

# ARKEOLOJİK ALANLARIN DOKÜMANTASYONUNUN YERSEL LAZER TARAMA VE İHA TEKNİKLERİ İLE ELDE EDİLMESİ: KONYA YUNUSLAR ÖRNEĞİ

A.Ulvi<sup>a</sup>, \*, M. Yakar<sup>b</sup>, A.Y. Yiğit<sup>c</sup>, Y. Kaya<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Selçuk Üniversitesi, Hadim MYO, Konya, Turkey - [aliulvi@selcuk.edu.tr](mailto:aliulvi@selcuk.edu.tr)

<sup>b</sup> Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği ABD, Mersin, [Türkiye-myakar@mersin.edu.tr](mailto:Türkiye-myakar@mersin.edu.tr)

<sup>c</sup> Harita Mühendisi - [abdurahmanyasinyigit@gmail.com](mailto:abdurahmanyasinyigit@gmail.com)

<sup>d</sup> Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği ABD, Şanlıurfa- Turkey - [yunuskaya@harran.edu.tr](mailto:yunuskaya@harran.edu.tr)

**ANAHTAR KELİMELER:** Arkeoloji, Yersel Lazer Tarama, Nokta Bulutu, Kültürel Miras, Yersel Fotogrametri, Belgeleme

## ÖZET:

Türkiye'nin bulunduğu coğrafi konum, tarih boyunca birçok medeniyeti bünyesinde barındırmıştır. Bundan dolayı bu topraklar üzerinde yaşamış çeşitli medeniyetlere ait azımsanmayacak sayıda somut kültürel miraslar hala varlığını sürdürmektedir. Bu kültürel miraslar zamanla doğal ya da doğal olmayan sebeplerden dolayı tahribatlara maruz kalmışlardır. Bu eserlerin istenilen şekilde korunabilmesi için öncelikle yapılması gereken ilk ve en önemli adım bu yerlerin belgelenmesidir. Belgeleme çalışmalarının hızlı ve güvenilir şekilde tamamlanabilmesi için ise teknolojiyen faydalanılması büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışma; Müzeler Genel Müdürlüğü tarafından Konya ili Yunuslar mahallesinde yürütülen kazı çalışmasında bulunan yaklaşık 1400 yıllık tarihe sahip taban mozaiki ve diğer arkeolojik alanın belgelenmesini içermektedir. Arkeolojik alanın belgelenmesi Yersel lazer tarayıcı ve İnsansız Hava aracından yararlanılarak yersel fotogrametri tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Lazer tarama işlemi FARO Focus3D X 330, İnsansız hava aracı olarak ise DJI Phantom 3 Pro cihazları kullanılmıştır. Çalışma sonunda kazı alanına ait nokta bulutlarından yararlanılarak belgeleme çalışması yapılmıştır.

## OBTAINING THE DOCUMENTATION OF ARCHAEOLOGICAL AREAS BY TERRESTRIAL LASER SCANNING AND UAV TECHNIQUES: THE CASE OF KONYA YUNUSLAR

**KEY WORDS:** Archeology, Terrestrial Laser Scanning, Point Cloud, Cultural Heritage, Terrestrial Photogrammetry, Documentation

## ABSTRACT:

The geographical position of Turkey has hosted many civilizations throughout history. For this reason, there are still a considerable amount of tangible cultural heritage belonging to various civilizations that have lived on this land. These cultural heritage has been damaged over time due to natural or unnatural reasons. The first and most important step to be taken in order to protect these heritages in the desired way is to document these places. It is important to use technology in order to complete documentation works quickly and reliably.

This study includes the documentation of the floor mosaic dating back nearly 1400 years, which was found during the excavation work by the General Directorate of Museums in the Yunuslar District of Konya province and the documentation of the other archaeological site. Documentation of the archaeological site was carried out with the Close Range photogrammetry technique by using the Terrestrial laser scanner and unmanned aerial vehicle. FARO Focus3D X 330 was used for laser scanning process and DJI Phantom 3 Pro was used for Unmanned aerial vehicle. At the end of the study, the documentation was made by using the point clouds of the excavation area.

## 1. GİRİŞ

Üzerinde yaşadığımız coğrafya, tarihin tüm dönemlerinde çeşitli medeniyetlere ev sahipliği yapmıştır. İnsanlığın varoluşundan bu yana yaşadığı alanda izlerini bırakma alışkanlığı, eski dönemlerde inşa edilen ve günümüzde hâlâ varlığını sürdüren yapıları meydana getirmiştir. Bu yapılar bizlere şu anda bile yüzyıllar öncesinin atmosferini yansıtmakta, adeta bizlere zamanda yolculuk yapma fırsatı vermektedir.

