



## Yersel lazer tarama (YLT) yönteminin kültürel mirasın dokümantasyonunda kullanımı: Alman Çeşmesi örneği

Mehmet Özgür Çelik<sup>\*1</sup>, Seda Nur Gamze Hamal<sup>2</sup>, İrem Yakar<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

Yersel Lazer Tarama  
Kültürel Miras  
3B Model

### ÖZ

Tarihi kültürel miraslar, geçmişle gelecek arasında köprü görevi görmektedir. Bu mirasların korunması ve gelecek nesillere aktarılabilmesi amacıyla belgelenmesi (dokümantasyon) son derece önem arz etmektedir. Dokümantasyon çalışmalarında, gelişen ve ilerleyen teknolojiyle birlikte yersel lazer tarama (YLT) yöntemi tercih edilmeye başlanmıştır. YLT yönteminde taranan objeye ait üç boyutlu (3B) nokta bulutu hızlı bir şekilde elde edilebilmektedir. Elde edilen bu nokta bulutundan kültürel mirasın 3B modeli üretilebilmektedir. Bu çalışmada YLT tekniği ile elde edilen verilerin kültürel mirasın dokümantasyonu çalışmalarında kullanılabilirliğini araştırılmıştır. Çalışma alanı olan Alman Çeşmesi, YLT tekniğini kullanan bir yersel lazer tarayıcı ile taranmış, tarama verileri ticari bir yazılımda birleştirilmiş ve kültürel mirasa ait 3B model oluşturulmuştur. Üretilen modelin kültürel mirasın belgelenmesi çalışmasında kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir.

## The Use of Terrestrial Laser Scanning (TLS) Method in Documentation of Cultural Heritage: Case Study of German Fountain

### Keywords

Terrestrial Laser Scanning  
Cultural Heritage  
3D Model

### ABSTRACT

Historical cultural heritage acts as a bridge between the past and the future. It is extremely important to document (documentation) to protect these heritages and transfer them to future generations. In the documentation studies, terrestrial laser scanning (TLS) method has started to be preferred with the developing and advancing technology. In the TLS method, the three-dimensional (3D) point cloud of the scanned object can be quickly obtained. 3D model of cultural heritage can be produced from the obtained point cloud. In this study, the usability of the data obtained with the TLS technique in the documentation of cultural heritage was investigated. The German Fountain was scanned with a terrestrial laser scanner using the TLS technique. Scanning data were combined in commercial software, and a 3D model of cultural heritage was created. In order to investigate the usability of the produced model in the study of documenting cultural heritage, an accuracy analysis was conducted.

\*Sorumlu Yazar

(mozgurcelikersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0003- 4569- 888X  
(sedanurgamzehamal@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-1050-3088  
(yakari@itu.edu.tr) ORCID ID 0000 - 0002 - 7823 - 9674

Kaynak Göster (APA);

Çelik M Ö, Hamal S N G & Yakar, İ (2020). Yersel Lazer Tarama (YLT) Yönteminin Kültürel Mirasın Dokümantasyonunda Kullanımı: Alman Çeşmesi Örneği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 2(1), 15-22.

## 1. GİRİŞ

Tarihi önemi bulunan kültürel miras niteliğindeki taşınmazlar, geçmişle gelecek arasındaki önemli köprülerden biridir. Bu mirasın korunması ve gelecek nesillere aktarılabilmesi amacıyla belgelenmesi (dokümantasyon) son derece önem arz etmektedir.

Türkiye coğrafi konumu, sahip olduğu doğal kaynaklar ve geçmişte çeşitli ticaret yollarının durak noktasında olması gibi etkenlerden dolayı tarih boyunca birçok farklı medeniyete ev sahipliği yapmıştır (Ulvi vd. 2020). Bundan dolayı Türkiye, birbirinden farklı pek çok kültürel miras ögesini bünyesinde barındırmaktadır (Kültür ve Turizm Bakanlığı 2020). Kültürel miraslarda zamanla doğal veya yapay etkenler sonucunda meydana gelen deformasyonların tespit edilmesi, rolöve, restitüsyon ve restorasyon çalışmaları için dokümantasyon işleminin yapılma gerekliliği doğmaktadır (Yakar vd. 2005; Bitelli 2007). Gelişen ve ilerleyen teknolojiyle dokümantasyon işlemlerinde geleneksel yöntemlere ek olarak farklı teknik ve yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Bunlardan başlıcaları; hava fotogrametrisi, yersel fotogrametri, yersel lazer tarama (YLT) yöntemidir. Bu yöntemler, klasik yöntemlere göre hassasiyet, doğruluk, zaman ve hız avantajı sunmaktadır (Ulvi vd. 2020; Çelik vd. 2020a; Ağca, 2016; Licht & Gordon 2004).

