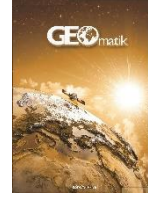




## GEOMATİK

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

e-ISSN 2564-6761



## İHA ve Yersel Fotogrametrik Teknikler Kullanarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 Boyutlu Nokta Bulutu ve Modelinin Üretilmesi

Ali Ulvi\*<sup>1</sup>, Murat Yakar<sup>1</sup>, Abdurahman Yasin YİĞİT<sup>2</sup>, Yunus Kaya<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği ABD, Afyonkarahisar, Türkiye

<sup>3</sup>Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği ABD, Şanlıurfa, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

Kızıl Kilise  
İHA  
Fotogrametri  
Belgeleme  
Kültürel Miras

### ÖZ

Ülkemizin her bir karış toprağı birçok uygarlığa ev sahipliğı yapmıştır. Bu topraklarda yaşayan bütün uygarlıklar bıraktıkları eserler ile kendi sosyal, kültürel vb. birçok alanda miraslarını gelecek nesillere en somut haliyle aktarmayı başarmışlardır. Anadolu'nun zenginliğini gösteren eserleri koruyup sahip çıkmak, gelecek nesillere orijinal haliyle aktarabilmek bizlerin kültürel görevlerindedir. Türkiye sahip olduğu kültürel miras nedeni ile tarihi eser koruma, yenileme ve belgeleme çalışmalarının olduğu bir konumdadır. Günümüzde veri elde etme teknolojilerinin gelişmesiyle beraber mimari eserlerin dijital ortama aktarılıp belgelenmesi ve başta restorasyon projeleri olmak üzere birçok alanda altlık olmaktadır. Tarihi kültürel mirasların belgelenmesinde sayısal fotogrametri tekniğı belgelenme çalışmalarında kullanılan yöntemlerden biridir. Bu çalışma Kapadokya'nın batısında, Aksaray ili sınırlarındaki Güzelyurt ilçesi, Sivrihisar köyü içerisinde bulunan Kızıl Kilise'nin belgeleme amaçlı fotogrametrik rölevo çalışmasını içermektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda Kızıl Kilise'nin dış cephesinin ölçekli çizimleri, üç boyutlu modeli ve nokta bulutları elde edildi. Sayısal fotogrametri tekniğı teknolojiyle beraber kendini sürekli yenilemekte olup bize kültürel mirasların belgelenmesi çalışmalarında zaman ve maliyet olarak donanım ve yazılımlar yardımıyla çok büyük kolaylıklar ve imkânlar sağlamaktadır.

## Production of 3 Dimensional Point Clouds and Models of Aksaray Kızıl Kilise by Using UAVs and Photogrammetric Techniques

### Keywords

Red Church  
UAV  
Photogrammetry  
Documentation  
Cultural Heritage

### ABSTRACT

All Lands of our country hosted to many civilizations. All civilizations that lived on these lands managed to show the works they inherited and their heritages in the social, cultural, and so many areas to the next generations in the most tangible states of them. Conserving and adopting the works showing the richness of Anatolia and being able to transfer them to the next generation in their original states are of our important duties. Turkey, due to cultural heritage it has, is in a position, in which there are intensive studies related to conserving, restoring, and documenting historical buildings. This study includes documentation- aimed photographic relief studies of Red Church (Kızıl Kilise), located in Sivrihisar village of the district Güzelyurt in the borders of the province Aksaray. As a result of the study, the scaled pictures of outer front, 3-dimensional model, and point clouds of Kızıl Kilise were obtained. Digital photogrammetry technique, together with the developing technology, is continuously renewing itself and presents many easiness and possibilities to us as time and cost by means of hardware and software.

\*Sorumlu Yazar

Kaynak Göster (APA)

(aliulvi@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-3005-8011  
(myakar@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-2664-6251  
(abdurahmanyasinyigit@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-9407-8022  
(yunuskaya@harran.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-2319-4998

ULVİ, A, YAKAR, M, YİĞİT, A, KAYA, Y. (2020). İha Ve Yersel Fotogrametrik Teknikler Kullanarak Aksaray Kızıl Kilisenin 3b Modelinin Ve Nokta Bulutunun Elde Edilmesi. Geomatik, 5 (1), 19-26. DOI: 10.29128/geomatik.560179  
Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/geomatik/issue/48883/560179>

## 1. GİRİŞ

Tarihi eserlerin gelecek kuşaklara hasara uğramadan aktarılması için ilk olarak dokümantasyonunun yapılması gereklidir. Kültürel varlıkların mevcut halleriyle veya günümüzdeki durumlarından elde edilecek verilerle üretilecek özgün halleriyle dokümantasyonunu yapmak; oluşmuş ve oluşacak hasarları görmede oldukça önemlidir (Duran, 2003).

Kızıl Kilise; Kapadokya'nın batısında, Güzelyurt bölgesi, Sivrihisar köyü yakınlarında, Melendiz Dağlarının karşısında büyük bir düzlüğün ortasındadır (Şekil 1). Hıristiyanlığın en önemli üç azizinden biri olan ve burada gömülen Nazianzlı Gregorius'a (330-390) ithaf edilmiştir.

