



TÜRKİYE

LIDAR

DERGİSİ

e-ISSN 2717-6797

Cilt: 2 Sayı :1
Haziran / June
2020





Türkiye LİDAR Dergisi
Turkish Journal of LIDAR



Dergi Hakkında

Türkiye LİDAR Dergisi bilim ve teknolojiadaki gelişmelere paralel olarak LİDAR alanındaki yeniliklerle ilgili yapılan çalışmaları yayınlayan ve Uluslararası İndeks ve Veri tabanlarında taranan bir dergidir.

Amaç & Kapsam

Türkiye LİDAR Dergisi,

- ✚ Yersel, hava ve mobil LİDAR kullanım alanında ulusal ve uluslararası gelişmeleri; Harita, Jeoloji, Çevre, Maden, Şehir Plancılığı, Ziraat vb. mühendislik alanı, Arkeoloji ve mimarlık ile ilgilenen bilim insanlarının bilgisine sunmak,
- ✚ Konu ile doğrudan veya dolaylı etkinliklerde bulunan bilim insanları, araştırmacılar, mühendisler ve diğer uygulayıcılar arasındaki bilgi ve deneyim paylaşımını güçlendirecek ve hızlandıracak, kolay erişilebilen, geniş katılımlı bir tartışma ortamı sağlamak ve bunları yayma olanağı yaratmak,
- ✚ Türkiye'nin teknolojik ve ekonomik kalkınmasında rol oynayabilecek mesleki gelişmelere ilişkin sorunların daha etkin bir şekilde çözüme kavuşturulması açısından büyük önem taşıyan kurumlar arası işbirliğinin LİDAR verileri kapsamında başlatılmasına ve geliştirilmesine katkıda bulunmak,

Türkiye LİDAR Dergisinin kapsamı;

- ✓ Temel LİDAR Uygulamaları,
- ✓ LİDAR ile uzaktan algılama ve sanal gerçeklik (VR) uygulamaları,
- ✓ LİDAR verileri ile Coğrafi Bilgi Sistemleri entegrasyonu,
- ✓ LİDAR ile Endüstriyel ölçmeler,
- ✓ LİDAR ile deformasyon ölçmeleri,
- ✓ LİDAR ile madencilik ölçmeleri,
- ✓ LİDAR ile Şehircilik ve ulaşım planları çalışmaları,
- ✓ LİDAR ile tarım uygulamaları,
- ✓ LİDAR ile hidrografik uygulamaları,
- ✓ LİDAR ile yapılan tüm multidisipliner çalışmalar,

Yayınlanma Sıklığı

Yılda 2 sayı (Haziran-Aralık)

ISSN

2717-6797

WEB

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

İletişim

aulvi78@gmail.com



Türkiye LİDAR Dergisi
Turkish Journal of LIDAR

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Ali ULVİ

Mersin Üniversitesi, FBE / Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri
Mersin

EDİTÖR KURULU

- **DOÇ.DR. MURAT UYSAL,**
muysal@aku.edu.tr,
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
- **DR. ÖĞR. ÜYESİ ALPER AKAR,**
alperakar@erzincan.edu.tr,
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
- **DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖZLEM AKAR,**
oakar@erzincan.edu.tr,
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
- **DR. ÖĞR. ÜYESİ NİZAR POLAT,**
nizarpolat@harran.edu.tr,
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
- **DR. ÖĞR. ÜYESİ MEHMET ALİ DERELİ,**
madereli@gmail.com,
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
- **DR. ÖĞR. ÜYESİ RESUL ÇÖMERT,**
rcmert@gumushane.edu.tr,
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
- **DR. ÖĞR. ÜYESİ HAYRİ ULVİ,**
hayriulvi@gmail.com,
GAZİ ÜNİVERSİTESİ

DANIŞMA KURULU

- **PROF. DR. MURAT YAKAR,**
myakar@mersin.edu.tr,
MERSİN ÜNİVERSİTESİ
- **PROF. DR. HACI MURAT YILMAZ,**
hmuraty@gmail.com,
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
- **PROF. DR. İBRAHİM YILMAZ,**
iyilmaz@aku.edu.tr,
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
- **PROF. DR. ÖMER MUTLUOĞLU,**
omutluoglu@ktu.edu.tr,
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
- **DOÇ. DR. FERRUH YILMAZTÜRK,**
yilmazturk@aksaray.edu.tr,
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ

Türkiye LİDAR Dergisi Dil Editörleri

PROF. DR. CENGİZ ALYILMAZ,
calyilmaz@uludag.edu.tr,

Uludağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü

DOÇ. DR. SAVAŞ ŞAHİN,
savassahin@akdeniz.edu.tr,

Akdeniz Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü

Mizanpaj

Arş. Gör. Mehmet Özgür Çelik

mozgurcelik@mersin.edu.tr

Mersin Üniversitesi, Harita Müh. Bölümü /Mersin

Arş. Gör. Yunus Kaya

yunuskaya@harran.edu.tr

Harran Üniversitesi, Harita Müh. Bölümü /Şanlıurfa

İçindekiler

Contents

Araştırma Makaleleri;