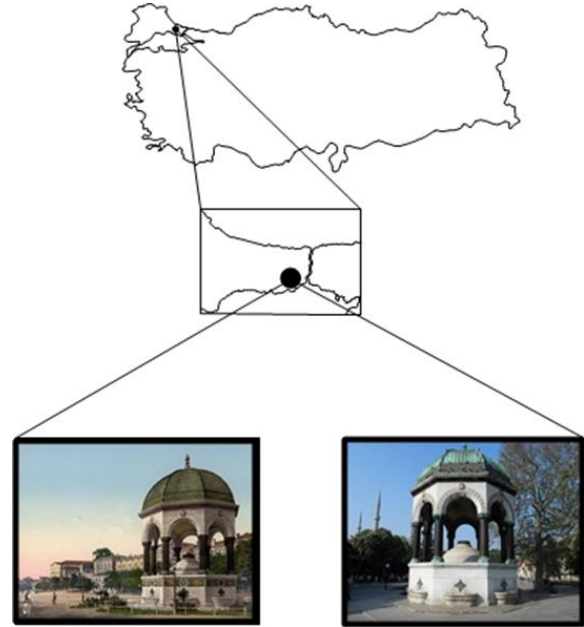
Geçmiş uygarlıkların ve bulunduğu coğrafyanın izlerini taşıyan, tarihe ışık tutan yazı ve detayları içeren kültürel miras niteliğindeki varlıkların epigrafik açıdan incelenmesi ve bu bağlamda dokümantasyonun oluşturulması çalışmalarında YLT tekniği sıklıkla tercih edilmeye başlanmıştır. Bu teknik LİDAR (Light Detection and Ranging-Işık Tespiti ve Mesafe Ölçme) sistemi içerisinde yer almaktadır (Yakar vd. 2020). Bu yöntemde taranan objeye ait üç boyutlu (3B) nokta bulutu (nokta verisi kümesi) hassas ve hızlı bir şekilde elde edilebilmektedir. Elde edilen nokta bulutundan kültürel mirasın 3B modeli oluşturulabilmektedir. Bu model mirasın iç-dış mimari özelliklerinin belirlenmesi, cephe uzunluklarının tespit edilmesi, iki boyutlu (2B) çizimim yapılması, mirasın zarar görmesi halinde restorasyon çalışmaları için bir altlık görevi üstlenmektedir (Akyol & Duran 2014; Duran vd. 2017; Çelik vd. 2020b). Bu bağlamda, üretilecek nokta bulutunun sıklığı, metrik doğruluğu son derece önem ifade etmektedir. Yukarıda anlatılan özellikleri neticesinde YLT yönteminin kültürel mirasın dokümantasyonu çalışmalarında kullanımını artırmaya başlamıştır.

Çalışmanın amacı, YLT yöntemimin ve bu yöntem sonucunda elde edilen verilerin kültürel mirasın dokümantasyonu çalışmalarında kullanılabilirliğini araştırmaktır. Çalışma alanı olan Alman Çeşmesi'nde kültürel mirasın dokümantasyonu kapsamında YLT tekniğini kullanan Faro Focus<sup>s</sup> 350 yersel lazer tarayıcı ile 16 istasyon noktasında 32 tarama gerçekleştirilmiştir.

Taramalar sonucunda esere ilişkin nokta bulutu elde edilmiş ve 3B modeli oluşturulmuştur.

## 2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı olarak belirlenen Alman Çeşmesi, İstanbul'da Sultanahmet Meydanı'nda, Sultan I. Ahmed Türbesinin karşısında yer almaktadır. Alman İmparatoru II. Wilhelm'in Sultan II. Abdülhamid'e hediyesidir (İstanbul Tanıtımı 2020; İslam Ansiklopedisi 2020). Çeşme, Almanya'da yapılmış olup 1901'de İstanbul'a getirilerek günümüzdeki yerine yerleştirilmiştir. Neo-Bizans tarzında olan çeşme sekizgen formludur (İstanbul Tanıtımı 2020; İslam Ansiklopedisi 2020; Tulgar 2015). Sekiz yeşil sütun tarafından taşınan sekiz kemerin üstünde bir kubbe bulunmaktadır (Gurlitt 1912; Konyalı 1951; Koçu 1959). Batı tarafından mermer merdivenle çıkılan bir dehliz yer almaktadır. Yapının dış yüzeyinde tunç oymalı sekiz musluk bulunmaktadır (İstanbul Tanıtımı 2020; İslam Ansiklopedisi 2020). Kubbenin iç tarafı ise altın mozaikle kaplanmış olup, burada dört adet Sultan II. Abdülhamid'in tuğrası ve dört adet Alman İmparatoru II. Wilhelm'in markası yer almaktadır. (İslam Ansiklopedisi 2020; Gurlitt 1912; Konyalı 1951; Koçu 1959). Çeşmenin mimari özelliklerinin yanı sıra, Alman İmparatorluğunun Bağdat demiryolu yapımına olan isteğinin bir göstergesi olarak stratejik önemi de bulunmaktadır (Sarı 2011; Kalıntı İstanbul 2020; WordPress 2020). Mimari, tarihi, sosyolojik ve politik önemi bulunan bu eser kültürel miras niteliği taşımaktadır (Şekil 1).