VI. yüzyılın sonlarına tarihlenen Kızıl Kilise, serbest haç plan şemasına sahiptir. Üç kollu haç planlı kilisenin kuzey ve batı haç kolları arasında bir paralelzyon bulunmaktadır. Kızıl Kilise çatı örtüsü ayakta olan bu döneme ait bölgedeki tek kilisedir. Dış duvarlar ve kubbe ayakta iken haç kollarını örten tonozların büyük bir bölümü ise yıkılmıştır (Çelebioğlu ve Ağarıılmaz, 2008).



Şekil 1. Kızıl Kilise'si Genel Görünümü (URL-1)

Kızıl Kilise, 2008 yılında Dünya Anıtlar Fonu tarafından "Dünyanın En Fazla Tehlike Altında Bulunan 100 Tarihi Eseri Listesi" içerisinde yer almıştır. 2011 yılında restorasyonuna başlanan kilisenin kubbe kısmı tamamlanmış olup restorasyon çalışmaları devam etmektedir (URL-2).

Kızıl Kilise'nin dijital ortamda dokümantasyonunu yapmak için sayısal fotogrametri yöntemi ve İHA teknolojilerinden yararlanılmıştır.

Fotogrametrik yöntemde; istenilen formatta ürün alınabilmesi, hızlı olması, doğruluk olarak kıyaslanamayacak derecede üstün olması, verilerin dijital ortamlarda olması gibi nedenlerinden dolayı fotogrametrik yöntem rölöve çalışmalarında kullanımı kaçınılmaz olmuştur (Yakar vd., 2005).

Teknolojinin gün geçtikçe ilerlemesi ile birçok alanda kullanılmakta olan İHA'lar rölöve ve dokümantasyon çalışmalarında sıkça tercih edilmeye başlanmıştır. İHA'lar özellikle yersel fotogrametri çalışmalarında çatı gibi ulaşılması güç

alanların verilerinin elde edilmesinde büyük kolaylık sağlamıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Kızıl Kilise (Haçlı Kilise) İHA ile Çekilmiş Fotoğrafı

## 2. KÜLTÜREL MİRAS ve DÖKÜMANTASYON

Kültürel miras, bir toplumun üyelerine ortak geçmişlerini anlatan, aralarındaki dayanışma ve birlik duygularını güçlendiren bir hazinedir. İnsanların tarih boyunca biriktirdikleri deneyimlerin ve geleneklerin devamlılığını, geleceğin doğru kurulmasını sağlar. Tarihi ve kültürel miraslar sadece sahip olduğu önem nedeniyle değil aynı zamanda geçmişte yaşayan toplumların kültürlerinin öğrenilmesi açısından korunmalıdır (URL-3).

Türkiye birçok uygarlığa ev sahipliği yapmış olmasından dolayı tarihi ve kültürel bakımından dünyanın en zengin ülkelerinden biridir. Bu özelliğinden dolayı dünyanın birçok kesiminden tarihi yapıları ziyaretler yapılmaktadır. Tarihi eserlerde zamanla ortaya çıkan doğal ya da yapay yollardan oluşan tahribatları restore etmek ve bundan sonraki gelecek olan nesillere aktarmanın en güncel ve doğru yapılmasının yolu belgeleme çalışmaları ile başlamaktadır. Bu nedenle tarihi eserlerin belgelenmesi amaç doğrultusunda yapılacak çalışmalara başlamadan önceki ilk aşamadır.

Bu kapsamda literatürde birçok kültürel mirasın belgelenmesi çalışmalarında fotogrametrik teknikler kullanılmıştır.

Arca vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada Safranbolu tarihi kenti içerisinde özelliklerine göre seçilen farklı binaların yersel fotogrametri tekniği ile rölöveleri hazırlanmış ayrıca bu binalara ilişkin 3 boyutlu modeller üretilmiştir.

Grussenmeyer vd. (2008) yaptıkları bir çalışmada kültürel miras dokümantasyon projelerinde sıklıkla tercih edilen takeometri, fotogrametri ve yersel lazer tarama gibi farklı veri toplama yöntemlerinin avantajlarını ve dezavantajlarını ele almışlardır.

Arias vd. (2005) fotogrametri tekniğini İspanyol tarihi mirasına ait bir grup anıta ait bazı yapısal problemlerin zamansal değişimini tespit etmeyi, ölçmeyi, izlemeyi ve ayrıca kullanılan malzemelerin korunma derecesini değerlendirmeyi sağlayan önleyici bir yöntem olarak önermektedir.

Literatürde fotogrametri tekniği farklı disiplinlerin kültürel mirasın belgelenmesi çalışmalarında sıkça tercih edildiği görülmektedir.

## 2.1. Belgelemenin Önemi

Bir tarihi eserin belgelenmesinin faydaları şunlardır:

- Kayıt altına alınır
- Eserin fiziksel tanımı yapılabilir
- Güncel tahribat durumu ortaya çıkarılır
- Yapının günümüzde ne amaçlar için kullanılabilirliği değerlendirilebilir
- Mimari çalışmalar için rölöve örnekleri için veri toplanmış olur
- Restorasyon çalışmalarında altlık oluşturulur
- Dijital ortamda farklı amaçlar doğrultusunda işlenebilir
- Bu alanda çalışma yapacak araştırmacılara örnek teşkil eder

Kültürel mirasın belgelenmesinde doğru verilerin elde edilmesine yönelik yapılan çalışmalar teknolojinin de yardımıyla yeni tekniklerin ortaya çıkmasını sağlamıştır.