Research Articles;

S. No	Makale Adı (Tr./En.) ve Yazar Adı
01-04	<i>Kaya Bloklarının 3B Nokta Bulutunun Yersel Lazer Tarayıcı Kullanarak Elde Edilmesi</i> <i>(Obtaining 3D Point Cloud of Rock Blocks with Using A Terrestrial Laser Scanner)</i> Aydın ALPTEKİN & Murat YAKAR
05- 09	<i>Mersin Akyar Falezi'nin 3B modeli</i> <i>(3D modelling of Mersin Akyar Sea Cliff)</i> Aydın ALPTEKİN & Murat YAKAR
10-14	<i>Konya Teknik Üniversitesi Sürekli Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi Rölöve Projesinin Lazer Tarama Yöntemiyle Hazırlanması</i> <i>(Production of the Architectural Survey of Konya Technical University Continuing Education Center with A Terrestrial Laser Scanner System)</i> Abdurrahman Talha CERİT & Muhammed Batuhan KÖR
15- 22	<i>Yersel Lazer Tarama (YLT) Yönteminin Kültürel Mirasın Dokümantasyonunda Kullanımı: Alman Çeşmesi Örneği</i> <i>(The Use of Terrestrial Laser Scanning (TLS) Method in Documentation of Cultural Heritage: Case Study of German Fountain)</i> Mehmet Özgür ÇELİK, Seda Nur Gamze HAMAL & İrem YAKAR,



Kaya bloklarının 3B nokta bulutunun yersel lazer tarayıcı kullanarak elde edilmesi

Aydın Alptekin*¹, Murat Yakar¹

¹Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

ÖZ

Anahtar Kelimeler:

Kaya düşmesi
YLT
3B model
Nokta bulutu

Dağlık alanlarda en sık görülen doğal afet olan kaya düşmesi can ve mal kayıplarına yol açmaktadır. Kaya kütleleri üzerindeki kuvvetlerin değişmesi sonucu kaya düşmesi afeti meydana gelmektedir. Mersin İli Karahıdırlı Mahallesi' nde aşırı yağışlardan kaynaklanan kaya düşmesi olayı meydana gelmiştir. Kaya düşmesi olayı sonucunda bir kaya bir evin yakınında durmuştur. Kaya düşmesi afetine karşı önlem alabilmek için 3B simülasyon hazırlanmalı ve duruma uygun bir bariyer tasarımı yapılmalıdır. Lazer tarama işlemi ile kısa bir süre içerisinde objenin 3B modelini yüksek çözünürlükte elde edebilmekteyiz. Bu çalışmada kayanın etrafında lazer taraması yapılmış ve kayanın 3B modeli ortaya çıkartılmıştır. Elde edilen ürün ileride yapılacak 3B simülasyonlarda kullanılabilir.

Obtaining 3D Point Cloud of Rock Blocks with Using A Terrestrial Laser Scanner

Keywords:

Rockfall
TLS
3D model
Point cloud

ABSTRACT

Rock fall, the most common natural disaster in mountainous areas, leads to loss of life and property. As a result of change on rock masses, rockfall event occurs. There was a rockfall event in Mersin Province Karahıdırlı District due to excessive rainfall. As a result of the rockfall, a rock stood near a house. In order to take precautions against rockfall disaster, 3D simulation should be prepared and a suitable barrier design should be designed. With the laser scanning process, we can obtain the 3D model of the object in high resolution in a short time. In this study, laser scanning was performed around the rock and 3D model of the rock was revealed. The obtained product can be used in future 3D simulations.

*Sorumlu Yazar

*(aydinalptekin@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-5605-0758
(myakar@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-2664-6251

Kaynak Göster (APA);

Alptekin A & Yakar M (2020). Kaya Bloklarının 3B nokta bulutunun yersel lazer tarayıcı kullanarak elde edilmesi. *Türkiye Lidar Dergisi*, 2(1), 01-04.

1. GİRİŞ

Türkiye sahip olduğu jeomorfolojik özelliklerinden dolayı sıklıkla doğal afetlere maruz kalmaktadır. Heyelan, kaya düşmesi, deprem, sel felaketi ve çığ sıklıkla görülmektedir.

Doğal afetlerin modellenmesinde ve onlara karşı alınabilecek önlemlerin belirlenmesinde uzaktan algılama yöntemleri mühendislere kolaylık sağlamaktadır. İnsansız hava araçları, lazer tarayıcılar ve uydu görüntüleri afetlerle mücadele konusunda sıklıkla kullanılmaktadır. Uydu görüntülerinin taşkın alanlarında kullanılabilirliği (Akgül, 2018) tarafından araştırılmıştır. Deprem bölgesinde tehlikeli ve güvenli alanlar GIS ortamında uydu görüntüleri ve jeoloji haritaları kullanılarak belirlenmiştir (Şentürk ve Erener, 2017). Kaya düşmesi tehlikesi olan bir bölgenin 3B modeli yersel lazer tarayıcı (YLT) kullanılarak modellenmiştir (Li vd. 2019).

