla arazi istikşafı yapılmış ve birbirini görecek şekilde eserin çevresinde konumlandırılan yer kontrol noktaları (4 adet) tesis edilmiştir. Eser, boyut olarak çok büyük olmadığından tesis edilen 4 adet YKN yapının her tarafını görebilecek şekilde konumlandırılmış, zamandan ve maliyetten tasarruf etmek amacıyla bu sayı yeterli görülmüştür. Bu aşamada Ağ-RTK ölçme yöntemiyle TUSAGA-Aktif ağından faydalanılarak GNSS tekniğiyle tesis edilen noktaların jeodezik olarak ölçümleri 3 boyutlu (x, y, z) olarak gerçekleştirilmiştir. Yapı yüzeyinden ölçmelerin yapılabilmesi için de Total-Station ölçme cihazı kullanılmıştır. Yapıyı ve YKN noktalarını gösterir durum haritası Şekil 5'te verilmiştir.

Kullanılan ölçme cihazları Şekil 6'da gösterilmiştir. Ölçme cihazlarına ait özellikler de Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 5. Durum haritası.



**Şekil 6.** GM-55 Total-Station [50], Hiper SR GNSS Alıcısı [51].

**Tablo 1.** GM-55 Total-Station teknik özellikleri [50]

Bellek	USB :32 GB'
Reflektörsüz Ölçme	500 m
Prizma EDM Aralığı	4,000 m
Ölçüm Süresi	Hassas: 0,9 s, Hızlı: 0,7 sn
Pil	Eko modunda 14 saate kadar
Prizma Doğruluğu	1,5 mm + 2 ppm
Prizmasız Doğruluk	2,0 mm + 2 ppm

**Tablo 2.** Hiper SR Cors GPS teknik özellikleri [51]

Konum Belirleme Hassasiyeti	RTK (L1 + L2) H: 10 mm + 1.0 ppm V: 15 mm + 1.0 ppm Hızlı Statik (L1 + L2) H: 3 mm + 0.5 ppm V: 5 mm + 0.5 ppm
RTK Yayını	3 gezici ile LongLink Bağlantısı (300m+)
I/O Bağlantılar	Bluetooth®, Serial, USB
Hafıza	2 GB Dahili
Aktarım Hız	10Hz 'e kadar
Çalışma Süresi	20 Saate kadar
Veri Aktarım Formatı	TPS, RTCM SC104 v 2.x, 3.x; CMR/CMR+

Arazide tesis edilen yer kontrol noktaları ve eser üzerinde işaretlenen noktaların jeodezik ölçme işlemlerinin bitirilmesiyle yapının fotoğraf çekim aşamasına geçilmiştir. Eserin fotoğraflarının çekim işlemi için DJI Mini 3 Pro (Şekil 7) İHA kullanılmıştır. Arazi işlemleri kapsamında esere ait 167 adet fotoğraf çekilmiştir. Çekimler, yapının her yüzeyinden birbirine paralel en az 3 adet fotografik kurallara uygun şekilde birbirini enine ve boyuna bindirmeli olarak çekilmiş, resimlere ait enine ve boyuna bindirme oranının %70'ten az olmamasına özen gösterilmiştir. Bu esnada

kameranın yakınlaştırma ayarı sabitlenmiştir. Uçuş planı optimum detay elde etmek amacıyla 32 m yükseklikte ve 3 m/s sabit yatay hızda yapılmıştır. Bu uçuş parametreleri sonucunda görüntülerin yer örnekleme aralığı (GSD) 0,82 cm/pixel olarak hesaplanmıştır. Metashape içerisindeki dahili kamera kalibrasyonunda distorsiyon parametreleri (K1, K2, K3 ve P1, P2) otomatik olarak optimize edilmiştir. Bu parametreler, modelin yüksek geometrik doğrulukla oluşturulmasına katkı sağlamıştır. İHA'nın sahip olduğu özellikler de Tablo 3'te verilmiştir.



**Şekil 7.** DJI Mini 3 Pro

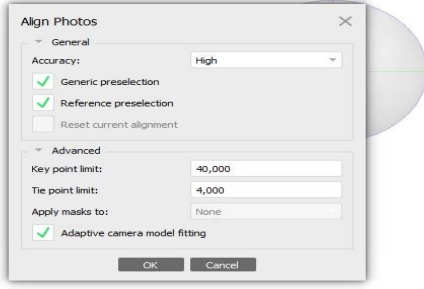
**Tablo 3.** DJI Mini 3 Pro teknik özellikleri [52].