## 2.2. Belgeleme Teknikleri

Geleneksel yöntemler ve güncel yöntemler olarak ikiye ayrılabilir.

### 2.2.1. Geleneksel yöntemler

- Çizimsel Belgeler
- Yazılı Belgeler
- Görsel Belgeler
- Grafik(çizimle) Belgeleme
- Bilgi fişi/formların doldurulması olarak bilinmektedir.

### 2.2.2. Güncel yöntemler

- İleri Belgeleme Teknikleri
- Total station, Fotogrametrik ve Lazer Tarama Ölçme Yöntemi ile Arkeolojik ve Mimari Belgeleme
- Hava Fotogrametrisi (Balon, Uçak, Model Uçak, Model Helikopter) ve LIDAR (Hava Lazeri) Ölçme Yöntemi ile Arkeolojik ve Mimari Belgeleme
- Yer Altı Radarı (GPR) ile Ölçme Yöntemi ile Arkeolojik Belgeleme
- Batimetrik (Denizaltı) Ölçme Yöntemi ile Arkeolojik Belgeleme olarak bilinmektedir. (URL-4)

## 3. YERSEL FOTOGRAMETRİ ve İHA FOTOGRAMETRİSİ

Fotogrametri, fiziksel cisimler ve oluşturdukları çevreden yansıyan ışınların şekillendirdiği görüntülerin ve yaydıkları elektromanyetik enerjilerin kayıt, ölçme ve yorumlama işlemleri sonucu güvenilir bilgilerin elde edildiği bir teknoloji, bilim ve sanat dalıdır (Öksüz vd., 2011, Sönmez E.ve Şeker D.Z.,2014). Daha kısa bir tanım yapacak olursak; 2 boyutlu resimlerden 3 boyutlu model ve

üzerinden her türlü ölçü ve bilgi alınabilecek harita üretebilen bir sistemdir. Fotogrametri Resim çekim noktasına göre yersel ve hava fotogrametrisi olmak üzere sınıflandırılır.

Yersel fotogrametri yakın ve uzak mesafeli alanlarda üç boyutlu çizimlerin yapılmasını sağlayan bir yöntemdir. Farklı odak uzaklıklarındaki kameralar ve özel yazılımlar kullanılarak, gerekli yönlendirmeler yapılır ve fotoğraf yüzeyinden üç boyutlu modeller üretilir. Bu yöntem ile modelleri oluşturulan nesnelerin üç boyutlu konum bilgileri elde edilmektedir (Şanlıoğlu vd., 2013).

Yersel fotogrametri çok fazla uygulama alanlarında kullanılmaktadır. Bu alanlar, mimarlık, arkeoloji, endüstri, arazi ölçmeleri, tıp, kriminoloji, trafik kazaları ve bunların dışında birçok alanda tercih edilmektedir. Yazılımcılar tarafından geliştirilen CAD tabanlı programlar sayesinde yersel fotogrametrinin uygulama alanları kişinin hayal gücüne göre farklı alanlara kaymaktadır.

Hava Fotogrametrisi, havadan çekilmiş resimlerin değerlendirilmesi işlemi hava fotogrametrisi ile yapılır. Fotogrametri, harita yapımında geniş ölçüde hava fotogrametrisi ile gerçekleştirilmektedir. Bunun yanı sıra farklı alanlarda herhangi bir amaç doğrultusunda havadan çekilmiş resimlerden yararlanılmaktadır.

Teknolojinin gelişmesi ile özellikle harita, inşaat, arkeoloji ve mimari eserlerin restorasyon projelerine altlık olması için yapılan rölöve çalışmalarında yersel fotogrametriye ek olarak İHA teknolojisi gün geçtikçe daha etkin bir şekilde kullanılmaktadır. İnsansız hava araçları özel amaçlar için tasarlanmış, herhangi bir alandan kalkış ve iniş yapabilen, uzaktan kumandalı, yarı otomatik veya tam otomatik uçuş yeteneğine sahip araçlardır. Bu araçlar uçuş yeteneklerine göre uçak, helikopter veya zeplin olabilir (Eisenbeiss, 2009, Cömert R. vd.,2012).

Tarihi yapının yerden ve havadan resimlerinin çekilmesi ile rölöve planları, ortofoto, kesitler ve üç boyutlu modelleri elde edilebilmektedir. Yeterli veri elde edilebildiği ve bu veriler işlenip sonuç ürünü çıkarılabildiği takdirde tarihi bina ve yapıların dijital ortamdaki 3 boyutlu modellerinden üç boyutlu koordinatlar (X,Y,Z) yardımıyla tekrar inşası, koruma veya restorasyon çalışmaları için altlık oluşturulabilir.

Yersel fotogrametri ile çekilen resimlerde yakın resim çekme teknolojisi kullanıldığı için belgelenmek istenen yapının bazı kısımlarından istenilen ölçüde veri toplanamamaktadır. Bu noktada İHA teknolojisinden yararlanmak hem maddi hem de zaman açısından avantajlı olmaktadır. Bir İHA aracı ile proje alanının (Kızıl Kilise) etrafının 360° olacak şekilde fotoğraflanması kullanıcının bazı dezavantajları lehine olacak şekilde çevrilmesini sağlamaktadır. Özellikle mimari yapılarda yerden resim çekmenin en büyük dezavantajı çatı gibi yerden görüntülenmesi güç olan kısımlarda yaşanmaktadır. Bu ve bunun gibi yerden veri

toplaması zor olduğu durumlarda İHA teknolojisi kullanılması uygundur.