Dağlık alanlarda en sık görülen afet kaya düşmesidir. Erozyon, depremler, aşırı yağışlar, eklemeler, uyumsuzluk düzlemleri, donma-çözülme ve bitki köklerinin büyümesi kaya düşmesine sebep olmaktadır.

Son 50 yıl içerisinde Türkiye’de 2956 adet kaya düşmesi olmuştur (Gökçe vd. 2008). İnsanlara zarar vermeyen kaya düşmeleri genellikle rapor edilmemektedir.

Kaya düşmesi, kaya kütleleri üzerindeki kuvvetlerin değişmesi sonucu oluşan bir doğal afettir. Kaya düşmesi kaya bloklarının geometrik şekline bağlı olarak, düşme, sıçrama, dönme ve kayma olmak üzere dört şekilde gerçekleşir. Kaya düşmesini tetikleyen olaylar tektonik hareketler, aşırı yağışlar, süreksizlik düzlemleri, eklemeler ve bitki köklerinin büyümesidir.

Kaya düşmesi afetiyle ilgili yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların çoğunda kayaların düşme anındaki kinetik enerjileri, sıçrama yükseklikleri ve düşerken izleyecekleri yol 3B simülasyon yapabilen programlar sayesinde belirlenmekte ve bu duruma uygun bariyerler tasarlanmaktadır.

RocFall (Choi vd. 2009), Stone (Agliardi 2003), Rotomap (Papini vd. 2005), Rockyfor 3D (Corona vd. 2017), Colorado Rockfall Simulation Program (CRSP) (Moon vd. 2014), CONEFALL (Jaboyedoff & Labiouse 2011) ve Rockfall Analyst (RA) (Lan vd. 2007) bu programlardan bazılarıdır.

Bu çalışmanın amacı insanlara zarar verme ihtimali bulunan bir kayanın 3B modelini ortaya çıkartmaktır.

Mersin İli Karahıdırlı Mahallesi engebeli bir arazi üzerine kurulmuştur ve kaya düşmesi afetiyle karşı karşıyadır (Şekil 1).



Şekil 1. Karahıdırlı Mahallesi kaya düşmesi

Son yıllarda çalışma alanı ile ilgili yapılmış olan akademik çalışmalar artmaktadır. Karahıdırlı Mahallesi’nin ortofotosu (Yakar vd. 2019) insansız hava aracı (İHA) kullanılarak çıkartılmıştır. Karahıdırlı Mahallesi’nde kaya düşme tehlikesi bulunan yerlerin haritalandırılması hazırlanmıştır (Alptekin vd. 2019a).

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı Mersin İli Erdemli İlçesi Karahıdırlı Mahallesi’dir (Şekil 2). Toros Dağları’nın orta segmentinde bulunan bölgede Kreteze yaşlı ofiyolitik kayalar bulunmaktadır.



Şekil 2. Yer bulduru haritası

Mersin İli’nde yazları sıcak ve kurak geçmektedir. Karahıdırlı Mahallesi sahip olduğu ormanlık alanları ve serin havasıyla insanların yaz mevsimini geçirmek için tercih ettiği yerleşim yerlerinden birisidir. Nüfusu sürekli olarak artmakta olan yerleşim yeri kaya düşmesi tehlikesi ile karşı karşıyadır (Şekil 3).



Şekil 3. Kaya blokları

3. YÖNTEM

Lidar (Light Detection and Ranging) teknolojisi hayatımıza girdiği andan itibaren çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Yapıların 3B modellenmesi, restorasyon, doğal afetler, kıyı koruma, orman yönetimi ve köprülerdeki deformasyon miktarlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır (Alptekin vd. 2019b). Lazer tarayıcı ile objeye dakikalar içerisinde milyonlarca nokta atışı yapılmakta ve objeye çarpıp geri dönen noktalar kayıt altına alınmaktadır. Hava, mobil ve yersel olmak üzere üç adet lazer tarayıcı tipi bulunmaktadır.

Bu çalışmada özellikleri Tablo 1’de gösterilen Faro Focus^s 350 marka yersel lazer tarayıcı (YLT) (Şekil 4) kullanılmıştır. Düzensiz geometrik şekle sahip olan kayanın etrafından 9 Adet lazer taraması yapılmış ve taramalar Scene 2019 programında cloud-to-cloud yöntemi ile 6 mm içsel hata miktarı ile birleştirilmiştir. Taramalar bittikten sonra lazer tarayıcı yüksek çözünürlüklü resimler çekmiştir. Bu resimler Scene programında Apply Pictures komutu kullanılarak nokta bulutunun üzerine bindirilmiştir.