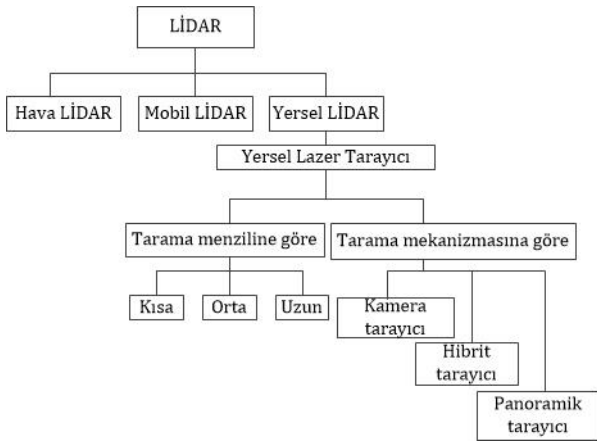


Şekil 1. Çalışma alanı (Wikimedia Commons 2020)

## 3. YÖNTEM

Lazer tarama, herhangi bir objenin LİDAR teknolojisi vasıtasıyla örneklendiği veya tarandığı bir yöntemdir (Beg 2018). Lazer tarayıcı cihazından çıkan lazer ışını aracılığıyla nesne ile cihaz

arasındaki mesafe ölçülebilmekte, nokta bulutu elde edilebilmekte ve bunun sonucu olarak istenilen detayın 3B modeli oluşturulabilmektedir. Nokta bulutu, herhangi bir objenin 3B uzaysal düzlemdeki koordinatların bilgisayar ortamındaki sayısal karşılığı olarak ifade edilmektedir (Guo vd. 2015; Özbay & Çınar, 2016). Birbiriyle ilişkili nokta bulutları da katı (mesh) model oluşturulmasında kullanılmaktadır (Bischoff vd. 2002; Özbay & Çınar 2016). Nokta bulutu verisi; 3B koordinat bilgisi, yoğunluk bilgisi, renk değeri (RGB) ve tarama açısı gibi bilgileri içermektedir (Beg 2018). Bu yöntemin en temel özelliği geleneksel ölçüm yöntemlerine kıyasla çok daha hızlı bir şekilde nokta konum bilgisi yüksek hassasiyette (mm) elde edilebilmektedir. LİDAR kullanım ve uygulama alanına göre hava, mobil ve yersel olmak üzere 3 başlık altında toplanmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. LİDAR sınıflandırma

Bu sistemin önemli parçası olan YLT tekniğinde yersel lazer tarama cihazı bir sehpa (tripod) üzerine monte edilmektedir (Yakar vd. 2020). Modüle edilmiş lazer ışını, cihazın elektronik ünitesinden çıkarak yüksek hızda dönen optik parçaya çarpar (Yakar vd. 2020). Buradan ışın yansır ve çevredeki objelere ulaşır, daha sonra objelerden geri yansır ve tekrar cihaza gelir (Beg 2018; Kıvanç 2019; Yakar vd. 2020;). Tarama boyunca bu işlem tekrarlanmaktadır. Tarama sonucunda nokta bulutu ve bu nokta kümesindeki her bir noktanın kutupsal koordinatları elde edilir. Tarama esnasında mesafe ( $r$ ), ayna dönüş açısı ( $\xi$ ) ve konum açısı ( $\alpha$ ) ölçülmektedir (Beg, 2018; Yakar vd., 2020). Ölçülen bu kutupsal koordinatlardan cihaz içerisinde kartezyen koordinatlara ( $x, y, z$ ) dönüşümü gerçekleştirilmektedir (Eşitlik 1, 2, 3).

$$X = r * \sin \xi * \cos \alpha \quad (1)$$

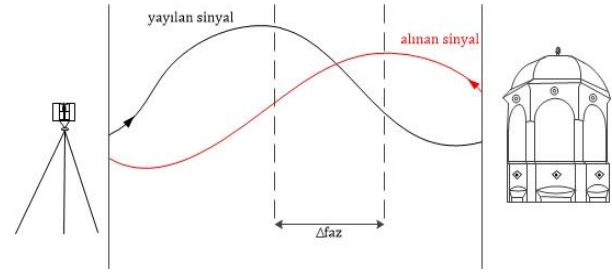
$$Y = r * \sin \xi * \sin \alpha \quad (2)$$

$$Z = r * \cos \alpha \quad (3)$$

Bu çalışma kapsamında Faro FocusS 350 yersel tarayıcı kullanılmıştır. Cihazda mesafe ölçme

yöntemi olarak faz karşılaştırma yöntemi kullanılmaktadır (Şekil 3). Bu yöntemin temel çalışma prensibi, cihazdan çıkan birden fazla lazer ışınına ait faz farkının ölçülmesidir (Faro 2020a). Ölçüm işlemi ışınının gidiş-geliş zamanının tespit edilmesiyle gerçekleşmektedir (Eşitlik 4). Bunun sonucunda yöntem, dolaylı olarak uçuş zamanlı mesafe (time of flight) belirleme yöntemi şeklinde ifade edilmektedir (Beg 2018). Bu yöntemde, cihazdan çıkan ve objeden yansıyan ışının sinüs dalgasına göre karşılaştırması yapılır ve faz farkı (kayması) belirlenir (Vosselman & Maas, 2010; Karasaka 2012; Beg 2018). Böylelikle tarayıcı ile obje arasındaki mesafe yayılan sinyal ile alınan sinyal arasındaki faz farkının ölçülmesi sonucunda bulunur (Eşitlik 5, 6, 7, 8).