Kültürel ve doğal miraslar doğal ya da beşeri sebeplerden dolayı yok olma tehlikesi altındadır. Dolayısıyla bize tarihin tozlu sayfalarından kesitler sunan bu eşsiz eserleri korumak bizlerin başlıca görevidir. Bir tarihi eserin korunması onun görsel ve sayısal verilerinin elde edilmesiyle başlar. Bu sebepten dolayı gelişen teknoloji koşullarının da yardımıyla tarihi eserlerin belgelenmesinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri de çağımızın önemli teknolojilerinden olan lazer ışını ve fotoğrafın bütünlük halde kullanılmasıdır. Bu şekilde tarihi yapıya ilişkin çok sayıda veri yeterli hassasiyetle

elde edilebilmekte ve gerekli yazılımlar yardımıyla objenin sayısal verileri ve 3B modeli elde edilebilmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte belgeleme çalışmalarında geleneksel yöntemler yerini modern yöntemlere bırakmaktadır. Bu noktada fotogrametri tekniği yıllardır arkeolojik ölçmeler, kültürel mirasın dokümantasyonu ve 3B modellenmesi uygulamalarında hızlı, verimli, ekonomik ve güvenilir bir biçimde veri ve yöntem sağladığı için sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı: yersel lazer tarayıcı yardımıyla hassas nokta bulutları elde edilerek ve fotogrametri tekniği ile fotoğraflar üzerinden yersel lazer tarayıcılar kadar hassas nokta bulutları elde etmeye imkân sağlayan paket yazılımlar kullanılarak; arkeolojik kazı alanının düşük maliyette, yüksek çözünürlüğe ve doğruluğa sahip 3B modelinin üretilmesidir.

## 2. KAZI ALANLARININ BELGELENMESİNİN ÖNEMİ

Tarihi kent alanları ve yapılar, kentlerin kimliğini oluşturmaları açısından önemlidir. Bu nedenle tarihî alanlar ile yapılarının korunması ve sürdürülebilirliği o kentin kimliğinin korunmasına ve gelişimine katkı sağlar (Somuncu ve Kurtar, 2013).

Kültürel ve doğal miras niteliğindeki yapı ve alanlar bize tarihin farklı zamanlarında farklı medeniyetlerden ipuçları vermekte ve hatta destansı olayların izlerini bizlere yaşatmaktadır. Zaman geçtikçe bu yapıların deforme olması ve yok olma eğilimine girmesi yadsınamayacak bir gerçektir. Ancak teknoloji ilerledikçe ve insanlığı bilim üzerinde daha detaylı çalışmalar yaptıkça bu eşsiz alan ve yapılarla olan ilgi artmakta ve onları korumak için yapılan çalışmalar günden güne gelişmektedir. Bu gelişmeler sonucunda ortaya çıkan en önemli çalışmalardan biri de kültürel eserlerin belgelenmesidir. Tarihi eserlerin belgelenmesi ve sayısal ortama aktarılabilmesi için uzun yıllardır farklı ve çok sayıda yöntem kullanılmıştır ancak şu ana kadar kullanılan hiçbir yöntem fotoğraf çekmekten daha pratik çözümler sunamamıştır. Yapılan birçok kazı çalışmasında bulunan mozaik vb. hassas tarihi kalıntıların ortaya çıkarılması, temizlenmesi ve belgelenmesi uzun süreçler almaktadır.

Uygulamalar öncesinde, sırasında ve sonrasında çekilen fotoğraflar ve uygulama raporları, kazı sezonları arasında veya kazı sezonu tamamlandıktan sonra yararlanabilecek yegâne bilgi kaynağını oluşturur. Arkeolojik alanlarda ortaya çıkan mozaikler bir sezondan diğerine çok kolay değişime uğrayabilmektedir. Bu nedenle belgeleme, konservasyon çalışmalarının gerçekleştirilmesinde de önemli bir araç niteliği taşımaktadır (Percy ve Salzman, 1999).

## 3. BELGELEME YÖNTEMLERİ

### 3.1. Geleneksel Yöntemler

Geleneksel belgeleme yöntemlerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- Yazılı belgeleme (Rapor): “Yazılı belgeleme “Çalışma Durum/Ön İnceleme Raporu”, “Çalışma Ara Raporu” ve “Çalışma Raporu” gibi farklı aşamalarda hazırlanan üç farklı belgeleme türünü kapsar.
- Fotoğrafik belgeleme: Konservasyon çalışmalarında kullanılan temel görsel belgeleme türüdür.
- Grafik (çizimle) belgeleme: Mozaiklerin genelde 1/1 oranda çizilerek kayıt altına alınması esasına dayanır.

•Bilgi fişi /formlarının doldurulması: Mozaiklerin yapım ve teknik özellikleri ile mevcut korunma durumlarının tespit edilmesine yönelik hazırlanmaktadır. Bilgi fişi/formlarının doldurulması, bilgilerin kontrollü bir biçimde kayda geçirilmesini sağlamakta; ayrıca gerçekleştirilecek fotoğrafik ve grafik belgelemeler için planlamayı kolaylaştırmaktadır.

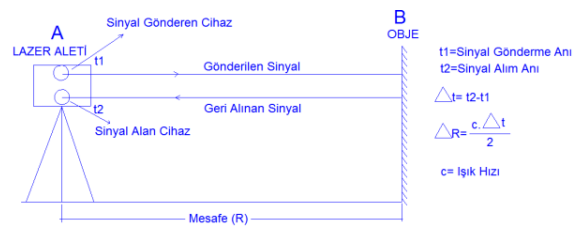
•Analizler/Arkeometrik incelemeler: Mozaiklerde malzeme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen Analiz/Arkeometrik inceleme, çalışma öncesinde sit alanındaki örnekleme ve daha sonraki laboratuvar incelemelerinden oluşmaktadır (Şener, 2012).