Tablo 1. Lazer tarayıcı teknik özellikleri (Faro 2018)

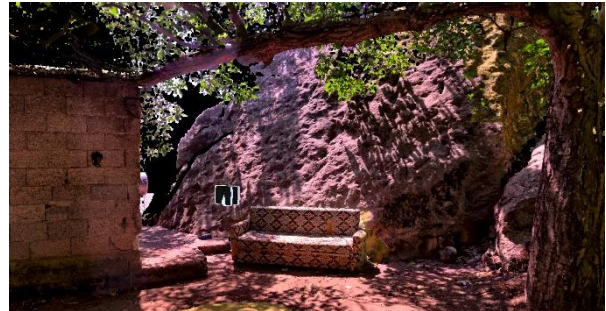
Özellik	Değeri
Batarya süresi	4.5 saat
Batarya Adedi	2
Uygun çalışma sıcaklığı	5-40 C°
Ağırlığı	4.2 kg
Uzunluk ölçüleri	240*200*100 mm
Uzaklık hassasiyeti	±1 mm
Veri alma mesafesi	0.6-350 m
Çözünürlük	165 MP
Ölçüm hızı	976.000 nokta/saniye
SD kart	32 GB



Şekil 4. YLT ile yapılan tarama

4. BULGULAR

Bu çalışmada YLT kullanılarak elde edilen 3B modelden çıkartılan ortofotolar Şekil 5-7’de gösterilmektedir. Günümüz teknolojisinde kaya düşmesi olayından en az zarar ile kurtulabilmek için yapılması gerekli olan 3B modellemede nokta bulutları kullanılabilir. Kayanın hacminin nokta bulutundan belirlenmesi sayesinde kayanın kütlesi belirlenebilecektir. Ardından kinetik enerjisi hesaplanabilecektir. Bu sayede kayanın düşerken izleyeceği yol tespit edilebilecektir. Kayaçların jeomekanik özelliklerinin belirlenmesinden sonra kurulabilecek olan bariyerin özellikleri tespit edilebilecektir. Kaya düşmesinin insanlara ve yapılara zarar vermesini engellemek amacıyla bariyer kurulmalıdır. Bu bariyer yüksek kinetik enerjiye sahip kayaları durdurabilecek nitelikte olmalıdır.



Şekil 5. 3B nokta bulutu



Şekil 6. 3B nokta bulutu



Şekil 7. 3B nokta bulutu

Arazi çalışmaları sırasında pek çok kayanın düşme potansiyeli olduğu belirlenmiştir. Geniş açıdan lazer taraması yapılarak bölgenin 3B modelinin oluşturması hedeflenmektedir.

Afet çalışmalarında jeoloji, çevre, jeofizik, çevre, harita ve inşaat mühendisleri ve sosyal bilimcilerin birlikte çalışmaları gerekmektedir (Varol & Kaya 2018). Bu çalışmada elde edilen model, kaya düşmesi afeti çalışmalarında kullanılması gerekli olan bir üründür. Diğer disiplinlerle yapılacak çalışmalarla birlikte bütünsellik sağlayacaktır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada engebeli bir araziden kayarak düşen ve bir evi tehdit eden kayanın lazer taraması yapılarak 3B modeli yüksek çözünürlükte çıkartılmıştır. Oluşturulan model ileride yapılabilecek 3B kaya düşmesi simülasyonlarında kullanılabilir.

KAYNAKÇA

Agliardi F & Crosta G B (2003). High resolution three-dimensional numerical modelling of rockfalls. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 40, 455-471.

Akgül M A (2018). Sentetik Açıklıklı Radar verilerinin Taşkın Çalışmalarında Kullanılması: Berdan Ovası Taşkını. *Geomatik Dergisi*, 3(2), 154-162.

Alptekin A, Çelik M Ö, Doğan Y & Yakar M (2019a). Mapping of a rockfall site with an unmanned aerial vehicle. *Mersin Photogrammetry Journal*, 1(1), 12-16.

Alptekin A, Çelik M Ö & Yakar M (2019b) Anıtmezarın yersel lazer tarayıcı kullanarak modellenmesi. *Türkiye Lidar Dergisi*, 1(1), 1-4.

Corona C, Lopez-Saez J, Favillier A, Mainieri R, Eckert N, Trappmann D, Stoffel M, Bourrier F & Berger F (2017). Modeling rockfall frequency and bounce height from three dimensional simulation process models and growth disturbances in submontane broadleaved trees. *Geomorphology Journal*, 281, 66-77.

Gökçe O, Özden Ş & Demir A (2008). Türkiye'de Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri. T.C Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı, Ankara.

Jaboyedoff M & Labiouse V (2011). Technical Note: Preliminary estimation of rockfall runout zones. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, 819-828.

Lan H, Martin C D & Lim C H (2007). RockFall analyst: A GIS extension for threedimensional and spatially distributed rockfall hazard modeling. *Computers & Geosciences*, 33, 262-279.

Li H, Li X, Li W, Zhang S & Zhou J (2019). Quantitative assessment for the rockfall hazard in a post-earthquake high rock slope using terrestrial laser scanning. *Engineering Geology*, 248, 1-13.

Moon T, Oh J & Mun B (2014). Practical design of rockfall catchfence at urban area from a numerical analysis approach. *Engineering Geology*, 172, 41-56.

Papini M, Longoni L & Alba M (2005). Rock falls and risk evaluation. *Safety and Security Engineering*, 82, 675-685.