Boyutlar (U×G×Y)	Katlanmış (pervanesiz): 148×90×62 mm (U×G×Y)
	Açılmış (pervaneli): 251×362×72 mm (U×G×Y)
Maksimum İniş Hızı	5 m/s (S Modu) 3 m/s (N Modu) 1,5 m/s (C Modu)
Maksimum Tırmanış Hızı	5 m/s (S Modu) 3 m/s (N Modu) 2 m/s (C Modu)
Maksimum Uçuş Süresi	34-47 dakika
Maksimum Rüzgâr Hızı Direnci	10,7 m/s (Seviye 5)
Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS)	GPS + Galileo + BeiDou

#### 2.4. Ofis Çalışmaları

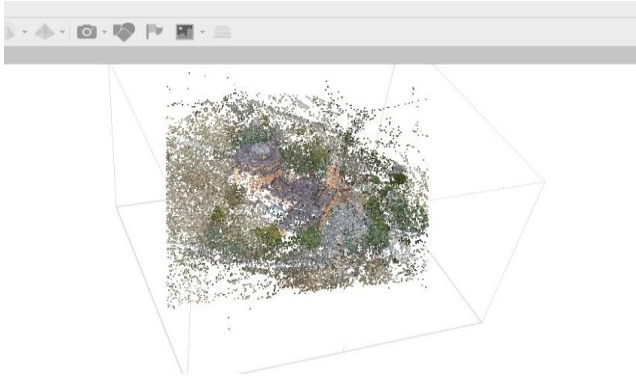
Arazi işlerinden sonraki aşama ofis aşaması olarak geçmektedir. Bu aşamada modelin üretilmesi için arazide elde edilen veriler belirlenen uygun bir fotogrametrik yazılım ile değerlendirilerek sonuç ürün ortaya çıkarılır. Bu çalışma kapsamında Agisoft Metashape yazılımından faydalanılmıştır. Modelleme işleminin ilk adımı olarak arazide çekilen resimlerin yazılıma tanıtılması gerekmektedir. 'Add Photos' komutu ile yazılıma yüklenen fotoğrafların hizalama ve dengeleme işlemleri gerekmektedir. Bu amaçla 'Align Photos' komutu ile resimlerin hizalanması (Şekil 8) sağlanır. Hizalama işlemi ile modeli üretilen olan eserin uzaklık ve resim çekim konumlarına ait noktaların hesaplama işlemlerini

gerçekleştirecek olan seyrek nokta (Tie Point- Şekil 9) bulutu oluşturulmuştur.



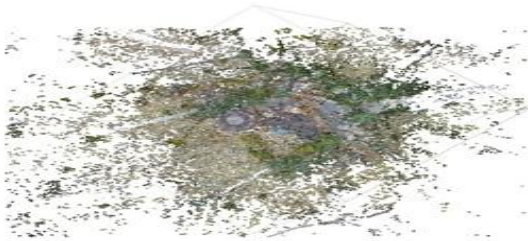
Current Task	Status	Progress
Align Photos	Finished	100%

Şekil 8. Align Photos.



Şekil 9. Seyrek nokta bulutu.

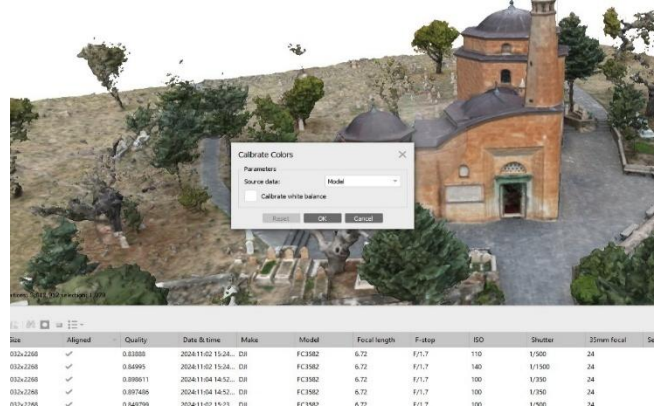
Hızalama işlemi bittikten sonra yer kontrol noktaları ve diğer noktalar üzerinden eşleştirmeler yapılmış ve işaretlenmiştir. Elde edilen seyrek nokta bulutundan sonra yapıya ait yoğun nokta bulutunun (Dense Cloud) oluşturulması safhasına geçilmiştir. Bu aşama seyrek nokta bulutu elde etme aşamasına göre daha uzun sürmektedir. İşlem sonucunda esere ait yoğun nokta bulutu ve eserin yakın konumda bulunan nesnelere ait nokta bulutları da (Şekil 10) oluşmaktadır. Bu durumda istenmeyen nokta bulutu öğeleri tıraşlama yapılarak silinebilir. Böylece bundan sonraki işlem adımlarınca hem zamandan hem de veri hacminden tasarruf edilebilecektir.