$$x = c * \frac{t}{2} \quad (4)$$



Şekil 3. Faz karşılaştırma yöntemi

$$\Delta t = t_y - t_a \quad (5)$$

$$\rho_{sinyal} = c * \frac{t_y - t_a}{2} \quad (6)$$

Zaman farkı ( $\Delta t$ ) (Eşitlik 7), yayılan ve alınan sinyal arasındaki faz farkı ( $\Delta\phi$ ) ve sinyal periyodu arasındaki faz farkı olan  $\lambda/c$  ile bağlantılıdır (Karasaka & Beg 2021).

$$\Delta t = \frac{\Delta\phi}{2\pi} * \frac{\lambda}{c} \quad (7)$$

Faz mesafesi ( $R_{faz}$ ) Eşitlik 8 kullanılarak bulunur.

$$R_{faz} = \frac{\Delta\phi}{4\pi} * \lambda \quad (8)$$

0.6 m-350 m arasında tarama kapasitesine sahip olan cihaz, tarama menziline göre orta menzilli lazer tarayıcı sınıfına girmektedir. Tarama mekanizmasına (açısal tarama hareketi kabiliyetine) göre sınıflandırmada ise panoramik tarayıcı kategorisinde yer almaktadır (Staiger 2003).

## 4. UYGULAMA

### 4.1. Arazi Çalışması

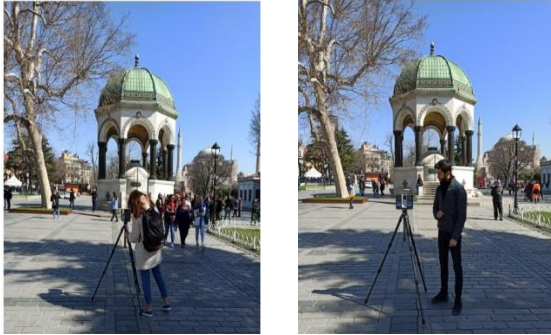
Söz konusu eserin belgelenmesi çalışmasında, Faro FocusS 350 model yersel lazer tarayıcı cihazı

kullanılmıştır. Başlıca özellikleri aşağıdaki tabloda sunulmuştur (Tablo1).

**Tablo 1.** Focus<sup>s</sup> 350 cihazının özellikleri (Faro 2020b)

Tarama Mesafesi	0.6 m - 350 m
Çözünürlük	1/1, 1/2, 1/4, 1/5, 1/8, 1/10, 1/16, 1/20, 1/32
Kalite	2x, 3x, 4x, 6x
Ölçüm Hızı	976.000 nokta/saniye
İç doğruluk	±1mm
Ağırlık	4,2 kg
Boyut	230x183x103mm

Çalışma öncesinde eser etrafında belirlenen 16 farklı istasyon (durak) noktasında ikişer tarama gerçekleştirilmek suretiyle 32 oturumda arazi çalışması tamamlanmıştır (Şekil 4). Durak noktalarının sayısı ve yeri, taraması yapılacak eserin bir veya daha fazla cephesini görecektir şekilde belirlenmiş ve daha az gürültü oluşturmasına dikkat edilmiştir (Safkan vd. 2014).

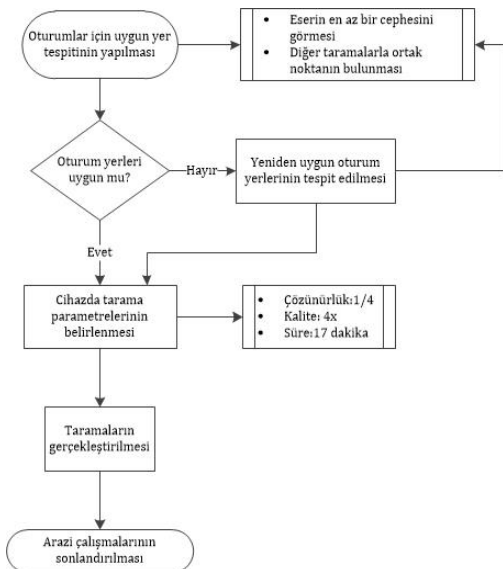


(a)

(b)

**Şekil 4.** Çalışmada gerçekleştirilen tarama örnekleri

Arazi çalışması süresince gerçekleştirilen işlemler Şekil 5'te gösterilmiştir.



**Şekil 5.** Arazi çalışması işlem şeması

## 4.2. Verilerin İşlenmesi

Çalışma alanına ait tarama verileri arazi çalışmasıyla elde edilmiştir. Bu aşamadan sonra ticari bir yazılım olan Faro Scene yazılımında taramalar birleştirilmiş, söz konusu esere ilişkin nokta bulutu üretilmiştir. Nokta bulutundan ise eserin 3B modeli oluşturulmuştur. Böylece YLT yöntemiyle elde edilen verilerin kültürel mirasın belgelenmesi çalışmalarında kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Faro Scene yazılımı, tüm Faro Focus ve 3B tarama yapabilen diğer lazer tarayıcılar için geliştirilmiştir (Faro 2020c). Bu yazılımın sahip olduğu gerçek zamanlı tarama, otomatik nesne tanıma, tarama kaydı oluşturma ve konumlandırma gibi teknik özellikleri ile tarama verileri etkin ve basit işlenebilmekte ve yönetilebilmektedir (Karasaka & Beg 2021).