#### 4. ÇALIŞMA ALANI

Mülkiyeti hazineye ait L32-b-24-c pafta, 207 parselde bulunan tescilli Kızıl Kilise VI.yy sonuna tarihlenir. Kilise, Kapadokya'nın batısında, Güzelyurt bölgesi, Sivrihisar köyü yakınlarında, Melendiz Dağlarının karşısında büyük bir düzlüğün ortasındadır. 1830 m. rakımlı Sivrihisar köyü, Aksaray'a 51 km. Güzelyurt'a 5 km. mesafede yer alan (Şekil 3), üzerinde Helenistik döneme ait bir kalenin yer aldığı Şahin Tepe Dağı'nın (2050 m) eteklerinde kurulmuş yarı-trogloditik bir yerleşimdir (Çelebioğlu ve Ağaryılmaz, 2008).



**Şekil 3.** Kızıl Kilise (Haçlı Kilise) Konumu  
38°15'35.32"K, 34°25'42.65"D

Kilisenin kuzeyinden geçen antik yol, H. Rott'a göre Bizans döneminde Konstantinopolis'ten Antioche' a ulaşmak için, askerlerin kullandığı bir güzergâhtır (Roth, 1908).

Yapının etrafında eseri fotoğraflamaya engel olabilecek herhangi bir doğal ya da yapay unsur bulunmaması, ulaşımın kolay olması ve etrafının açık olması çalışma alanının olumlu yanlarını oluşturmaktadır.

#### 5. UYGULAMA

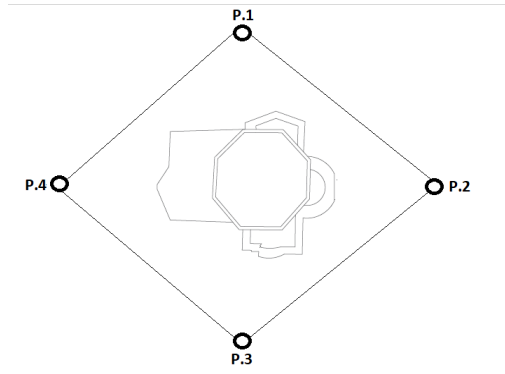
##### 5.1. Veri Toplama

Bu bölümde yapıya ait detay noktaları ve fotoğrafların toplanmasına değinilmiştir.

Detay noktalarının alımı için ilk olarak çalışma alanında sabit nokta tesisi için gerekli olan istikşaf çalışmaları yapılmıştır. İstikşaf çalışmaları sonucunda belirlenen 4 noktaya poligonların tesisi gerçekleştirilmiştir (Şekil 5). Tesis edilen poligonlar ve detay noktaların ölçümünde 7003i-İmaging-Total-Station jeodezik ölçme aleti (Şekil 4) kullanılmıştır. Kilise yüzeyi üzerinde homojen bir şekilde 18 adet kontrol noktası seçilerek bunların jeodezik koordinatları (X,Y,Z) lokal olarak hesaplanmıştır. Detay noktaların alımında yapı üzerinde kolay tespit edilebilen ve yapının karakteristik özelliklerini yansıtan keskin kırık noktalar tercih edilmiştir.



**Şekil 4.** Arazide Kullanılan Ölçüm Cihazı (Prizmasız :  $\pm (5\text{mm})$  mse Prizmalı :  $\pm (3\text{mm} + 2\text{ppm} \cdot D^*)$  mse (MSE: Mean Square Error: Karesel Ortalama Hata)



**Şekil 5.** Poligon Noktalarının Konumu

Kiliseye ait fotoğraflar, yer bazlı (yersel) ve havadan çekim sureti ile toplanmıştır. Yersel resimlerin çekiminde çözünürlüğü 18 MP, Piksel boyutu 4.29  $\mu\text{m}$  olan Canon EOS 100D makinesi kullanılmıştır (Şekil 6).



**Şekil 6.** Canon EOS 100D Dijital Fotoğraf Makinesi

Havadan çekilen resimlerde ise Phantom 3 Professional İnsansız Hava Aracında (İHA) entegreli olan 12.76 MP çözünürlüğe sahip Sony EXMOR kamera kullanılmıştır (Şekil 7).

Fotoğraflar 30m yükseklikten farklı açılardan ve bindirmeli olarak elde edilmiştir.