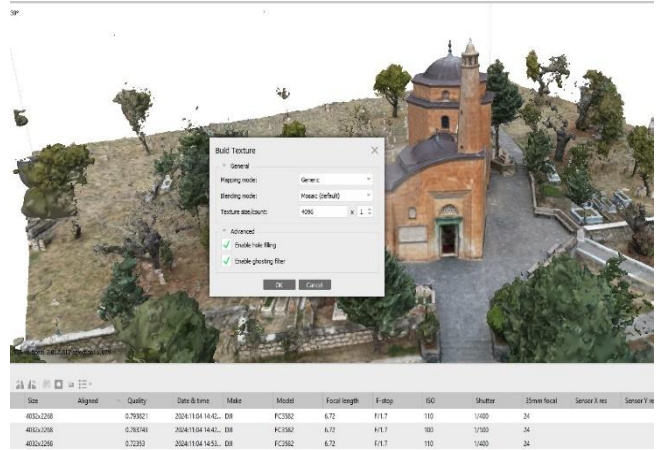
Model	Focal length	F-stop	ISO
FC3582	6.72	F/1.7	110
FC3582	6.72	F/1.7	140

Şekil 10. Yoğun nokta bulutu

Esere ait yoğun nokta bulutunun elde edilmesiyle birlikte 'Build Mesh' sekmesinden üçgen model oluşturulmuştur. Üçgen model ile elde edilen yapının katı modeline resim giydirme işlemlerine olanak sağlanmıştır. Doku kaplaması yapılan eserin resim kalitesinin artırılması için renk kalibrasyonu yapılmış ve doku kalitesi iyileştirilerek yüksek kalitede bir model dokusu elde edilmiştir.

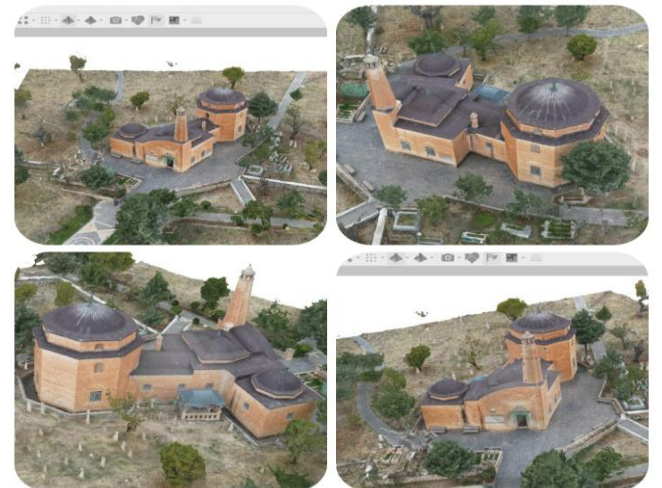


Şekil 11. Renk kalibrasyonu.



Şekil 12. Doku iyileştirme.

Bu işlemlerin ardından esere ait hassas, güvenilir ve ölçülebilir yüksek kalitede 3B model elde edilmiştir. Modele ait ekran görüntülerini içeren görsel Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 13. Modele ait 3B ekran görüntüleri (saat yönünde sırasıyla Batı-Üstten- Kuzeybatı Eğik-Kuzeydoğu yönlü)

### 3. Bulgular

Çalışma alanında bulunan eser, bir türbe olmasından dolayı inanç turizmi açısından yoğun ziyaretçi akınına uğramaktadır. Ayrıca eserin merkezi bir konumda olması günün her saatinde yoğunluk oluşmasına neden olmaktadır. Bu açıdan arazi çalışmalarının rahat yapılabilmesi ve uçuş fotoğraflarında insan olmaması için sabah erken saatlerinde çalışmalar yapılmıştır.

Sahada gerçekleştirilen işlemler kapsamında 4 adet yer kontrol noktası (YKN) ölçülmüştür. Ölçülen bu noktalar, GNSS alıcısı kullanılarak ülkemize ait TUSAGA-Aktif sistemde, UTM projeksiyonu, ITRF-96 datumunda, 2005.0 epok, GRS80 elipsoidi ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen YKN yardımıyla total-station aleti ile yapı yüzlerinden 20 adet detay noktası ölçümü yapılmıştır. Ölçmeler yaklaşık 2 saatlik zaman dilimi içerisinde gerçekleştirilmiş, 15 dakikalık bir uçuş ile de yapıya ait fotoğrafların çekimi yapılmıştır. Yapıya ait yapısal malzemenin düz bir forma sahip olması eserin ölçülmesini ve modelin üretilmesini nispeten kolaylaştırmıştır. Yazılım üzerinden yapılan referanslama işlemi sonucunda YKN ve detay noktalarına ait gerçek koordinatlar ve resim koordinatları arasındaki farklar hesaplanmış verilerin sahip olduğu karesel ortalama hata ile konum hatası hesaplanmıştır.