Taramalar sonucunda elde edilen veriler yazılıma aktarılmış ve ardından veri işleme (process) aşamasına geçilmiştir. Taramalar bulutundan nokta bulutuna (cloud to cloud) tekniği ile birleştirilmiştir. Nokta bulutu verisi taramaya konu eser haricinde de birçok dağınık ve gereksiz veri içermektedir. Bu ilgisiz veriler temizlenmiştir (Şekil 6). Esere ait daha sağlıklı ve kaliteli 3B model oluşturabilme adına yapılan bu işlem gürültü giderme olarak ifade edilmektedir (Uzar vd. 2019).

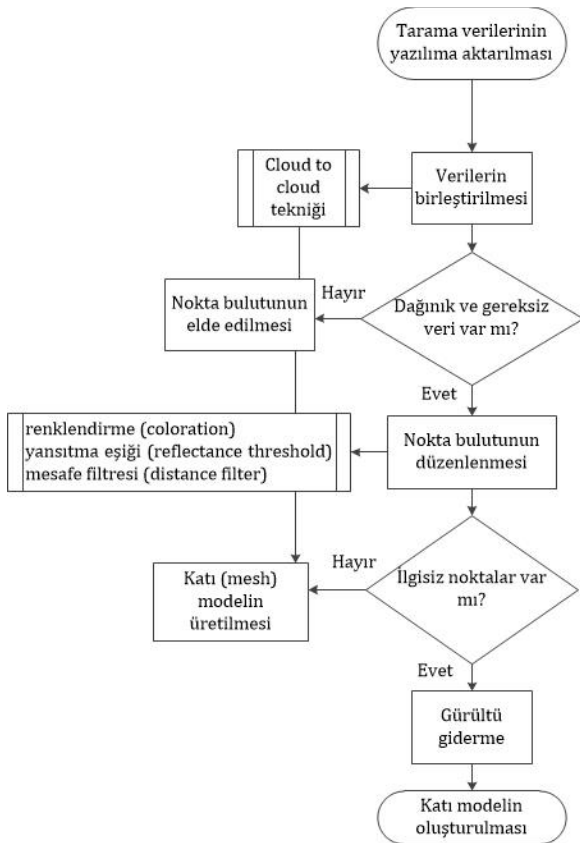


**Şekil 6.** Alman Çeşmesi'ne ilişkin nokta bulutu görseli

Bu aşamadan sonra, nokta bulutundan katı (mesh) model üretilmiştir (Şekil 7). Veri işleme aşaması boyunca gerçekleştirilen işlemler Şekil 8'de özetlenmiştir.



Şekil 7. Katı model görseli



Şekil 8. Veri işleme iş akış şeması

## 5. BULGULAR

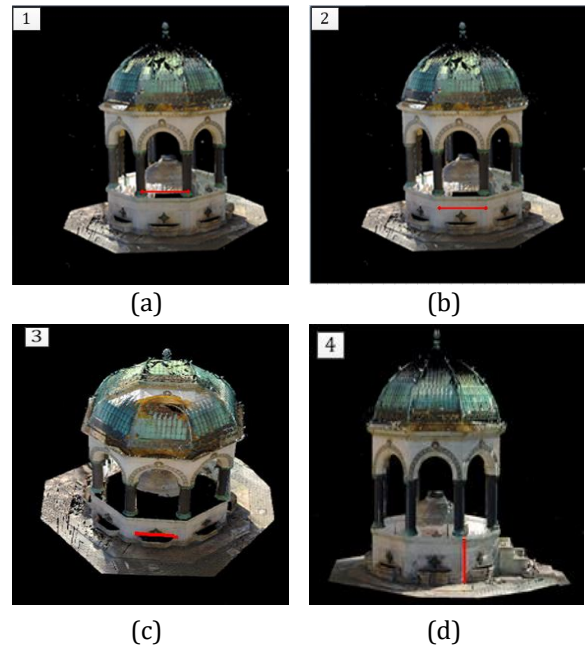
Çalışmaya konu kültürel miras niteliğindeki tarihi eser, İstanbul'un yoğun olarak ziyaret edilen Sultan Ahmed Meydanı'nda yer almaktadır. Alanın tarihi, kültürel ve sosyal dokusu nedeniyle turistlerin uğrak noktası olması neticesinde taramalar arzu edilen sürede ve kalitede elde edilememiştir. Bundan dolayı verilerin kaliteli elde edilebilmesi amacıyla aynı istasyon noktasında birden fazla tarama yapılmış ve özellikle günün erken saatleri (07.30-11.00) çalışma zamanı olarak seçilmiştir. Böylelikle insan yoğunluğunun çalışmaya olan olumsuz etkisi giderilmeye çalışılmıştır. Çalışma alanında 16 durak noktasında toplamda 32 tarama yapılmıştır.