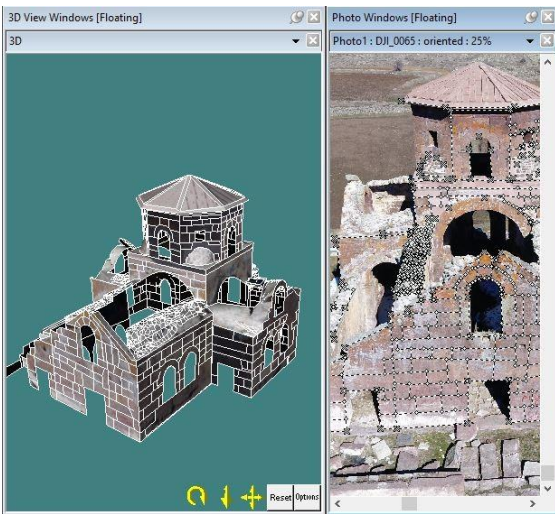
Şekil 7. Phantom 3 Professional İHA (url-5)

## 5.2. Verilerin Fotogrametrik Değerlendirilmesi

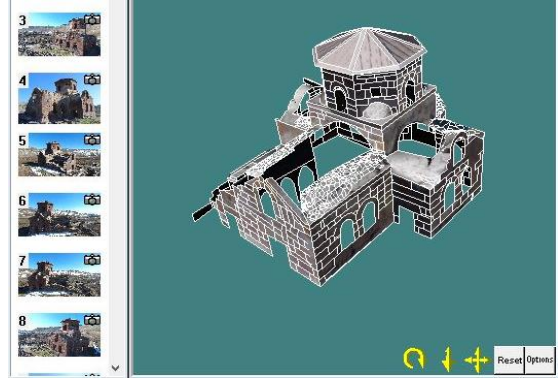
Toplanan fotoğraf ve detay nokta verilerinin değerlendirilmesi Photomodeler UAS ve Agisoft Photoscan yazılımlarında gerçekleştirilmiştir.

### 5.2.1 Verilerin Photomodeler UAS Yazılımında Değerlendirilmesi

Photomodeler yazılımında Canon EOS 100D makinesi ile yer bazlı çekilen 27 adet fotoğraf ve 18 adet detay noktası kullanılmıştır. İlk olarak yazılıma yapıya ait fotoğraf ve detay nokta verileri tanıtılmıştır. Detay noktalar kullanılacak olan fotoğraflar üzerine manuel olarak işaretlenerek birleştirme ve dengeleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Fotoğraflar dengelendikten sonra her bir detay tek tek çizilmesi suretiyle yapıya ait temel iskeletin 3 boyutlu çizimi elde edilmiştir. Bu çizimler kullanılarak yapıya ait katı model elde edilmiştir. Son olarak katı modele araziden çekilen fotoğraflar vasıtasıyla yüzey giydirilmiş ve yapının 3 boyutlu modeli elde edilmiştir. Modele ait 429 adet manuel nokta, 377 çizgi (line), 44 eğri (curve), 166 yüzey (surface) ve 1024x1024 piksel kalitesinde doku bulunmaktadır.



Şekil 8. (Sol): Detay Çizimin 3 Boyutlu Model Üzerindeki Görünümü, (Sağ): Fotoğraf Üzerindeki Detay Çizim



Şekil 9. Yüzey Giydirilmiş ve Detay Çizimin Olduğu 3 Boyutlu Model

### 5.2.2. Verilerin Agisoft Photoscan Yazılımında Değerlendirilmesi

Agisoft PhotoScan yazılımında Phantom 3 Professional İnsansız Hava Aracı'nda entegreli olan Sony EXMOR kamerasından elde edilen RGB (Red/Kırmızı-Green/Yeşil-Blue/Mavi) fotoğraflar kullanılmıştır.

Agisoft PhotoScan yazılımı yöntem olarak Hareket ile Nesne Oluşturma (Structure from Motion-SFM) yöntemini kullanmaktadır. SFM, fotoğraflanan nesneyi yeniden oluşturmak için birçok konum ve yönden üst üste binen iki boyutlu fotoğraflardan bir özellik veya topografyanın üç boyutlu modellerini oluşturmak için kullanılan fotogrametrik bir yöntemdir.

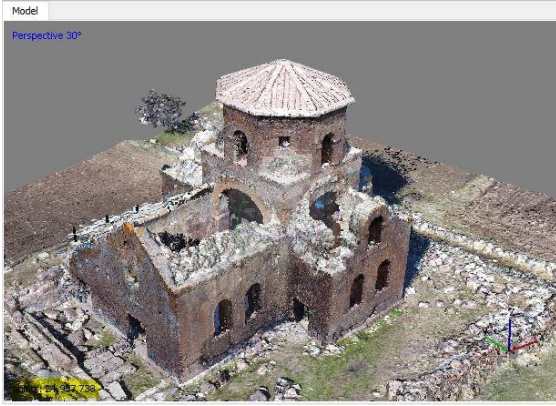
Bu teknoloji 1979'dan bu yana çeşitli biçimlerde var olmuştur (Ullman, 1979), ancak 2000'lerin başlarına kadar uygulamalar yaygın değildi. SFM tekniği, üç boyutlu bir nesnenin farklı açılardan çekilmiş çok sayıda görüntülerini kullanarak, nesneyi sayısal ortamda üç boyutlu olarak modelleyebilen bir yöntemdir.

Geleneksel fotografik teknikler geometrik modelleme için kamera ve kontrol noktalarının hassas 3 boyutlu konum ve oryantasyon bilgilerine ihtiyaç duyarken, SFM yönteminde model geometrisi ve kamera pozisyon ve oryantasyon bilgisi aynı anda ve otomatik olarak hesaplanabilir (Snaveily vd., 2008, Önal vd., 2017).