Arazi ölçümlerinden ve yazılımlardan elde edilen koordinatların arasındaki fark Tablo 1’de gösterilmiş, bu farklardan yararlanılarak her iki yazılım için x, y ve z bileşenlerindeki Vmax, Vmin ve Vort değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen bu veriler (1) ve (2) numaralı eşitlikler kullanılarak karesel ortalama hata ve konum hatasının bulunmasında kullanılmıştır. Eşitlikler sonucunda x, y ve z değerlerine ait konum hatası sırasıyla  $\pm 2,9$  cm,  $\pm 2,3$  cm,  $\pm 2,4$  cm, karesel ortalama hata da  $\pm 4,4$  cm olarak hesaplanmıştır.

$$m = \pm \sqrt{([vv] / (n-1))} \quad (1)$$

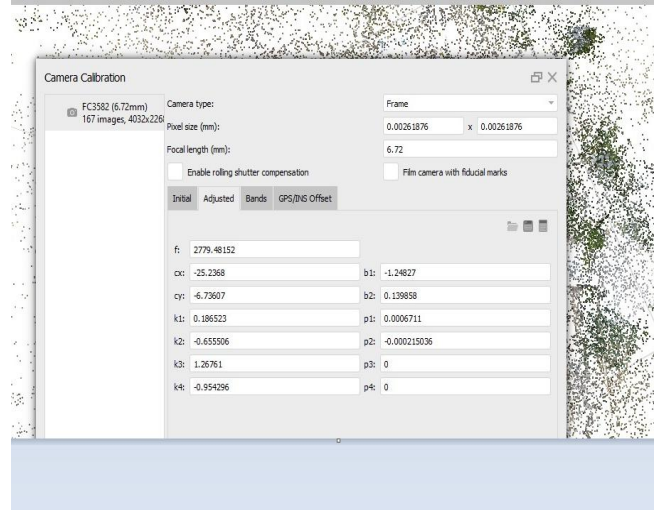
$$m(xyz) = \pm \sqrt{(mx^2 + my^2 + mz^2)} \quad (2)$$

**Tablo 4.** Elde edilen karesel ortalama hata ve konum hatası değerleri.

Vi Farklar (cm)			
	Vx(±)	Vy(±)	Vz(±)
Vmin	0,2	0,3	0,6
Vmax	6,3	5,7	2,9
Vort	1,6	1,8	1,8
	VxVx	VyVy	VzVz
	196,3	123,89	135,87
m	2,9	2,3	2,4
m(xyz) (±)	4,4		

Agisoft metashape yazılımı ile elde edilen model, yazılım ortamında yüksek kalite (high quality) seçeneği işaretlenerek üretilmiştir. Align işleminden sonra hizalamanın doğruluğunu arttırmak için Kameraları Optimize Et modülü ile doğruluklar arttırılmış, kamera kalibrasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kamera kalibrasyon değerleri Şekil 13’de verilmiştir. Fotoğrafların görüntü kalitesinin tahminine ilişkin Estimate Image Quality komutu kullanılarak Şekil 14’te

gösterilen şekildeki Quality sütununda elde edilen resimlerin tahmini kalite değerleri gösterilmiştir. Kalite değerlerinin 0,1-1 arasındaki değerleri fotoğrafın kalitesini yansıtmaktadır. Metashape yazılımı, zayıf bir şekilde odaklanmış resimlerin işlenmesini önlemek amacıyla görüntü kalitesi 0,50 birimden daha düşük seviyede resim kalitesine sahip görüntülerin devre dışı bırakılmasını ve fotogrametrik işleme sürecine dahil edilmemesini tavsiye etmektedir [53]. Şekil 14’te quality sütununda görüleceği üzere elde edilen görüntülerin kalitesi 0.75’ten büyük ve yüksek kalitede elde edilmiştir. Sonuç ürün olarak üretilen 3B modele ilişkin özelliklerde Tablo 5’te ifade edilmiştir.



**Şekil 13.** Kamera kalibrasyon değerleri.

Size	Aligned	Quality	Date & time	Make	Model
049	4032x2268	0.83888	2024:11:02 15:24...	DJI	FC3582
048	4032x2268	0.84995	2024:11:02 15:24...	DJI	FC3582
135	4032x2268	0.898611	2024:11:04 14:52...	DJI	FC3582
134	4032x2268	0.897486	2024:11:04 14:52...	DJI	FC3582
042	4032x2268	0.849799	2024:11:02 15:23...	DJI	FC3582
051	4032x2268	0.849519	2024:11:02 15:24...	DJI	FC3582
145	4032x2268	0.893865	2024:11:04 14:53...	DJI	FC3582
093	4032x2268	0.848799	2024:11:04 14:46...	DJI	FC3582
058	4032x2268	0.893052	2024:11:02 15:27...	DJI	FC3582
133	4032x2268	0.889229	2024:11:04 14:52...	DJI	FC3582
022	4032x2268	0.848755	2024:11:02 15:18...	DJI	FC3582

**Şekil 14.** Fotoğraf kalite tahmin değerleri.

**Tablo 5.** 3B modelin elde edilen verileri.

	Seyrek Nokta	Yoğun Nokta
Sayı	139.167	29.933.017
Toplam Nokta Sayısı	30.072.184	
Mesh Yüzey Sayısı	3.715.372	
Model Çözünürlüğü	4096 * 4096 px	
Eşleştirme Süresi	11 dk 4 sn	
Toplam Süre	1 saat 15 dk 4 sn	
Kullanılan Bilgisayar	11 th Gen Intel Core (TM) i7-	
Özellikleri	11800H, 2.30 GHz	