Tarama sonucunda elde edilen veriler ile eserin 3B modeli Scene programında üretilmiştir. Kültürel mirasın sahip olduğu ve tarihe ışık tutan detayları, iç-dış mimari özelliklerine bağlı olarak dokümantasyon çalışmalarında lazer tarama verilerinin işlenmesi için farklı yazılımlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan yazılımın eserin de özellikleri dikkate alındığında nokta bulutu ve katı model üretiminde başarılı bir sonuç verdiği saptanmıştır. Taranan objenin özelliği, büyüklüğü ve çalışmadan beklenen doğruluk-hassasiyete bağlı olarak tercih edilen yazılımların değişkenlik göstermesi gerektiği belirlenmiştir.

Ayrıca karmaşık yapıların modellenmesinde veya problemlerin çözümünde tek bir yazılımın yeterli olamayacağı tespit edilmiştir. Bu bağlamda yazılımda eserin hacmi hesaplanmak istendiğinde, sağlıklı ve başarılı bir sonuç elde edilemediği görülmüştür. Söz konusu yazılımın konik veya düzgün olmayan geometrideki yapıların hacim hesabında kullanılmasından ziyade, düzgün geometriye (dikdörtgenler prizması, silindir vb.) sahip yapılarda tercih edilmesinin daha doğru olacağı belirlenmiştir (Karasaka & Beg 2021).

Tarama verilerin işlenmesi ve değerlendirilmesi Scene yazılımında kolaylıkla gerçekleştirilmiştir. YLT yöntemiyle yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde, yazılımın bu özelliğinin güçlü yanı olduğu belirlenmiştir (Karasaka 2012; Beg 2018; Kıvanç 2019; Perc & Topolšek 2020; Karasaka & Beg 2021).

Yapılan belgeleme çalışmasının doğruluğu hakkında bilgi edinebilme adına doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir. Kültürel mirasın 4 farklı yüzeyinden çelik şerit metre (ÇSM) ile uzunluk ölçülmüş (Şekil 9), üretilen 3B model üzerinden hesaplanan uzunluk değerleriyle karşılaştırılmıştır.



Şekil 9. Model üzerinden hesaplanan uzunluklar

Hata değerinin bulunmasıyla (Eşitlik 9) model üzerinden belirlenen uzunluklara ilişkin karesel ortalama hata ( $\pm 5.89$  mm) hesaplanmıştır (Eşitlik 10).

$$V = L - X \quad (9)$$

$$m = \pm \sqrt{\frac{[VV]}{n - 1}} \quad (10)$$

**Tablo 2.** Cephe uzunluklarının karşılaştırılması ve doğruluk analizi

Nu	Ölçülen Cephe Uzunluğu (m)	Hesaplanan Cephe Uzunluğu (m)	V (m)	[VV] (mm <sup>2</sup> )	m
1	2.300	2.294	-6	36	±5.89
2	3.000	2.996	-4	16	
3	1.960	1.964	4	16	
4	2.180	2.174	6	36	

\*m: Karesel Ortalama Hata

## 6. SONUÇLAR

Kültürel mirasların sahip olduğu mimari özellikler, geçmişe ışık tutması, tarihin izlerini geleceğe taşıması ve bu bağlamda korunması amacıyla farklı yöntem ve araçlarla belgeleme çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmalarda kültürel mirasın bahsi geçen özellikleri nedeniyle fazlaca detay ölçümü yapılmaktadır. Ölçüm işlemlerin klasik yersel ölçüm teknikleriyle gerçekleştirilmesi zaman almaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte YLT, bu çalışmalar için sıklıkla tercih edilen standart bir yöntem olmaya başlamıştır (Ağca vd. 2016; Yaman & Kurt 2019; Uzun & Spor 2019; Karasaka & Beg 2021). Bu yöntemde, objeye gönderilen lazer ışınının geri yansmasıyla nokta bulutu elde edilebilmektedir. Bunun sonucu olarak istenilen yapının gerçeğe yakın 3B modeli üretilebilmektedir. Oluşturulan model aracılığıyla objeye ait konum, şekil ve mimari özellikler gözlemlenebilmektedir.

YLT tekniğinde klasik yersel ölçüm tekniklerine kıyasla çok daha kısa sürede, yüksek doğruluk ve hassasiyette veri elde edilebilmektedir. YLT'nin bu avantajlarının yanı sıra bazı olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Bu sistemin parçası olan yersel lazer tarayıcı ile yapılacak tarama işleminde istasyon noktalarının yeri önem arz etmektedir. Eğer cihazın yüksekliği objeden az ve/veya cihaz objenin tamamını görmeyecek şekilde konumlandırılmışsa bu durumda nesneye ilişkin sağlıklı veri elde edilemeyecektir. Özellikle taranan yapının tepe noktasına ait nokta bulutu oluşturulamayacak, bunun sonucu olarak da 3B model arzu edilen şekilde olmayacaktır. Uygulamalarda bu tarz sorunlardan kaçınılması için cihazın objeyle aynı hizada veya yüksek bir noktaya konumlandırılması gerekmektedir. Ancak farklı arazi şartları ve

taranacak nesnenin boyutlarının büyük olması gibi etkenlerden dolayı her zaman bu koşul sağlanamamaktadır. Meydana gelen bu olumsuz durumun önlenmesi, üretilecek modelin eksiksiz ve sağlıklı şekilde oluşturulabilmesi amacıyla İnsansız Hava Aracı (İHA) sisteminin kullanılması güçlü alternatif seçenekler arasında yer almaktadır.