### 3.2. Güncel Yöntemler (Yersel Lazer Tarama, Yersel Fotogrametri, İHA Fotogrametrisi)

Son zamanlarda kültürel mirasın belgelenmesi; arkeolojik kazı çalışmaları vb. uygulamalarda yersel lazer tarama, yersel fotogrametri ve İHA fotogrametrisi tekniği ile yapılmaktadır.

#### 3.2.1. Yersel Lazer Tarama Yöntemi

Yersel lazer tarama yöntemi objelerin doğrudan, hassas ve otomatik olarak 3 boyutlu koordinatlarının elde edilmesini sağlayan bir teknolojidir (Reshetyuk, 2009). Yersel lazer tarama teknolojileri, özellikle mühendislik projeleri ve kültürel mirasın kayıt işlemleri gibi alanlarda uygulama alanı bulmaktadır (Licht ve Gordon, 2004). Bu teknoloji, kültürel miras nesneleri için yüksek hassasiyetli 3 boyutlu modellerin oluşturulması, nesne ile ilgili yüksek oranda detay içermesi, yüksek çözünürlüklü eşleşme, değişim izleme ve sunum imkânına sahip olduğu için kültürel mirasa ve arkeolojik alanlara yönelik yapılan çalışmalarda farklı amaçlar için kullanılabilir (Fabris vd., 2009). Yersel lazer tarama; kontrol birimi, tarayıcı, tripod ve güç kaynağından oluşur. Genel olarak bir lazer tarayıcıda; Lazer uzaklıkölçer (lazer telemetre), açı ölçüm birimi, lazer ışını saptırma birimi bulunur.



Şekil 1. Tipik atımlı lazer telemetrenin çalışma prensibi (Ulvi, 2014)

Lazer verici kısa sinyaller yayar. Bu sinyaller iki bölüme ayrılır. Biri alıcıya diğeri objeye gönderilir. AGC (otomatik kontrol) aracılığıyla zaman ölçme birimi çalışır. Genel olarak sinyalin şekli Gaussian eğrisidir. Sinyal obje yüzeyine ulaştığında yüzey taranır ve lazer sinyali geri saçılır. Saçılan sinyallerin bir bölümü lazer tarayıcıya geri döner ve sinyalin ışınma gücü elektrik akımına çevrilir. t zamanı 100 MHz gibi yüksek frekanslı asilatör saat ile dijital sayım teknikleri kullanılarak belirlenir.

### Yersel Lazer Tarama yönteminin Geleneksel Ölçüm Yöntemlerine Göre Üstün Kılan Özellikleri

- 3 boyutlu yapıların geometrik özellikleri hızlı ve detaylı şekilde belirlenir.
- Maliyet ve zaman açısından büyük ölçüde avantaj sağlar.
- Geleneksel yöntemlerin başarısız olduğu yoğun bitki örtüsüne sahip alanlar, yanına varılması tehlikeli yapı ve alanlarda kolaylıkla veri toplanabilir.
- Veri elde etmek için ışığa ihtiyaç duymaz.
- Kısa süre içerisinde çok sayıda lazer ışını yönlendirdiği için alan veya objede boş alanlar bırakmaz.
- Veriler çok amaçlı kullanılabilir.

### Yersel Lazer Teknolojisinin Kullanım alanları

- 3 boyutlu şehir modelleme
- Binaların, yapıların uygun bakımını sağlamak için yapı incelemeleri, risk keşifleri, çürüme kontrolleri
- Bir ülkenin alt yapı tesislerinin belirlenmesi
- Mevcut tesislerin tam dijital modelinin elde edilmesi
- Mühendislik yapıları için deformasyon izleme çalışmaları
- Kesit, alan ve hacim hesapları
- Mimari çalışmalar
- Arkeoloji
- Tarihi yapıların detaylı durumu ve hasar değerlendirilmesi

#### 3.2.2. Yersel Fotogrametri

Fotogrametri; cismin bir veya birkaç resminden yararlanarak uzaydaki şeklini, boyutlarını ve konumunu incelikli olarak belirlemeyi amaç edinmiş bir daldır diyebiliriz. Resimler üzerinde yapılan ölçmelerde kullanılan bu tekniğin genel yararı cismin ayrıntılı olarak tam bir görünümünü vermektir (URL, 1). Fotogrametri yöntemini kısaca iki boyutlu resimlerden üç boyutlu model elde etmek olarak tanımlayabiliriz.

Alım merkezinin yer üzerinde bir nokta olması durumunda uygulanan fotogrametrik yöntem 'yersel fotogrametri' denir. (Yakar ve Mhammed, 2016)

Yersel fotogrametri ile veri toplama yöntemi genellikle dijital bir el kamerası ile gerçekleştirilmektedir. Yer merkezli, dijital el kamerası ile çekilen fotoğraflarda genellikle eserin üst taraflarının fotoğrafik verilerinin eksik olduğu gözlemlenmiştir. Bu sorun; alçak irtifadan, insan hayatını riske atmadan uçabilen insansız hava araçları ile ortadan kalkmıştır.