#### 4. Tartışma ve Sonuçlar

Günümüzde tarihi yapıların, geçmişe ait kültürel ve mimari mirasın anlaşılmasında oynadığı rolün yanı sıra, geçmiş ile geleceği birbirine bağlayan bir rol alması, bu yapıların korunması ve restorasyonuna yönelik çalışmaların önemini her geçen gün artırmaktadır. Bu kapsamda, yalnızca koruma ve onarım faaliyetleri değil, aynı zamanda bu süreçlerde kullanılan yöntemlerin niteliği de büyük bir anlam taşımaktadır. Geleneksel olarak mimarlar tarafından röleve teknikleri aracılığıyla gerçekleştirilen ölçüm ve belgeleme çalışmaları, günümüzde harita mühendisliği disiplininin katkısıyla fotogrametri temelli yaklaşımlarla desteklenmektedir. Fotogrametrik yöntemler, düşük maliyetli, kısa sürede sonuç alınabilen ve yüksek doğruluk düzeyine sahip olmaları nedeniyle, tarihi eserlerin belgelenmesi ve analizinde yenilikçi bir alternatif sunmaktadır [54].

Bu yöntemin en dikkat çekici avantajlarından biri, kültürel miras niteliğindeki yapıların üç boyutlu sayısal modellerinin oluşturulmasına olanak sağlamasıdır. Fotogrametrik ölçüm teknikleri, yüksek hassasiyetli veriler elde edilmesine imkân tanıdığından, yapının mevcut durumuna ilişkin ayrıntılı analizlerin yapılmasını mümkün kılar. Böylece, gelecekte gerçekleştirilecek restorasyon veya onarım uygulamalarında, yapının özgün boyutları ve mimari özellikleri korunarak müdahalelerin aslına uygun biçimde yürütülmesi güvence altına alınmış olur.

Kültürel miras niteliği taşıyan tarihi yapıların restitüsyon ve restorasyon süreçlerinde ölçüsel doğruluk, yapının özgün mimari karakterinin korunarak yenilenmesi ve yapıya ilişkin sayısal modellerin gerçeğe uygun biçimde oluşturulması açısından kritik bir unsurdur. Bu doğruluk, hem fiziksel müdahalelerin bilimsel temellere dayanmasını hem de elde edilen belgeleme verilerinin güvenilirliğini doğrudan etkilemektedir. Konuya ilişkin gerçekleştirilen uygulamalar ve literatürde yer alan akademik çalışmalar incelendiğinde, yöntemsel açıdan başarılı sonuçlar elde edilmiş örneklerin yanı sıra, ölçüsel tutarlılığın sağlanamadığı ve dolayısıyla uygulama hataları içeren çalışmalara da rastlanmaktadır [55-59].

Literatürde dijital fotogrametri, kültürel mirasın hızlı ve yüksek doğrulukla belgelenmesi için yaygın bir yöntem hâline gelmiştir. İHA kullanımı, veri toplama sürecini kolaylaştırarak maliyet ve zaman açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu kapsamda Yakar ve ark.[60], İHA fotogrametrisi tekniği kullanarak kültürel miraslarda kullanımı hakkında çalışmalar yapmışlardır. Yakar ve ark. [61] Yer kontrol noktalarının dağılımı hakkında bilgi vermişlerdir.. Eserin kültürel öneminin yanında fotogrametri tekniğinin zaman ve maliyet noktasında avantajlarına değinerek bu yöntemin güçlü yönlerini ön plana çıkarmışlardır.

Söz konusu eserde yapılan çalışmada amaç, tarihi yönü, inanç kültürü açısından sahip olduğu önem ve 18. Yüzyıllarda inşa edilmesine rağmen matematik, astronomik ve jeodezik açıdan oldukça bilimsel nitelikte yapısal bir dizayn ve mekanizmaya sahip olan bu eseri