Yapıya ait doğru ve sağlıklı model üretmek için durak noktalarında yapılan tekrarlı taramalar doğrudan çıktı ürünlerin kalitesini etkilemektedir. Bununla birlikte, yüksek çözünürlükte yapılan taramalar yoğun veri kümelerinin (nokta bulutu) oluşmasına neden olmaktadır. Çalışma alanının büyüklüğüne bağlı olarak bu verilerinin işlenmesi sorunun oluşması kuvvetle muhtemeldir. Bu çalışmada yapılan tekrarlı (32) taramadan elde edilen veriler; güçlü işlemci ve yüksek performanslı grafik kartına sahip iş istasyonu (workstation) bilgisayarda işlenmiştir. Böylece veri işleme süreci görece kısa bir sürede (5 saatte) tamamlanmıştır. YLT yöntemi ile farklı alanlarda çeşitli çalışma yapacak araştırmacıların bu noktaya dikkat etmesi önerilmektedir.

Yapılan bu çalışmada, kültürel miras niteliğindeki Alman Çeşmesi'nin dokümantasyonun çıkarılması amaçlanmıştır. Öncelikle çalışma alanı etrafında uygun istasyon noktaları (16) belirlenmiş ve taramalar (32) yapılmıştır. Bu taramalar sonucunda yapıya ait nokta bulutu elde edilmiştir. Kültürel mirasın belgelenmesi, korunması, restitüsyon ve restorasyon çalışmaları gibi farklı alanlarda kullanılabilecek 3B model üretilmiştir. Oluşturulan modelin kültürel mirasın belgelenmesi çalışmasında kullanılabilirliği irdelenmiştir. Bu amaçla, yapı üzerinde 4 adet uzunluk ölçümü gerçekleştirilmiş ve model üzerinden alınan uzunluk değerleriyle kıyaslanmıştır. Doğruluk analizi sonucunda, hesaplanan uzunluklara ilişkin karesel ortalama hata ( $\pm 5.89$  mm) bulunmuştur. Bu değer doğrultusunda 3B modelin kültürel mirasın dokümantasyonu çalışmalarında kullanılabileceği belirlenmiştir.

Ayrıca çalışmada Faro Focus<sup>s</sup> 350 lazer tarayıcı ve Scene yazılımının kullanılabilirliği araştırılmıştır. Cihazın sahip olduğu teknik özellikler (Tablo 1) ve kullanım kolaylığı açısından tercih edilebileceği saptanmıştır. Yazılımda hızlı ve kolay şekilde verilerin işlenebildiği belirlenmiştir. Yazılımın diğer ticari yazılımlara göre daha az parametre içermesi, yeni başlayan araştırmacılar için güçlü tercihler arasında yer alabileceği belirlenmiştir.

## KAYNAKÇA

Ağca M, Efdal K, Murat H M & Adıgüzel F (2016). Yersel Lazer Tarayıcı ve İha Sistemlerinden Elde Edilen Verilerin 3B Modellemedeki Hassasiyetlerinin Karşılaştırılması: Somuncu Baba Külliyesi Örneği, Aksaray. 6. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (UZAL-CBS 2016), 146-151.