Şentürk, E. ve Erener, A (2017). Determination of temporary shelter areas in natural disasters by gis: A case study, Gölcük/Turkey. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 2(3), 84-90.

Varol N & Kaya Ç M (2018). Afet Risk Yönetiminde Transdisipliner Yaklaşım. *Afet ve Risk Dergisi*, 1(1), 1-8.

Yakar M, Doğan Y, Çelik M Ö & Alptekin A (2019). İHA fotogrametrisi ile kaya düşme bölgelerinin 3-boyutlu modellenmesi ve haritalanması, *10. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Teknik Sempozyumu*, 250-255.



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



Mersin Akyar Falezı'nin 3B modeli

Aydın Alptekin*¹, Murat Yakar¹

¹Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Akyar Falezı
YLT
3B Model
Jeoturizm
Erozyon

ÖZ

Ekonomisi tarıma ve turizme dayalı olan Mersin Şehri'nde pek çok arkeolojik sit alanı ve doğal güzellikler bulunmaktadır. Akdeniz iklimi şehri yılın her mevsimi cazip duruma getirmiştir. Tarih boyunca bölgede pek çok uygarlık yaşamış ve çok fazla sayıda kültürel miras bırakmıştır. Sahip olduğu jeolojik yapısından dolayı bölge jeoturizm açısından elverişli durumdadır. Tanıtım eksikliğinden dolayı şehrin turistik bölgeleri pek tanınmamaktadır. Bu çalışmada Silifke İlçesi Akyar mahallesinde bulunan Akyar Falezı şehrin turizmine katkı sağlaması amacıyla yersel lazer tarayıcı (YLT) kullanılarak 3B olarak bilgisayar ortamında modellenmiştir. Oluşturulan model ile hazırlanacak olan tanıtım videosu sayesinde bölgenin daha fazla turist çekeceği düşünülmektedir. Falezler rüzgâr ve dalgaların aşındırması sonucu erozyona maruz kalmaktadır. Bu çalışma ileride tekrar yapılacak olan 3B modelleme çalışması ile falezdeki erozyon miktarının belirlenmesinde de kullanılabilir olacaktır.

3D modelling of Mersin Akyar Sea Cliff

Keywords

Akyar Sea Cliff
TLS
3D Model
Geoturizm
Erosion

ABSTRACT

Mersin City, whose economy is based on agriculture and tourism, has many archaeological sites and natural beauties. The Mediterranean climate has made the region attractive for all seasons of the year. Throughout history, many civilizations lived in the region and they left many cultural heritages. Due to its geological structure, it is suitable for geotourism. Due to the lack of publicity, the touristic areas of the city are not known much. In this study, Akyar Sea Cliff, which is located in the Akyar neighborhood of Silifke District, has been modeled in 3D by using a terrestrial laser scanner (YLT) to contribute to the tourism of the city. Thanks to the promotional video to be prepared with the model created, the region is thought to attract more tourists. Sea cliffs are exposed to erosion due to wind and wave erosion. This study can also be used to determine the amount of erosion in the cliff with the 3D modeling study that will be carried out again in the future.

1. GİRİŞ

Tipik Akdeniz ikliminin etkisi altında olan Mersin şehrinde yaklaşık olarak 320 km sahil bandı bulunmaktadır. Şehirde bir havaalanı bulunmamasından dolayı deniz turizminden yeteri kadar faydalanamayan şehrin ekonomisi tarım ağırlıklıdır. Narenciye ürünleri, ceviz, muz, kiraz ve çilek başta olmak üzere Türkiye'nin ihtiyacı olan pek çok tarımsal ürün üretilebilmektedir.

Mersin şehri bulunduğu coğrafi konum itibarı ile pek çok uygarlığa ev sahipliği yapmıştır. Bunların başlıcaları Asurlular, Hititler, Romalılar, Bizans, Selçuklular ve Osmanlı İmparatorluğu'dur. Bu uygarlıklar bize pek çok tarihi eseri miras olarak bırakmıştır. Şehirde bulunan başlıca tarihi yapılar Cennet-Cehennem Obrukları, Adamkayalar, Kanlıdivane Ören yeri, Anamur Kalesi ve Üçayak Harabeleri'dir.

Mersin'de jeolojik açıdan görülmeye değer pek çok yer bulunmaktadır. Şehirde Yerköprü, Sunturas, Tarsus ve Karacaoğlan Şelaleleri ile Aksıfat Kanyonu, Kiseçik Kanyonu ve Gezende Kanyonu bulunmaktadır. Çok geniş turizm potansiyeline sahip olan Mersin Şehri turizmde beklentileri karşılayamamıştır (Oskay, 2012). Mersin şehrinin turizm gelirlerini arttırmak için yerel yöneticilerin adım atması gerekmektedir. Turizm imkânlarının geliştirilmesiyle şehirdeki istihdam ve insanların gelir düzeyleri artacaktır.

Mersinde bulunan jeoturizm açısından önem arz eden pek çok yapı hakkında çalışmalar bulunmaktadır. Dik bir falez üzerinde bulunan Aynalıgöl (Gilindire) mağarasının turizm potansiyeli (Özşahin ve Kaymaz 2014) tarafından değerlendirilmiştir. Mersin Çandır Kalesi'nin özellikleri (Sözlü ve Yılmaz 2020) tarafından çalışılmıştır.