dijital olarak kayıt altına almak ve dokümantasyonunu sağlamaktır. Bu anlamda yapılan çalışma ile 4 adet YKN tesis edilmiş ve eser üzerinden 20 noktada detay alımı yapılmıştır. İHA ile çekilen görüntülerin elde edilmesinden sonra da arazi işlemleri sonuçlandırılmış ofis ortamında yapının Agisoft Metashape yazılımında yapıya ait 3b modeli üretilmiştir. Tablo 4'te elde edilen konum hataları ve karesel ortalama hatası ( $\pm 4,4$  cm) ile birlikte nokta bulutu kalitesi ve modele ait görüntü kalite değerleri dikkate alındığında literatürde varolan diğer çalışmalarla hata miktarları açısından yaklaşık sonuçlar gösterdiği, üretilen 3b modele ait veriler incelendiğinde ise modele ait detay ve veri yoğunluğunun yüksek olduğu dolayısıyla kültürel mirasa ait her türlü dokümantasyon çalışmalarında kullanılabilirliği belirlenmiştir. Ayrıca benzer bir çalışmanın söz konusu çalışma alanında daha önceden yapılmamış olması eserin kendisine özgün bir değer katmakla birlikte, bölgede dijital dokümantasyonunun yapılarak kayıt altına alınması gereken diğer eserlerin de 3b modelinin de üretilmesinin önünü açmıştır. Eserin ilçe merkezinde kolaylıkla ulaşılabilir bir konumda olması halihazırda varolan yüksek ziyaretçi yoğunluğunu daha da arttırmakta bu durum arazi işlerini ve görüntü alma işlemini zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla özellikle sabah saatleri çalışma yapmak için daha uygun olmaktadır. Bölgenin manevi ikliminden dolayı hem yapısal olarak hem de tarihi anlamda çeşitli özelliklere sahip çok sayıda kültürel miras sayılabilecek eser bulunmaktadır. İHA fotogrametri tekniği hem bu çalışma hem de literatürde geçen diğer çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda kültürel mirasın güvenli ve hassas bir biçimde 3b belgelenmesi konusunda güvenle kullanılabilir. Dolayısıyla bu konuda yetkileri olan karar vericilerin de bu tarz kültürel mirasların korunmasına, restorasyonuna ve tanıtılmasına yönelik gerekli tedbirleri almalarına yönelik yapacakları çalışmalara ışık tutacaktır.

#### Araştırmacıların katkı oranı

**Fatih Pulat:** Arazi çalışması, Modelleme, yazma-düzenleme.

**Murat Yakar:** Literatür taraması, İnceleme.

#### Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### Kaynaklar

1. 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.
2. Russo, M., Carnevali, L., Russo, V., Savastano, D., & Taddia, Y. (2019). Modeling and deterioration mapping of façades in historical urban context by close-range ultra-lightweight UAVs photogrammetry. *International Journal of Architectural Heritage*, 13(4), 549-568.

3. Özdemir, E., Çallı, R., & Kartal, S. (2024). Utilization of unmanned aerial vehicles for the detection and localization of deteriorations in historical structures: a case study of Ishak Pasha Palace. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 9 (3), 377-389.
4. Yakar, M. & Yılmaz, H. M. (2008). Using in volume computing of digital close range photogrammetry. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37(3b).
5. Yakar, M., & Yılmaz, H. M. (2011b). Determination of erosion on a small fairychimney. *Experimental Techniques*.
6. Yakar, M. & Yılmaz, H. M. (2025). The Use of Unmanned Aerial Vehicles in Cultural Heritage Documentation. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 11(2), 496-509. <https://doi.org/10.26833/ijeg.1801614>.
7. Polat, N., Önal, M., Kaya, Y., Memduhoğlu, A., Kaya, N., Ulukavak, M., Mutlu, S., & Mutlu, S. (2021). Harran ören yeri kazısında bulunan kabartma yazıların üç boyutlu olarak modellenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(2), 594–601.
8. Uslu, A. (2016). *Kültürel mirasın üç boyutlu modellenmesi ve web ortamında sunulması* [Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi].
9. Yakar, M. (2011). Using close range photogrammetry to measure the position of inaccessible geological features. *Experimental Techniques*, 35(1), 54–59.