#### 3.2.3. İHA Fotogrametrisi

İHA: 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).

İHA global ölçekte en yaygın olarak uygulama alanı bulduğu ilk beş sektör; emlak ve inşaat, fotogrametri (havadan ölçme), film/hava fotoğrafçılığı, tarım ve havadan izleme (takip) faaliyetlerini içermektedir. İHA fotogrametrisi özellikle tarım, madencilik, havadan fotoğrafçılık, emlak sektörlerinde kendine yer açmıştır (Torun, 2017).

İHA'lar teknolojinin ile birlikte gelişmeye devam etmiş var daha birçok alanda kullanılmaktadır. İHA'nın tercih edildiği her alanda kullanıcıya birçok fayda sağlamaktadır. Bu faydaların en başında zaman ve maliyet gelmektedir.

## 4. ÇALIŞMA ALANI

Kazı alanı, Konya-Beyşehir arasında, Konya merkeze 60, Beyşehir ilçe merkezine 30 kilometre uzaklıkta Yunuslar Mahallesi'nin merkezinde bulunan bir alandır.



Şekil 2. Kazı Alanının Konumu

Yapılan kazı çalışmaları sırasında, kaynaklarda 'Konan' diye bir isim geçmektedir. Buradaki kapı ağzının hemen üst kısmında bir satırlık kitabe bulunmaktadır. Daha önce yonca tarlası olarak kullanılan arazide, insan, hayvan figürleri ve kitabenin yer aldığı 1400 yıllık olduğu belirtilen taban mozaikler mevcuttur (URL, 2).

## 5. MATERYAL METOT

Yeni nesil veri toplama yöntemi olan lazer tarama teknolojisi arazi detay noktalarının üç boyutlu olarak koordinatlandırılmasında oldukça kullanışlı ve hassas bir yöntemdir. Bu çalışmada lazer tarama işlemi FARO Focus3D X 330 tarayıcısı ile gerçekleştirildi.



Şekil 3. FARO Focus3D X 330 (URL, 3)

| Focus 3D X 330 Özellikleri   |
|--|
| Lazer sınıfı: Lazer sınıf 1  |
| Ölçüm hızı: saniyede 976,000 noktaya kadar                             |
| Mesafe Focus3D X 330:0.6-330m  |
| Mesafe hatası: ± 2mm   |
| Multi-Sensör: GPS, Pusula, Yükseklik Sensörü, Çift Eksenli Kompensatör |
| Entegre renkli kamera: 70 mio. piksele kadar                           |
| Boyut: 240 x 200 x 100mm   |
| Ağırlık: 5,2 kg  |
| Tarayıcı kumanda: Dokunmatik ekran                                     |

Tablo 1. FARO Focus3D X 330 Teknik Özellikleri (URL, 3)

Kazı alanında elde edilen lazer verilerinin anlamlı bir şekilde ülke koordinat sistemine dönüştürülebilmesi ve nokta bulutlarının sağlıklı bir şekilde birleştirilebilmesi için arazinin karakteristik noktalarının belirlenmesi gereklidir. Bunun için de TOPCON KS-102 Totalstation kullanılmıştır.



Şekil 4. TOPCON KS-102 (URL, 4)

|                               |                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| Tek prizma ile 2300 m mesafe  | 230 m reflektörsüz mesafe            |
| Mesafe hassasiyeti 2mm + 2ppm | Dahili 24.000 nokta hafıza           |
| Çift taraflı klavye           | Tamamen Türkçe menü                  |
| IP54 Su geçirmezlik standardı | Tek batarya kullanım süresi 14 saat  |
| Yol programı                  | Detay alım (Koordinatlı, açı mesafe) |
| Geriden kestirme              | En kesit & Alan hesabı               |

Tablo 2. TOPCON KS-102 Teknik Özellikleri (URL, 4)

Kazı alanının yersel fotogrametri tekniği ile belgelenmesi ve 3B modelinin oluşturulması için çalışma alanını olabildiğince kapsayacak bindirmeli fotoğraflara ihtiyaç vardır. Bu amaçla yer merkezli olmak üzere arazinin fotoğraflanması gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5. Pentax Optio RZ18 fotoğraf makinesi (URL, 5)

Tablo 3. Pentax Optio RZ18 teknik özellikleri (URL, 5)

|                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| Toplam megapiksel             | 16.60                |
| Maks. görüntü çözünürlüğü     | 4608 x 3456          |
| Optik & Dijital yakınlaştırma | 18x & Evet           |
| Odak uzaklığı                 | 25 - 450 mm          |
| Maksimum açıklık              | f3.5 - f5.9          |
| Ağırlık & Boyutlar            | 190 g & 109x61x36 mm |