Bu çalışmada Mersin İli Silifke İlçesi'nde bulunan Akyar Falezi (Şekil 1) çalışılmıştır.



Şekil 1. Akyar Falezi

2. ÇALIŞMA ALANI

Mersin İli Silifke İlçesi'nde bulunan Akyar Falezi (Şekil 2) 3B olarak modellenmiştir. Erken-Orta yaşlı Karaisalı Formasyonu gözlenen falez karbonatlı kayalardan marl ve kireçtaşı içermektedir. Karbonatlı kayalarda % 50'den fazla miktarda CaCO₃ bulunmaktadır. Suda çözünebilir tortul kayaç olan kireçtaşı deniz kenarında kurak bir bölgeye göre daha hızlı çözünmektedir. Yaklaşık olarak 1 km uzunluğunda olan falezin 100 metrelik kısmı YLT kullanılarak taranmıştır.



Şekil 2. Çalışma alanı

Aşınma ve erozyon yeryüzünün morfolojisini yeniden şekillendirirler. Kayaların küçük parçalara ayrılmasına ayrışma, bu parçaların farklı bir bölgeye taşınmasına ise erozyon denilmektedir. Ayrışma sonucu oluşan küçük parçalara sediment denilmektedir. İnsan faktörleri, iklim, topografya, dalga ve rüzgâr erozyon oluşmasının başlıca sebepleridir.

Kayalık alandaki kıyı morfolojisi jeolojik durumdan, iklimden, su ve rüzgârdan etkilenir (Letortu ve ark. 2019). Kayacın kimyasal bileşimi, kohezyonu, porozitesi, içsel sürtünme açısı ve tek eksenli basınç dayanımı da erozyon sürecinde önemli rol oynamaktadır. Deniz seviyesinin yükselmesinden kaynaklı kıyı erozyonunun artacağı düşünülmektedir (Hapke & Plant 2010). Falezler genellikle düzensiz yüzeye sahip olduklarından dolayı onların erozyon miktarını tespit etmek kolay değildir (Marques vd. 2013). Erozyon miktarını azaltmak için genellikle dalgakıran kullanılmaktadır. Koruma sistemlerinde beton ve taş kullanılmaktadır (Pranzini vd. 2015). Arazi kullanım planlaması ve koruma sistemi hazırlanması için erozyon

miktarının tespiti gerekmektedir (Fangqiang & Zhonglei 2018).

Kıyı kenarında bulunan falezler genellikle dik pozisyonudur. 2025 yılında Dünya nüfusunun %75'inin deniz kenarlarında yaşaması beklenmektedir (Pranzini vd. 2015).

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Son yıllarda deniz falezleri üzerine yapılmış olan çalışmalar genellikle lazer tarayıcı kullanılarak falezlerin modellenmesine ve erozyon miktarının tespitine dayanmaktadır. Yersel lazer tarayıcı (YLT), hava lazer tarayıcı (ALS) ve mobil lazer tarayıcı (MLT) olmak üzere üç çeşit lazer tarayıcı bulunmaktadır.

Bir falezdeki erozyonun belirlenmesinde yersel ve hava lazer tarayıcı kullanımı arasındaki farklar belirlenmiştir (Young vd. 2010). Bir falezde olan heyelan YLT kullanılarak çalışılmıştır (Kuhn vd. 2014). Granit içeren bir falezin morfolojisi YLT ve batimetrik veri kullanılarak çalışılmıştır (Kennedy vd. 2014). Bir falez mobil lazer tarayıcı kullanılarak gözlem altına alınmıştır (Ossowski & Tysiac 2018). Bir falezdeki erozyonu belirlemek için ALS kullanılmıştır (Young 2018). Bir falezdeki erozyon miktarı YLT ve insanız hava araçlarından elde edilen nokta bulutları birleştirilerek belirlenmiştir (Obanawa & Hayakawa, 2018).

Bölgelerin turizmde tanıtılması için son yıllarda pek çok çalışmalar yapılmaktadır. Girne kenti için bir turizm haritası (Mulazimoglu & Basaraner 2019) oluşturulmuştur. Afyonkarahisar Şehri'nin jeoturizm potansiyeli (Özkaymak vd. 2017) tarafından, Muş İli ve yakın çevresinin jeoturizm potansiyeli (Dölek & Şaroğlu 2017) tarafından incelenmiştir. Konya İnce Minareli Medrese YLT kullanılarak 3B olarak modellenmiştir (Varlık ve ark. 2018). Bu tür çalışmaların her il için yapılması turizm gelirlerinin artmasına yol açacaktır.