10. Andres, A. N., Pozuelo, F. B., Marimon, J. R., & Gisbert, A. M. (2011). Generation of virtual models of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 13, 103–106.
11. Varol, F. (2025). Creation of surface model using unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry in cultural heritage areas: The example of Kilistra Ancient City. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 10 (2), 137-150.
12. Yılmaz, H. M., Mutluoğlu, Ö., Ulvi, A., Yaman, A., & Bilgilioğlu, S. S. (2018). İnsansız hava aracı ile ortofoto üretimi ve Aksaray Üniversitesi kampüsü örneği. *Geomatik*, 3(2), 129-136.
13. Yılmaz, H. M., & Yakar, M. (2006). Yersel lazer tarama teknolojisi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(2), 43–48.
14. Akın, E. S., & Erdoğan, A. (2022). İnsansız hava araçları (İHA) ile arkeolojik alanlarda belgeleme: Sarıkaya Roma Hamamı (Therma Basilica) örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(3), 335–343.
15. Yakar, M., Yılmaz, H. M., Güleç, S. A., & Korumaz, M. (2009). Advantage of digital close-range photogrammetry in drawing of muqarnas in architecture. *Information Technology Journal*, 8(2), 202–207.
16. Yılmaz, H. M., & Yakar, M. (2008). Computing of volume of excavation areas by digital close-range photogrammetry. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 33(1A), 63–78.
17. Kaçarlar, Z., & Hamal, S. N. G. (2021). Küçük objelerin üç boyutlu (3B) modellenmesinde yersel lazer tarama tekniği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 3(2), 65–70.
18. Yakar, M., Yılmaz, H. M., & Yurt, K. (2010). The effect of grid resolution in defining terrain surface. *Experimental Techniques*, 34(6), 23-29..
19. Alptekin, A., Çelik, M. Ö., Doğan, Y., & Yakar, M. (2019b). Mapping of a rockfall site with an unmanned aerial vehicle. *Mersin Photogrammetry Journal*, 1(1), 12–16.
20. Yakar, M., & Yılmaz, H. M. (2025). İnsansız Hava Araçları İle Konum Verilerinin Üretiminde Yer Kontrol Noktası Dağılımı. *Geomatik*, 11(1), 88-96.
21. Yakar, M. and Yılmaz, H.M. 2011b. Determination Of Erosion On A Small Fairy chimney, *Experimental Techniques*, doi: 10.1111/j.1747-1567.2010.00661.
22. Yakar, M., Yılmaz, H.M. (2025). The Use of Unmanned Aerial Vehicles in Cultural Heritage Documentation. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 11(2), 496-509.
23. Yılmaz, H. M., & Yakar, M. (2006). Lidar (Light Detection and Ranging) tarama sistemi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(2), 23–33.
24. Yakar, M., & Yılmaz, H. M. (2025b). The Use of Unmanned Aerial Vehicles in Cultural Heritage Documentation. *Cultural Heritage and Science*, 11(2), 496-509.
25. Yakar, M., & Doğan, Y. (2017). Mersin Silifke Mezgit Kale Anıt Mezarı fotogrametrik röleve alımı ve üç boyutlu modelleme çalışması. *Geomatik*, 2(1), 11–17.
26. Villi, O., & Yakar, M. (2022). İnsansız hava araçlarının kullanım alanları ve sensör tipleri. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 4(2), 73–100.
27. Yakar, M., Yılmaz, H. M., & Mutluoğlu, Ö. (2010). Comparative evaluation of excavation volume by TLS and total topographic station-based methods. *Lasers in Engineering*, 19, 331–345.
28. Murtiyoso, A., & Grussenmeyer, P. (2017). Documentation of heritage buildings using close-range UAV images: Dense matching issues, comparison and case studies. *The Photogrammetric Record*, 32(159), 206–229.
29. Vatan, M., Selbesoğlu, M. O., & Bayram, B. (2009). The use of 3D laser scanning technology in preservation of historical structures. *Wiadomości Konserwatorskie*, 26, 659–669.
30. Manajitprasert, S., Tripathi, N. K., & Arunplod, S. (2019). Three-dimensional (3D) modeling of cultural heritage site using UAV imagery: A case study of the pagodas in Wat Maha That, Thailand. *Applied Sciences*, 9, 3960.
31. Erenoglu, R. C., Akçay, O., & Erenoglu, O. (2017). An UAS-assisted multi-sensor approach for 3D modeling and reconstruction of cultural heritage site. *Journal of Cultural Heritage*, 26, 79–90.