Özellikle yersel fotogrametri tekniği ile belgeleme ve 3B modelleme çalışmasında yer merkezli fotoğraf çekimlerinde çeşitli eksiklikler oluşmaktadır. Bu sebeple teknolojinin gelişmesi ile hemen hemen her alanda yer edinen İHA'lar

yardımıyla havadan fotoğraf toplama işlemi bu eksiklikleri büyük ölçüde kapatmaktadır. Bu amaçla çalışma alanına ait havadan fotoğrafılama işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6. Phantom 3 Professional, kontrol ünitesi (URL, 6)

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| Ağırlık                 | 1.280 Gram             |
| Max Hız & Tırmanış/İniş | 16 m/s & 5 m/s – 3 m/s |
| Kamera & Video          | 12.76 MP & 4K          |
| Max İrtifa              | 6.000m                 |
| Uçuş Süresi             | Yaklaşık 23 Dk         |
| Çalışma Isısı           | 40 C                   |
| Navigasyon              | GPS/GLONASS            |

Tablo 4. Phantom 3 Professional teknik özellikleri (URL, 6)

## 6. KAZI ALANININ 3B MODELİNİN ELDE EDİLMESİ

Çalışmamız arazi çalışması ve ofis çalışması olmak üzere 2 aşamada gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışması detay ölçümü, yerden ve havadan fotoğraf çekimi ve tarama işlemini kapsamaktadır. Ofis çalışması ise ölçülen detayların değerlendirilmesi, çekilen fotoğrafların dengelenmesi, modellenmesi; taramaların birleştirilmesi ve yorumlanması kısmından oluşmuştur.

### 6.1. Arazi Çalışması

İlk olarak kazı alanının çevresinde sabit nokta tesisi için gerekli olan istikşaf çalışmaları yapılmıştır. İstikşaf çalışmaları sonucunda belirlenen 3 noktaya poligonların tesisi gerçekleştirilmiştir. Tesis edilen poligonlar jeodezik ölçme aleti olan Totalstation TOPCON KS-102 ile iki yarım silsile yöntemi kullanılarak koordinatlandırılmıştır.



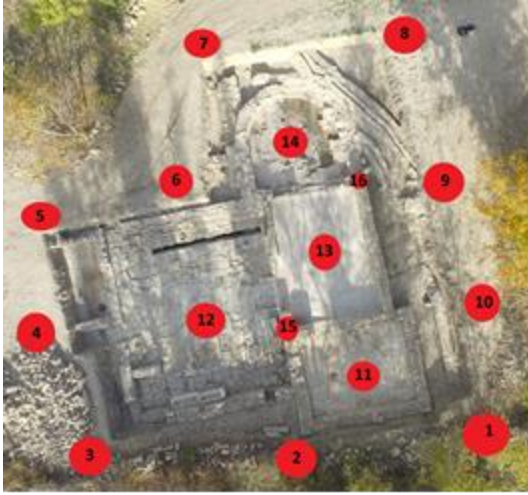
Şekil 7. Arazi ölçüm işlemi ve krokisi

Paket yazılımlar aracılığıyla yersel fotogrametri ve İHA fotogrametrisi teknikleri kullanarak yapılacak olan belgeleme ve 3B model çalışması için yerden ve havadan arazinin fotoğraf verileri toplanmıştır.

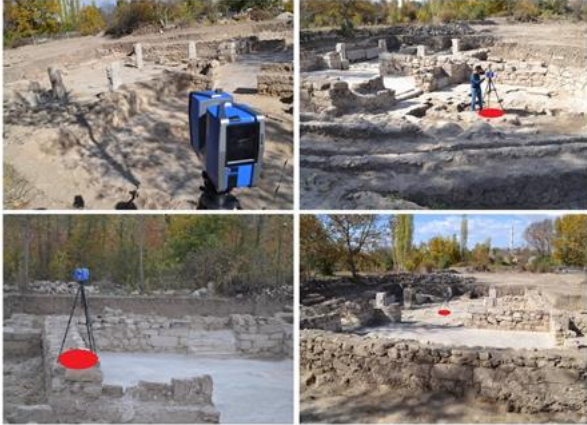


Şekil 8. Yerden ve havadan fotoğrafı örneği

Lazer tarayıcı alımı yapılacak alanın büyüklüğüne bağlı olarak 16 farklı yere kurulmuş ve tarama işlemi yapılmıştır.



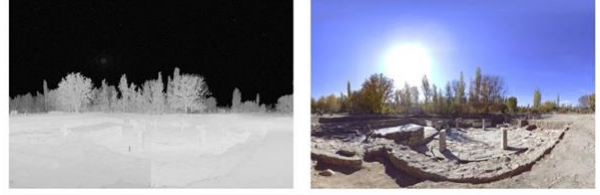
Şekil 9. Arazide kurulan lazer tarama cihazının konumları



Şekil 10. Kazı alanına ait lazer tarama oturumları

Lazer tarama cihazı ile taranan yüzey arasındaki mesafe, nokta bulutu verisinin çözünürlüğünü doğrudan etkilemekte ve lazer tarama cihazından taranacak yüzeye gelen ışınlar da nokta bulutu verisinin kalitesini etkilemektedir. Çalışma yapılan kazı alanındaki her detay tarihi açıdan öneme sahip olduğundan her bir detayın eksiksiz olarak elde edilmesi gerekmektedir. Çalışma alanındaki seramik ve duvarların eksiksiz bir şekilde modellenmesi için lazer tarama cihazının odaların tabanına ve duvarların üzerinde kurulması uygun görülmüştür. Kazı alanındaki tüm detayları kapsayacak şekilde ve lazer tarayıcının bir oturumda tarayamadığı kör noktaları diğer bir oturumda elde