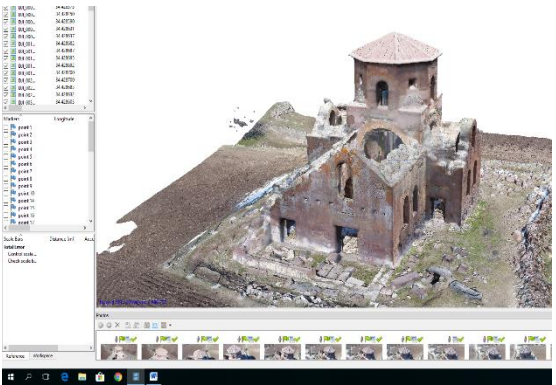
SFM'nin uygulamaları, birçok jeoloji alt alanından (jeomorfoloji, tektonik, yapısal jeoloji, jeodezi, madencilik) arkeolojiye, mimarlığa ve tarıma kadar geniş bir yelpazededir. Ortorektife edilmiş görüntülere ek olarak, SFM, havadan veya karasal lidar tarafından üretilenlere benzer şekilde yoğun bir nokta bulutu veri kümesi üretir.

İlk olarak yazılıma fotoğraflar eklenmiştir. Yazılımın eklenen fotoğrafları algılaması için hizalama işlemi (Align Photos) yapılmıştır. Hizalama işleminde program, fotoğrafların modelleneyecek olan kiliseye uzaklıklarını ve çekim konum noktalarının hesaplanmasına yardımcı olacak olan bağ noktaları kümesini (Tie Points-152,147 adet) oluşturur. Bu işlemden sonra kilise üzerinden alımı gerçekleştirilen 18 adet detay noktası işaretlenmiştir. Detay noktaları ile beraber 3 boyutlu

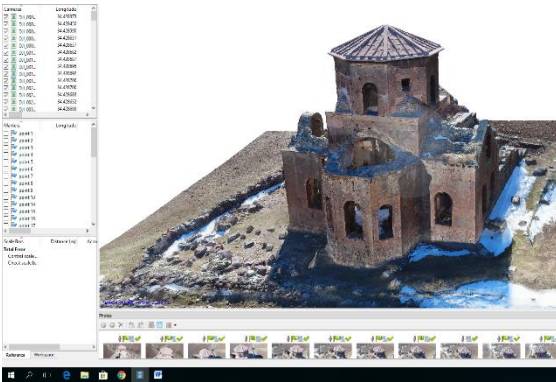
olarak kilisenin nokta bulutu oluşturulmuştur (Build Dense Cloud-24,957,738 adet). Kilisenin nokta bulutu oluşturulduktan sonra 3 boyutlu yüzeyler oluşturulur (Build Mesh-4,991,490 yüzey). Son olarak oluşturulan 3 boyutlu yüzeylere kilisenin fotoğrafları kaplanır (Texture-8196\*8196 piksel). Yapılan işlemler sonucunda Kızıl Kilise'nin 3 boyutlu modeli 5.46 mm/pixel yer örnekleme aralığı ile elde edilmiştir.



Şekil 10. Yoğun Nokta Bulutu (24,957,738 Point)



Şekil 11. 8196x8196 Piksel Kalitede 3 Boyutlu Model (Kızıl Kilise'nin Giriş Tarafı)



Şekil 12. 8196x8196 Piksel Kalitede 3 Boyutlu Model (Kızıl Kilise'nin Arka Tarafı)

## 6. DOĞRULUK ANALİZİ

Elde edilen 3 boyutlu modele yönelik konumsal hatayı tespit etmek için doğruluk analizi yapılmıştır. Bu işlem için jeodezik ölçme aleti ile elde edilen arazi koordinatları ile 3 boyutlu model üzerinden alınan

test verileri değerlendirilmiştir. Ölçme aleti ile alınan koordinatlar kesin koordinat olarak kabul edilmiştir. Aynı koordinat değerleri her iki yazılımda da değerlendirilerek farkları hesaplanarak noktaların x,y,z yönündeki karesel ortalama hataları hesaplanmıştır.

Şekil 13'te Photomodeler yazılımına ilişkin şekil 14'te ise Agisoft PhotoScan yazılımına ilişkin değerler verilmiştir. Elde edilen modelin karesel ortalama hataları dikkate alındığında x,y,z koordinatlarında ortalama konum hatası; Photomodeler yazılımında  $\pm 20.4$  mm ve Agisoft yazılımında  $\pm 17.1$  mm olarak bulunmuştur (Şekil 15).