4. METHOD

Light Detection and Ranging (LIDAR) teknolojisi bize objeye temas etmeden objenin 3B modelini ortaya çıkartmamıza olanak sağlamaktadır. Lazer tarayıcılar arkeolojide, mühendislik projelerinde, afet bölgelerinin haritalandırılmasında, kıyı çizgisi izlenmesinde ve ormancılık faaliyetlerinde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada 8 Mart 2019 tarihinde özellikleri Tablo 1'de belirtilen Faro Focus^s 350 marka YLT (Şekil 3) kullanılarak falezde yaklaşık 3m uzaklıktan dört adet tarama yapılmıştır. Taramaların özellikleri Tablo 2'de gösterilmektedir. YLT dakikalar içerisinde objeye milyonlarca nokta atışı yapmakta ve objeye çarpıp geri dönen noktaları kayıt altına almaktadır. 360 derece dönebilme özelliğine sahip olan YLT bir tripod üzerine monte edilmekte ve tarama boyunca yavaş bir şekilde kendi eksenini etrafında dönmektedir. Yüksek çözünürlükte alınan

noktalar Scene 2019 programında birleştirilmekte ve objenin 3B nokta bulutu elde edilmektedir.

Tablo 1. Lazer tarayıcı teknik özellikleri (Faro 2018)

Özellik	Değeri
Batarya süresi	4.5 saat
Batarya Adedi	2
Uygun çalışma sıcaklığı	5-40 C°
Ağırlığı	4.2 kg
Uzunluk ölçüleri	240*200*100 mm
Uzaklık hassasiyeti	±1 mm
Veri alma mesafesi	0.6-350 m
Çözünürlük	165 MP
Ölçüm hızı	976.000 nokta/saniye
SD kart	32 GB

Tablo 2. Lazer tarama özellikleri

Özellik	Bilgi
Tarama sayısı	4
Çözünürlük	1/2
Kalite	3x
HDR	3x
Işık	Zenith weighted



Şekil 3. Yersel lazer tarayıcı

5. BULGULAR

Bu çalışmada dört adet tarama yapılmış ve taramalar cloud-to-cloud yöntemiyle Scene 2019 programında birleştirilmiş ve nokta bulutu oluşturulmuştur. Clipping box kullanılarak Scene programında falezden ortofotolar (Şekil 4-7) çıkartılmıştır.

Denizin falez ile temas ettiği yerlerden YLT ile tarama yapılamamıştır. O yüzden böyle arazilerde mobil lazer tarayıcı daha uygun olacaktır. Hava lazer tarayıcı maliyetinin çok yüksek olmasından dolayı tercih edilmemektedir.

Falez yüzeyinin düzensiz bir geometrik şekle sahip olmasından dolayı daha güzel model ortaya çıkartabilmek için daha fazla sayıda tarama yapmak gerekmektedir.

Düzenli aralıklarla yapılacak taramalar ile falezde meydana gelen değişiklikler izlenebilecektir. Bu sayede yıllık erozyon miktarı tespit edilebilecektir.



Şekil 4. 3B nokta bulutu



Şekil 5. 3B nokta bulutu



Şekil 6. 3B nokta bulutu



Şekil 7. 3B nokta bulutu

6. SONUÇLAR

Mersin kentinde çok fazla sayıda jeolojik öneme sahip lokasyon bulunmaktadır. Jeoturizmin geliştirilmesiyle bölge halkının refah düzeyi artacaktır. Falezler doğal güzelliklerinden dolayı turistlerin ilgisini çekmektedir. Bu çalışmada turistik öneme sahip olan bir falez YLT kullanılarak 3B olarak modellenmiştir. Elde edilen model ile bölgenin turizmde tanıtılması sağlanacaktır. Yıllar içerisinde yapılacak olan taramalar ile bölgenin erozyondan etkilenme miktarı tespit edilecek ve gereken önlemlerin alınması konusunda önerilerde bulunulacaktır.

KAYNAKÇA

Dölek İ & Şaroğlu F (2017). Muş ili ve yakın çevresinde jeoturizm açısından değerlendirilebilecek jeositler. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 27(2), 1-16.

Fangqiang C & Zhonglei S (2018). A model for calculating the erosion distance of soft sea cliff under wave loading. *Acta Oceanologica Sinica*, 37(7), 69-77.

Faro Laser Scanner User Manual (2018).

Hapke C & Plant N (2010). Predicting coastal cliff erosion using a Bayesian probabilistic model. *Marine Geology*, 278, 140-149.

Kennedy D M, Ierodiaconou D & Schimel A (2014). Granitic coastal geomorphology: applying integrated terrestrial and bathymetric LiDAR with multibeam sonar to examine coastal landscape evolution. *Earth Surface Processes and Landforms*, 39, 1663-1674.

Kuhn D & Prüfer S (2014). Coastal cliff monitoring and analysis of mass wasting processes with the application of terrestrial laser scanning: A case study of Rügen, Germany. *Geomorphology*, 213, 153-165.

Letortu P, Costa S, Maquaire O & Davidson R, (2019). Marine and subaerial controls of coastal chalk cliff erosion in Normandy (France) based on a 7-year laser scanner monitoring. *Geomorphology*, 335, 76-91.

Marques F M S F, Matildes R & Redweik P (2013). Sea cliff instability susceptibility at regional scale: a statistically based assessment in the southern Algarve, Portugal. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13, 3185-3203.