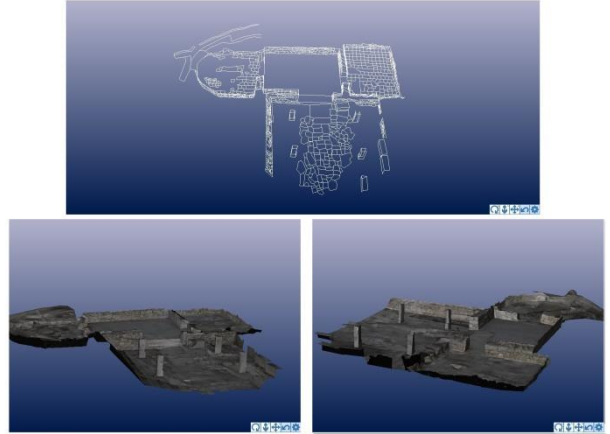
edebilmek ve nokta veri kümelerini birleştirirken bir düzen içerisinde olabilmek amaçlı 10 tanesi arazinin çevresinde ve 6 tanesi de iç kısımda olmak üzere toplam 16 oturum yapılarak tarama işlemi gerçekleştirilmiştir. Taramaların süreleri ise taranacak objelerin detay yoğunluğuna bağlı olarak değişmekte olup ortalama her taramanın süresi 20 dakika sürmüştür. Lazer tarama cihazı her taramanın sonunda taradığı nokta kümelerine RGB (kırmızı-yeşil-mavi) renk değerlerini atamak için 360° panoramik fotoğraflar elde etmektedir. Bu RGB değerleri verileri işleme, birleştirme ve ayırma gibi ofis çalışmalarında önemli kolaylıklar sağlamakta ve daha sonra elde edilecek 3B modelin görsel kalitesini artırmaktadır.



Şekil 11. Tarama sonrası çekilen panoramik fotoğrafın siyah-beyaz ve RGB'li hali (5. oturuma ait)

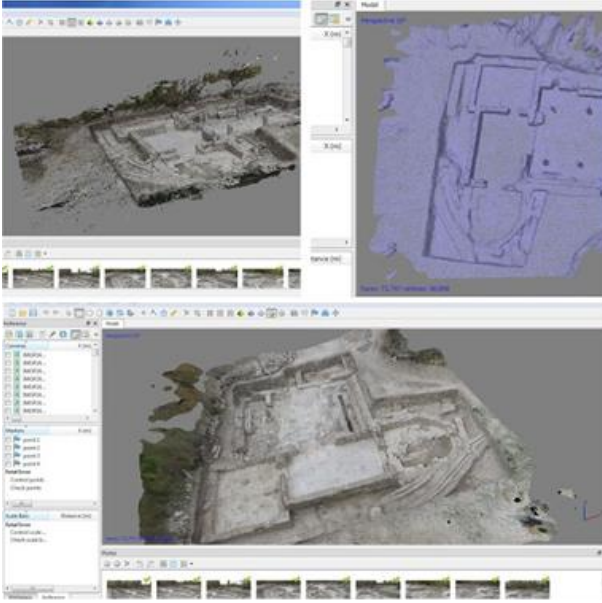
## 6.2. Ofis Çalışması

Sadece yer merkezli olarak çekilen 25 fotoğraf ile Photomodeler yazılımında, araziden toplanan detay noktalar referans kabul edilerek manuel olarak dengeleme işlemi yapılmıştır. Daha sonra Her bir detayın çizimi gerçekleştirilerek yüzey kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir ve arazinin 3B modeli elde edilmiştir.



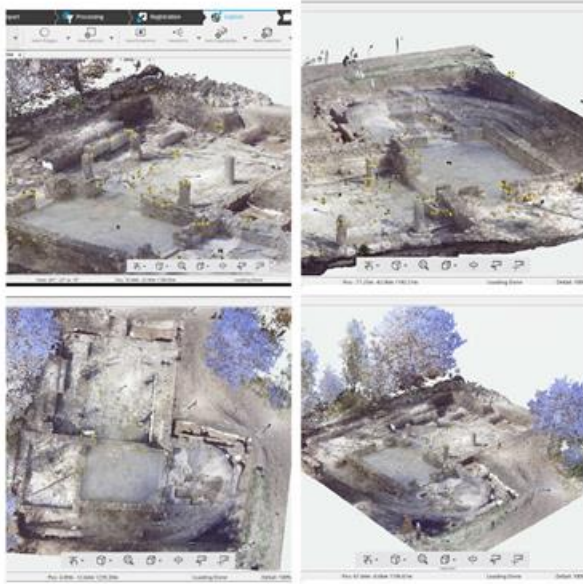
Şekil 12. Photomodeler yazılımında elde edilen 3B model

Yer merkezli ve İHA yardımıyla elde edilen toplam 125 fotoğraf ile Agisoft Photoscan yazılımında İHA fotogrametrisi uygulanmıştır. İlk olarak araziden toplanan detay noktalar ile fotoğrafların dengelenmesi işlemi yapılmıştır. Ardından otomatik olarak fotoğraflar üzerinden yoğun nokta bulutu oluşturulmuş, yüzey (mesh) geçirme işlemi tamamlanmış ve modele homojen bir doku (texture) giydirilmiştir. 3B modelin pikselini keskinleştirmek için build tiled işlemi uygulanarak kazı alanının 3B modeli elde edilmiştir.