N.N	Elektronik Uzaklık Ölçer (Kesin Koordinatlar)			Photomodeler Yazılımından Elde Edilen Koordinatlar		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	1007.051	1999.675	301.597	1007.059	1999.691	301.61
4	1004.62	2006.486	303.703	1004.609	2006.469	303.712
5	1004.431	2006.671	304.894	1004.442	2006.665	304.877
8	1007.051	1999.667	304.231	1007.042	1999.654	304.225
13	1009.975	1996.731	306.524	1009.962	1996.72	306.515
17	1018.397	1994.414	298.622	1018.408	1994.428	298.611
19	1023.198	1991.621	300.182	1023.195	1991.638	300.2
22	1022.323	1994.291	306.99	1022.308	1994.304	307.001
29	1053.967	2006.151	304.052	1053.985	2006.156	304.04
33	1058.125	2005.288	303.36	1058.119	2005.283	303.377
38	996.368	2023.973	300.863	996.377	2023.957	300.872
47	979.029	2028.84	304.788	979.022	2028.835	304.801
50	979.068	2029.957	301.206	979.078	2029.953	301.201
56	983.284	2032.226	301.133	983.274	2032.228	301.148
61	987.567	2032.707	301.681	987.555	2032.716	301.673
63	987.971	2031.39	300.476	987.959	2031.403	300.46
65	991.952	2031.622	302.039	991.961	2031.617	302.036
69	991.158	2027.031	301.668	991.175	2027.021	301.659

Şekil 13. Photomodeler Yazılımına ait değerler

N.N	Elektronik Uzaklık Ölçer (Kesin Koordinatlar)			Agisoft PhotoScan Yazılımından Elde Edilen Koordinatlar		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	1007.051	1999.675	301.597	1007.039	1999.67	301.587
4	1004.62	2006.486	303.703	1004.63	2006.474	303.698
5	1004.431	2006.671	304.894	1004.423	2006.68	304.887
8	1007.051	1999.667	304.231	1007.036	1999.657	304.238
13	1009.975	1996.731	306.524	1009.97	1996.716	306.51
17	1018.397	1994.414	298.622	1018.404	1994.405	298.632
19	1023.198	1991.621	300.182	1023.187	1991.617	300.171
22	1022.323	1994.291	306.99	1022.333	1994.278	306.982
29	1053.967	2006.151	304.052	1053.985	2006.156	304.04
33	1058.125	2005.288	303.36	1058.117	2005.306	303.365
38	996.368	2023.973	300.863	996.356	2023.979	300.855
47	979.029	2028.84	304.788	979.034	2028.835	304.792
50	979.068	2029.957	301.206	979.059	2029.961	301.201
56	983.284	2032.226	301.133	983.291	2032.22	301.128
61	987.567	2032.707	301.681	987.563	2032.719	301.675
63	987.971	2031.39	300.476	987.984	2031.398	300.471
65	991.952	2031.622	302.039	991.944	2031.631	302.049
69	991.158	2027.031	301.668	991.152	2027.018	301.652

Şekil 14. Agisoft PhotoScan Yazılımına ait değerler

Photomodeler							Agisoft PhotoScan						
Vi Farklar (mm)							Vi Farklar (mm)						
N.N	Vx	Vy	Vz	VxVx	VyVy	VzVz	N.N	Vx	Vy	Vz	VxVx	VyVy	VzVz
1	8	16	13	64	256	169	1	-12	-5	-10	144	25	100
4	-11	-17	9	121	289	81	4	10	-12	-5	100	144	25
5	11	-6	-17	121	36	289	5	-8	9	-7	64	81	49
8	-9	-13	-6	81	169	36	8	-15	-10	7	225	100	49
13	-13	-11	-9	169	121	81	13	-5	-15	-14	25	225	196
17	11	14	-11	121	196	121	17	7	-9	10	49	81	100
19	-3	17	18	9	289	324	19	-11	-4	-11	121	16	121
22	-15	13	11	225	169	121	22	10	-13	-8	100	169	64
29	18	5	-12	324	25	144	29	18	5	-12	324	25	144
33	-6	-5	17	36	25	289	33	-8	18	5	64	324	25
38	9	-16	9	81	256	81	38	-12	6	-8	144	36	64
47	-7	-5	13	49	25	169	47	5	-5	4	25	25	16
50	10	-4	-5	100	16	25	50	-9	4	-5	81	16	25
56	-10	2	15	100	4	225	56	7	-6	-5	49	36	25
61	-12	9	-8	144	81	64	61	-4	12	-6	16	144	36
63	-12	13	-16	144	169	256	63	13	8	-5	169	64	25
65	9	-5	-3	81	25	9	65	-8	9	10	64	81	100
69	17	-10	-9	289	100	81	69	-6	-13	-16	36	169	256

Vi farklar (mm)				Vi farklar (mm)			
	Vx	Vy	Vz		Vx	Vy	Vz
Vmin	3	2	3	Vmin	4	4	4
Vmax	18	17	18	Vmax	18	18	16
Vort	10.6	10.1	11.2	Vort	9.3	9.1	8.2
m	11.5	11.5	12.3	m	10.3	10.2	9.1
mxyz	20.4			mxyz	17.1		

Şekil 15. Photomodeler ve Agisoft PhotoScan yazılımına ait hata değerleri

## 7. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada Aksaray ilinde bulunan Kızıl Kilisenin 3 boyutlu modeli Yersel fotogrametrikler ve İHA kullanılarak elde edilmiştir. Fotogrametri tekniği uzun yıllardır tarihi ve kültürel eserlerin belgelenmesinde ve röleve çalışmalarında klasik yöntemlere göre kullanıcıya zaman, maliyet, hassasiyet ve görsellik olarak avantajlar sağlamaktadır. Çalışmada 2 farklı fotogrametrik yazılım kullanılmıştır. Photomodeler yazılımının çizimsel yeteneği ön plana çıkarırken Agisoft yazılımının ise nokta bulutu üretim özelliği ön plana çıkmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen hassasiyet değerleri göz önünde bulundurulduğunda, çalışmaya ait 3B model restorasyon çalışmalarında altlık olarak kullanılabilir. Ayrıca tarihi eserlerin sayısal verilerinin dijital kütüphanelerde bulundurulması çeşitli disiplinlerin daha sonraki çalışmalarında ve gelecek nesillere aktarılmasında büyük kolaylık sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

Arca, D., Bayık, Ç., Acar, H., Alkan, M., ve Şeker, D.Z. (2011). Safranbolu Tarihi Kenti Örneğinde Dökümantasyon Çalışmalarında Fotogrametri Ve Cbs'nin Birlikte Kullanımı. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 18-22 Nisan, Ankara.