32. Ergun, B., Şahin, C., & Bilucan, F. (2023). Level of detail (LoD) geometric analysis of relief mapping employing 3D modeling via UAV images in cultural heritage studies. *Heritage Science*, 11, 194.
33. Yakar, M., Yıldız, F., Uray, F., & Metin, A. (2010). Photogrammetric measurement of the Meke Lake and its environment with kite photographs to monitoring of water level to climate change. In *ISPRS Commission V Mid-Term Symposium* (pp. 613-616).
34. Arslan, E., & Şekertekin, A. (2024). Tarihi ve kültürel mirasın 3 boyutlu belgelenmesinde insansız hava araçlarının kullanımı: Ceyhan Kurtkulağı Kervansarayı örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(3), 641-649.
35. 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.
36. Şenol, H. İ., & Orman, E. (2022). Diyarbakır Mardin Kapı'nın yersel fotogrametri yöntemiyle 3B belgelenmesi. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 4(1), 1-6.
37. Mumcuoğlu Türker, S. S., & Kabadayı, A. (2025). 3D modeling and architectural documentation of the Şefaati Kazlıuşağı Village Çapanoğlu Mosque in Yozgat using photogrammetry method. *Turkish Journal of Photogrammetry*, 7(1), 10-20.
38. Mohammed, O., & Yakar, M. (2016). Yersel fotogrametrik yöntem ile ibadethanelerin modellenmesi. *Selcuk University Journal of Engineering Sciences*, 15(2), 85-95.
39. Aylar, F., Gürgöze, S., Zeybek, H. İ., Uzun, A., & Şen, H. (2024). Diş Kayalıkları'nın (İmranlı, Sivas) insansız hava aracı (İHA) kullanılarak 3 boyutlu modelinin oluşturulması. *Geomatik*, 9 (1), 69-85.
40. Yılmaz H.M., Yakar M., Yıldız F., Karabork H., Kavurmacı M.M., Mutluoğlu O., & Goktepe A. (2010). Determining rates of erosion of an earth pillar by terrestrial laser scanning. *Arab. J. Sci. Eng.* 35(2A), 163-172
41. Varlık, A., Durduran, S. S., Mimiroğlu, İ., Doksanaltı, E.M., Karakök, C., & Pastutmaz, D., (2026). Use of UAV Photogrammetry in Archaeological Sites; The Example of the Ancient City of Lystra. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 11(2), 432-441.
42. Kültür Portalı. (2025). *İsmail Fakirullah Hazretleri*. Erişim yılı: 2025 <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/siirt/gezilecekyer/smail-fakirullah-hazretleri>
43. Wikipedia. (2025). İsmail Fakirullah Türbesi. Erişim yılı: 2025 [https://tr.wikipedia.org/wiki/İsmail\\_Fakirullah\\_Türbesi](https://tr.wikipedia.org/wiki/İsmail_Fakirullah_Türbesi)
44. TÜBİTAK. (2025). Üç asırlık Tillo ışık hadisesi izleyenleri büyüledi. Erişim yılı: 2025 <https://tubitak.gov.tr/tr/haber/uc-asirlik-tillo-izleyenleri-buyuledi>
45. UNESCO. (2025). Tentative list entry. Erişim yılı: 2025 <https://whc.unesco.org/en/tentativelists/604/>
46. Çırak, B., & Yörük, A. (2015). Güneş ışığını kontrol ederek hocasının mezarının başucuna yansıtın bilim adamı: İbrahim Hakkı (Hz.). *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5, 13-27.
47. Chiabrando, F., Nex, F., Piatti, D., & Rinaudo, F. (2011). UAV and RPV systems for photogrammetric surveys in archaeological areas: Two tests in the Piedmont region (Italy). *Journal of Archaeological Science*, 38, 697-710.
48. Alyılmaz, C., Yakar, M., & Yılmaz, H. M. (2010a). Drawing of petroglyphs in Mongolia by close range photogrammetry. *Scientific Research and Essays*, 5(11), 1216-1222.
49. Alyılmaz, C., Alyılmaz, S., & Yakar, M. (2010b). Measurement of petroglyphs (rock of arts) of Qobustan with close range photogrammetry. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(5), 29-32.
50. Korumaz, A. G., Korumaz, M., Dulgerlera, O. N., Karasaka, L., Yıldız, F., & Yakar, M. (2010). Evaluation of laser scanner performance in documentation of historical and architectural ruins, a case study in Konya. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(5), 361-366
51. 4B Harita. (2025). Topcon Hiper SR GNSS/GPS. Erişim yılı: 2025 <https://www.4bharita.com.tr/proje/kopru-cozumleri/10-topcon/gnss-gps/56-hiper-sr.html>
52. DJI. (2025). *DJI Mini 3 specifications*. Erişim yılı: 2025 <https://www.dji.com/global/mini-3/specs>
53. Yakar, M. and Yılmaz, H.M. 2011b. Determination Of Erosion On A Small Fairy chimney, *Experimental Techniques*, doi: 10.1111/j.1747-1567.2010.00661.
54. Pulat, F., Yakar, M., & Ulvi, A. (2022). Yersel fotogrametrik yöntem kullanılarak fotogrametrik yazılımların karşılaştırılması: Hüsrev Paşa Camii örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 4(1), 30-40.
55. Yakar, İ., Hamal, S. N. G., Çelik, M. Ö., & Bilgi, S. (2021). Kültürel mirasın dokümantasyonu çalışmalarında farklı yazılımların karşılaştırılması: Dikilitaş (Theodosius Obeliski) örneği. *Geomatik*, 6(3), 217-226.
56. Ersen, A., Olgun, N., Akbulut, S. S., & Yıldırım, B. Ş. (2011). Süleymaniye Camii 2007-2009 yılları restorasyonu ve restorasyon kararları. *Vakıflar Restorasyon Yıllığı Dergisi*, 3, 7-27.
57. Tavşan, C., Ergin, H. E., & Aydıntan, E. (2014). Trabzon Bedesten restorasyon uygulaması. *Vakıflar Dergisi*, 42, 123-132.
58. Öner, C. Ö., Kutlu, G., & Bilginperk, C. (2015). Mimari restorasyon projelerinin uygulama sürecindeki zorluklar: Konak Kemeraltı'nda tarihi bir yapı örneği. In *5. Tarihi Eserlerin*

*Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu* (pp. 479–492).

59. Gönül Yıldırım, B., & Yaşar Balcı, S. (2019). Türkiye ve KKTC'de iç mimarlık eğitiminde koruma bilinci üzerine güncel bir araştırma. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 28(2), 294–311.
60. Yakar, M. & Yılmaz, H. M. (2025). The Use of Unmanned Aerial Vehicles in Cultural Heritage

Documentation. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 11(2), 496-509. <https://doi.org/10.26833/ijeg.1801614>.

61. Yakar, M., & Yılmaz, H. M. (2025). İnsansız Hava Araçları İle Konum Verilerinin Üretiminde Yer Kontrol Noktası Dağılımı. *Geomatik*, 11(1), 88-96.



© Author(s) 2025. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>