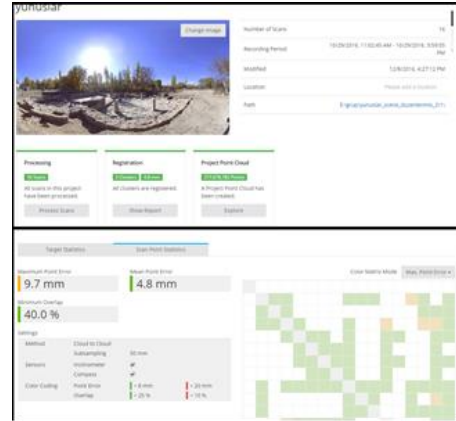
Şekil 13. Agisoft yazılımında elde edilen 3B model

Lazer tarama teknolojisi ile veri toplama yöntemi diğer veri elde etme yöntemlerine göre daha kolay ve ekonomiktir. Fakat her teknolojinin olumlu tarafı kadar olumsuz tarafları da olmaktadır. Bu yöntemin en önemli olumsuz tarafı çok fazla veri olmasıdır. Nokta kümelerini birleştirmeden önce gereksiz nokta verilerini ayıklamak gerekir. Tüm oturumlardan elde edilen birbirinden bağımsız nokta bulutları, arazide alımı yapılan detay noktalar ve gerekli görüldüğü durumlarda 3 Boyutlu nokta bulutu değerlendirme yazılımı içerisinde bulunan yerel noktalar kullanılmak suretiyle manuel olarak yazılımda birleştirilmiş ve dengelenmiştir. Birleştirme ve dengeleme işlemleri sırasında arazideki objelerin keskin köşe noktaları ve belirgin detaylar tercih edilmiştir. Kazı alanına ait elde edilmiş olan tarama verileri yersel lazer tarayıcı cihazını üreten firmanın sunmuş olduğu üç boyutlu nokta bulutu değerlendirme yazılımında birleştirilerek arkeolojik kazı alanının 3 boyutlu görüntüsü elde edilmiştir.



Şekil 14. Yersel lazer tarama sonucun oluşan 3 boyutlu model (sarı renkli noktalar birleştirmede kullanılan detay noktalar) Kazı alanının 3 Boyutlu modelinin elde edilmesinde 277 milyondan fazla taranmış nokta kullanılmıştır. Bu taramalar

sonucunda elde edilen model ortalama 4.8 mm hassasiyete ve minimum %40 oranında taramalar arasında bindirmeye sahiptir.



Şekil 15. Birleştirme ve dengeleme raporu (16 oturum & 277,678,712 nokta )

## 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tarihi yapılar, yüzyıllar öncesinde yaşamış olan toplumların yaşantılarını günümüze yansıtan en önemli somut kaynakların başında gelmektedir. Bunların birçoğu toprak altında keşfedilmeyi beklemektedir. Günümüze kadar gelmeyi başaranların ise bir kısmı kullanılabiliriyorken diğerleri ne yazık ki doğal ya da doğal olmayan sebeplerden dolayı yok olmanın eşiğindedir. Bundan dolayı geçmişimizi canlı bir şekilde gözler önüne seren tarihi eser ve alanlarımızın dokümantasyonunu yapmak oldukça önemlidir. Bu belgeleme çalışmaları uzun yıllardır farklı yöntemlerle yapılmakta ve değişik doğrulukta veriler elde edilmektedir.

Günümüzde minimum maliyetle hızlı ve güvenilir 3 boyutlu veri elde etmek oldukça önemlidir. 3 boyutlu modelleme ve belgeleme çalışmalarında uzun yıllardır yersel fotogrametri yöntemi farklı disiplinlerce tercih edilmiştir. Yersel fotogrametri tekniği temel olarak yer bazlı fotoğrafıma içerdiği için özellikle büyük boyuttaki objelerin modellenmesinde bazı eksiklikler yaşanmaktadır. İHA teknolojisinin bu alanda kullanılmasına başlandıktan sonra havadan fotoğraf çekilerek yer bazlı fotoğraflara ek olarak kullanılması karşılaşılan bazı sorunlara çözüm olabilmektedir. Ek olarak yoğun nokta bulutu üretmek ve bu verileri işleyip değerlendirmek güçlü donanımlara sahip bilgisayarlar gerektirmektedir. Bu anlamda biz bu her iki veri toplama ve işleme metodunu bir rakip olarak görmekten ziyade birbirini tamamlayan yöntemler olarak görmekteyiz.