Arias, P., Herráez, J., Lorenzo, H., ve Ordóñez, C. (2005). Control of Structural Problems in Cultural Heritage Monuments Using Close-Range Photogrammetry and Computer Methods Control of Structural Problems in Cultural

Heritage Monuments Using Close-Range Photogrammetry and Computer Methods. Computers and Structures Volume 83, Issues 21-22, Pages 1754-1766.

Cömert R., Avdan U., ve Şenkal E. (2012). İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları Ve Gelecekteki Beklentiler. IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012), 16-19.

Çelebioğlu, B., ve Ağaryılmaz, İ. (2008). Kapadokya'da Kızıl Kilise. YTÜ Mim. Fak. E-Dergisi, 3(2), 155-161.

Duran Z. (2003). Tarihi Eserlerin Fotogrametrik Olarak Belgelenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemine Aktarılması. Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Eisenbeiss, H. (2009). UAV Photogrammetry. ETH Zurich for the degree of Doctor of Science, ISSN 0252-9335 . ISBN: 978-3-906467-86-3.

Grussenmeyer, P., Landes, T., Voegtler, T., ve Ringle, K. (2008). Comparison Methods of Terrestrial Laser Scanning, Photogrammetry and Tacheometry Data for Recording of Cultural Heritage Buildings. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B5. Beijing.

Büyükmihçı, G., Kozlu, H., Kılıç, A., Ve Karahan, S. (2015). Çepni Surp Sarkis Ermeni Kilisesi Restorasyon Çalışmaları. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (39), 42-66.

Korumaz, A.G., Dülgerler, O.N., ve Yakar, M. (2011). Kültürel Mirasın Belgelenmesinde Dijital Yaklaşımlar. S.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 26(3), 67-83.

Maraş, E.E., Hacıfendioglu, K., Birinci, F., ve Uslu, G. (2016). Tarihi Köprülerin Dökümantasyonu İçin Dijital Fotogrametri ile 3B Modellerinin Oluşturulması ve Dinamik Analizlerinin Yapılması (Tarihi Kurt Köprüsü Örneği). Harita Dergisi (155).

Öksüz, M., Yıldırım, Ç., Sağlam, Ö., Karaarslan, Y., Görmüş, K., ve Kutoğlu, Ş.H. (2011). Zonguldak Kozlu Bölgesi'nin Su Baskınlarına Yönelik Risk Araştırması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. Ankara.

Önal, O., Bozdağ, Ö. ve Ersoy, A. (2017). İzmir Agorası'ndaki Roma Dönemine Ait Hamam Yapısının SFM Tekniği İle 3 Boyutlu Katı Modelinin Oluşturulması. Uluslararası Katılımlı

6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu.

Rott, H., Michel, K., Messerschmidt, L., Weber, W. (1908). Kleinasiatische Denkmäler aus Pisidien, Pamphylien Kappadokien und Lykien. Leipzig.

Snavely, N., Seitz, S.M., ve Szeliski, R. (2008). Modeling the World from İnternet Photo Collections. International Journal of Computer Vision 80, 189-210

Sönmez E. ve Şeker D.Z. (2014). İzmir Havagazı Fabrikası 4 Nolu İdari Binasının Yersel Fotogrametri Yöntemiyle Modellenmesi. V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), İstanbul.

Şanlıoğlu İ., Zeybek M., ve Karauğuz G. (2013). Photogrammetric Survey and 3D Modeling of İvriz Rock Relief in Late Hittite Er. Mediterranean Arhaeology and Archaeometry, Vol. 13, No 2

Ullman, S. (1979). The interpretation of structure from motion. Sydney Brenner The interpretation of structure from motion203Proc. R. Soc. Lond. Bhttp://doi.org/10.1098/rspb.1979.0006

Yakar, M., Yıldız, F., ve Yılmaz, H. (2005). Tarihi Ve Kültürel Mirasların Belgelemede Jeodezi Fotogrametri Mühendislerinin Rolü. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. Ankara.

URL1-

[https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C4%B1z%C4%B1l\\_Kilise#/media/File:K%C4%B1z%C4%B1l\\_kilise.jpg](https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C4%B1z%C4%B1l_Kilise#/media/File:K%C4%B1z%C4%B1l_kilise.jpg)

URL2-

<http://kuvvetlitabanlar.com/kapadokya/>

URL3-

<http://www.cekulvakfi.org.tr/proje/cekulun-kulturel-miras-anlayisi>

URL4-

<http://www.akropol.com.tr/mimarlik/rolove.html>

URL5-

<https://www.dji.com/phantom-3-pro>