- Akyol O & Duran Z (2014). Low-Cost Laser Scanning System Design. *Journal of Russian Laser Research*, 35(3), 244-251.
- Beg A A (2018). 3 Boyutlu Modellemede Yersel Lazer Tarama ve İnsansız Hava Araçları Verilerinin Entegrasyonu ve Kilistra Antik Kenti Örneği. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Bischoff B S (2002). OpenMesh—a generic and efficient polygon mesh data structure. *In OpenSG Symposium*.
- Bitelli G, Girelli V A & Zanutta A (2007). Use of Historical Images For The Documentation and The Metrical Study of Cultural Heritage By Means of Digital Photogrammetric Techniques. *XXI International CIPA Symposium*, Athens, Greece.
- Çelik M Ö, Alptekin A, Ünel F B, Kuşak L & Kanun E (2020). The Effect of Different Flight Heights On Generated Digital Products: DSM and Orthophoto. *Mersin Photogrammetry Journal*, 2(1), 1-9. Retrieved from <https://Dergipark.Org.Tr/Tr/Pub/Mephoj/Iss ue/52791/636366>.
- Çelik M Ö, Yakar İ, Hamal S, Oğuz G M & Kanun E (2020). SfM Tekniği ile Oluşturulan 3B Modellerin Kültürel Mirasın Belgelemesi Çalışmalarında Kullanılması: Gözne Kalesi Örneği. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 22-27. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tiha/issue/54 200/715377>.
- Duran Z, Atik M E & Çelik M F (2017). Yersel Fotogrametrik Yöntem ile Yersel Lazer Taramanın Karşılaştırılması ve Doğruluk Analizi. *Harita Dergisi*, 158, 20-25.
- Faro 2020a. <https://www.faro.com/trtr/urunler/constructi on-bim-cim/faro-focus/features/>, Erişim Tarihi: 02.06.2020.
- Faro 2020b. <https://www.faro.com/trtr/urunler/constructi on-bim-cim/faro-focus/>, Erişim Tarihi:02.06.2020.
- Faro 2020c. <https://www.faro.com/products/construction-bim/faro-scene/>, Erişim Tarihi: 03.06.2020.
- Guo Y, Bennamoun M, Sohel F, Lu M & Wan J (2015). An Integrated Framework for 3-D Modeling, Object Detection, and Pose Estimation From Point-Clouds. *An Integrated Framework for 3-D Modeling, Object Detection, and Pose Estimation From Point-Clouds*, 64(3), 683-693.
- Gurlitt C (1912). *Die Baukunst Konstantinopels*. Berlin: Ernst Wasmuth.
- İslam Ansiklopedisi 2020. <http://www.kalinti-istanbul.com/item/alman-cesmesi/>, Erişim Tarihi: 31.05.2020.
- İstanbul Tanıtımı 2020. <https://archive.vn/20121222073903/http://h arika.istanbul.gov.tr/Default.aspx?pid=286>, Erişim Tarihi: 30.05.2020.
- Kalıntı İstanbul 2020. <http://www.kalinti-istanbul.com/item/alman-cesmesi/>, Erişim Tarihi: 31.05.2020.
- Karasaka L (2012). Mobil Yersel Lazer Tarama Sistemlerinin Fotogrametrik Rölöve Projelerinde Kullanılabilirliği Üzerine Bir Çalışma. Doktora Tezi. Konya: Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karasaka L & Beg A (2021). Yersel Lazer Tarama Yöntemi ile Farklı Geometrik Yapıdaki Özelliklerin Modellenmesi. *Geomatik*, 6(1), 54-60. DOI: 10.29128/geomatik.664728.
- Kıvanç H (2019). Kültürel Miras Belgeleme Çalışmalarında Fotogrametrik Yöntem ile Yersel Lazer Tarama Yönteminin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Konya: Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Koçu R E (1959). Alman Çeşmesi. *İstanbul Ansiklopedisi*, 727-728.
- Konyalı İ H (1951). Alman Çeşmesi. *Tarih Hazinesi*, 1(8), 383-387.
- Kültür ve Turizm Bakanlığı 2020. <https://www.ktb.gov.tr/TR-134106/somut kulturel-miras.html>, Erişim Tarihi: 30.05.2020.
- Lichti D D & Gordon S J (2004). Error Propagation in Directly Georeferenced Terrestrial Laser Scanner Point Clouds for Cultural Heritage Recording. *In Proceedings of FIG Working Week*. Athens, Greece.
- Özbay E & Çınar A (2016). Nokta Bulutu Verileri ile Nesne Modellerini Sınıflandırmak için Metriksel. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 128-136.
- Perc M N & Topolšek D (2020). Using The Scanners And Drone For Comparison of Point Cloud Accuracy At Traffic Accident Analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 135.
- Safkan S, Hamarat H, Aydar U & Çelik M F (2014). Yersel Lazer Tarama Yönteminin Mimari

Belgelemede Kullanılması. *V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2014)*. İstanbul.

Sarı H (2011). Osmanlı İmparatorluğunda Yabancı İstihdamı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Staiger R (2003). *Terrestrial Laser Scanning Technology Systems, and Applications. 2nd FIG Regional Conference*. Marrakech: Morocco.

Tulgar S (2015). Alman Çeşmesi ve Sultanahmet Örne Dikilitaşı'na Ait Metal Yapı Öğelerinin Konservasyon Uygulamaları. *Art-Sanat*, 3, 109-121.

Uzar M, Tunalıoğlu N, Arıcan D & Arda T (2019). Yersel lazer tarama verisi ile elde edilen 3B modellerde filtreleme etkisinin araştırılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(4), 1765-1776. DOI: 10.17341/gazimmfd.571546.

Ulvi A, Yiğit A Y & Kaya Y (2020). İHA ve Yersel Fotogrametrik Teknikler Kullanılarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 Boyutlu Nokta Bulutu ve

Modelinin Üretilmesi. *Geomatik Dergisi*, 5(1), 19-26.

Wikimedia Commons 2020. [https://commons.wikimedia.org/wiki/Categor y:German\\_Fountain\\_\(Istanbul\)](https://commons.wikimedia.org/wiki/Categor:y:German_Fountain_(Istanbul)), Erişim Tarihi: 01.06.2020

WordPress 2020. <https://samostepesi.wordpress.com/tag/neo-bizanten/>, Erişim Tarihi: 01.06.2020.

Vosselman G & Maas H (2010). *Airborne and Terrestrial Laser Scanning. CRC*.

Yakar M, Yıldız F & Yılmaz H M (2005). Tarihi Ve Kültürel Mirasların Belgelenmesinde Jeodezi Fotogrametri Mühendislerinin Rolü. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*. Ankara.

Yakar M, Kuşak L & Ünel F B (2020). *Ölçme Bilgisi II*. Atlas Akademi.



© Author(s) 2021. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>