Teknolojinin bu önlenemez ilerleyişi ile yeni teknikler ve yöntemler hâlâ bizlere çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Çağımızda çok farklı disiplinlerde hayatımızı kolaylaştıran lazer ışını bu anlamda önemli yapıların dokümantasyonlarının oluşturulmasında zaman, maliyet ve ölçü doğruluğu açısından optimum veriler vermekte ve belgelendirme çalışmalarına yeni bir boyut kazandırmaktadır. Lazer tarama teknolojisi yeni bir teknoloji olmasına rağmen kullanım alanları oldukça geniştir. Özellikle son yıllarda; 3 boyutlu şehir modelleme, mühendislik yapıları için deformasyon izleme çalışmaları, mimari çalışmalar, haritacılık işlemleri, tarihi yapıların detaylı durumu ve arkeolojik çalışmalarda lazer tarama teknolojisi ön plana çıkmaktadır. Kazı çalışmasında bulunan objelerin detaylarının fazlalığına göre, tarama cihazının tarama kalitesini artırılması detayların gerçeğe daha yakın elde edilmesine olanak sağlayacaktır. Lazer tarama

teknolojisi her ne kadar hızlı ve ekonomik bir yöntem olsa da elde edilen nokta kümelerinin bir kısmı anlamsız bilgiler içermektedir. Bu anlamsız bilgileri maskelemek operatör için ekstra dikkat ve zaman isteyen bir süreç olmaktadır. Ayrıca yoğun nokta bulutlarının birleştirilmesi işlemi bilgisayarın RAM ve ekran kartı ile doğrudan ilişkilidir. Birleştirme çalışmasında yüksek kapasiteli RAM ve ekran kartına sahip bilgisayarların kullanılması ofis çalışmasının süresini kısaltacaktır.

### KAYNAKLAR

Somuncu, M., Kurtar, C., 2013, Kentsel Kültürel Mirasın Korunması ve Sürdürülebilirliği: Ankara Hamamönü Örneği, Ankara Araştırmaları Dergisi

C. Pearcy – E. Salzman, 1999, "Guidelines Documentation of On-site Conservation Activities-Arazide Konservasyon Çalışmalarının Belgelenmesi", Field Notes, Practical Guides for Archaeological Conservation and Site Preservation - Kazı Notları Arkeolojik Konservasyon ve Antik Yerleşimlerin Korunması için Pratik Rehberler, Sayı: 8, Ankara, 1-4.

Şener, Y.S., 2012, Arkeolojik Alanda In situ (Yerinde) Mozaik Koruma Yöntemleri, JMR 5, 2012 201-220

Ulvi, A., Yakar, M., 2014, Yersel Lazer Tarama Tekniği Kullanarak Kızkalesi'nin Nokta Bulutunun Elde Edilmesi ve Lazer Tarama Noktalarının Hassasiyet Araştırması, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 6, No: 1, 2014 (25-36)

Reshetyuk, Y. "Self-Calibration and Direct Georeferencing in Terrestrial Laser Scanning", Doctoral thesis in Infrastructure, Geodesy, Royal Institute of Technology (KTH), Department of Transport and Economics Division of Geodesy, 2009

Lıchtı, D. D., Gordon, S.J. "Error Propagation in Directly Georeferenced Terrestrial Laser Scanner Point Clouds for Cultural Heritage Recording", FIG Working Week, Athens, Greece, May 22-27, 2004. Teknolojik Araştırmalar: HTED 2012 (1) 1-18 Mimari Belgelemede Yersel Lazer Tarama Yönteminin Uygulanması.

Fabris, M., Achilli, V. Artese, G., Boatto, G., Bragagnolo, D., Concheri, G., Meneghello, R., Menin, A., Trecroci A. (2009). "High Resolution Data From Laser Scanning and Digital Photogrammetry Terrestrial Methodologies Test Site: An Architectural Surface", ISPRS, 2009, Vol. 38, Part 3/W8pages.43-48.

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

Torun, A. (3-6 Mayıs 2017). İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektörü Ve İHA Fotogrametrisinin Ölçme Bağlamında Konumlandırılması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. Ankara.

Yakar, M., Mhammed, O. "Yersel Fotogrametrik Yöntem İle İbadethanelerin Modellenmesi", Selçuk-TeknikDergisi Cilt 15, Sayı:2-2016.

URL1.,<http://www.motifharita.com/careers/> (30.03.2019)

URL2.,<http://arkeofili.com/konyada-1400-yillik-aslan-ve-savasci-mozaiigi-bulundu/#.WFa7dFWLTIU> (30.03.2019)

URL3.,<https://www.faro.com/tr-tr/urunler/construction-bim-cim/faro-focus/#main> (30.03.2019)

URL4.,<http://www.paksoytekni.com.tr/index.php/total-station-ve-nivo/prizmasiz-total-station/topcon-ks-102> (30.03.2019)

URL5.,[https://www.digicamdb.com/specs/pentax\\_optio-rz18/](https://www.digicamdb.com/specs/pentax_optio-rz18/) (30.03.2019)

URL6.,<https://www.dronmarket.com/urun/dji-phantom-3-professional-drone>(30.03.2019)