Mulazimoğlu, E. ve Basaraner, M (2019). User-centred design and evaluation of multimodal tourist maps. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 4(3), 115-128.

Obanawa H & Hayakawa Y S (2018). Variations in volumetric erosion rates of bedrock cliffs on a small inaccessible coastal island determined using measurements by an unmanned aerial vehicle with structure-from-motion and terrestrial laser scanning. *Progress in Earth and Planetary Science*, 33(5), 1-10.

Oskay C (2012). Mersin turizminin Türkiye ekonomisindeki yeri ve önemi. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(2),185-202.

Ossowski R & Tysiã P (2018). A new approach of coastal cliff monitoring using mobile laser scanning. *Polish Maritime Research*, 25, 140-147.

Özkaymak Ç, Yıldız A, Karabaşoğlu A, Bağcı M & Başaran C (2017). Seydiler (Afyonkarahisar) ve çevresinin jeoturizm potansiyelinin

belirlenmesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 60, 259-282.

Pranzini E, Wetzel L & Williams A T (2015). Aspects of coastal erosion and protection in Europe. *Journal of Coastal Conservation*, 19, 445-459.

Sözlü H & Yılmaz L (2020). Mersin Toroslar'da Çandır Kalesi. *Art-Sanat*, 13, 361-385.

Varlık A, Uray F & Metin A (2018). Üç boyutlu kent modellerinde ayrıntı düzeyi kavramı İnce Minareli Medrese (Konya) örneği. *Geomatik Dergisi*, 3(1), 74-83.

Young A P, Olsen M J, Driscoll N, Flick R E, Gutierrez R, Guza E, Johnstone E & Kuester F (2010). Comparison of Airborne and Terrestrial Lidar Estimates of Seacliff Erosion in Southern California. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 76(4), 421-427.

Young A P (2018). Decadal-scale coastal cliff retreat in southern and central California. *Geomorphology*, 300, 164-175.



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



Konya Teknik Üniversitesi Sürekli Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi rölöve projesinin lazer tarama yöntemiyle hazırlanması

Abdurrahman Talha Cerit*¹, Muhammed Batuhan Kör¹

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Kültürel Miras
Yersel Lazer Tarama
3B Nokta Bulutu
Yersel Lazer Tarayıcı
Mimari Belgeleme

ÖZ

Tarih boyunca, Konya birçok medeniyete ev sahipliği yapmış, içinde birden fazla kültürel mirasa sahip bir ilimizdir. Bu kültürel miraslardan bize kalan eserlerden bir tanesi Konya Teknik Üniversitesi Sürekli Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi'dir. Tarihi yansıtan bu eseri gelecek nesillere aktarmak, korumak, gerektiğinde yeniden inşa etmek ve belgelemek için birçok yöntemden birisi olan yersel lazer tarama yöntemi kullanılmaktadır. Söz konusu yöntem sayesinde kültürel mirasların hızlı, hassas, detaylı bir şekilde ölçülmesi sağlanmaktadır. Yersel lazer tarama cihazı Faro Laser Scanner X-330 Hdr kullanılarak Konya Karatay ilçesinde bulunan söz konusu tarihi yapının 3B belgelenmesi gerçekleştirilmiştir. Belgelemelerden elde edilen veriler bilgisayar ortamında işlenerek 3B nokta bulutu oluşturulmuştur. Bu nokta bulutu Cad programında işlenerek istenilen cephenin rölevesi oluşturulmuştur.

Production of the Architectural Survey of Konya Technical University Continuing Education Center with A Terrestrial Laser Scanner System

Keywords

Cultural Heritage
Terrestrial laser scanning
3D point cloud
Terrestrial laser scanner
Architectural
documentation

ABSTRACT

Throughout history, Konya has hosted many civilizations, and it has been a capital with more than one cultural heritage. One of these cultural buildings is 'Konya Technical University Continuous Education Execution and Research Center' which is one of these mentioned cultural heritages. This historic building is scanned by 'terrestrial laser scanning' which is one of the many methods that is done by that purpose to transfer this artifact to future generations, to protect it, to rebuild it when it's necessary and to document it. This method provides a fast, delicate and detailed measurement of cultural heritages. 3-D documentation of the historic building within the Karatay district of Konya has scanned with terrestrial laser scanning. As a result of this documentation study, the 3D point cloud has been created by processing the obtained statistics in a computer environment. This point cloud has been processed with 'Cad' program and its architectural survey has been created with its desired side.

1. GİRİŞ

Gelişen bilim ve teknoloji, ölçme yöntemlerinde de yeniliklere neden olmuştur. Bu yeniliklerden bir tanesi yersel lazer tarama yöntemidir.

Bu teknolojinin 3B konum bilgisi sağlaması ve yüksek doğruluk payı sayesinde, uzun zaman alan ve yanlış payı daha fazla olan klasik ölçme yöntemlerine kıyasla yüksek maliyet gerektiren projeler yersel lazer tarama yöntemi ile kolaylıkla yapılabilmektedir (Bae & Lichti 2004; Safkan vd. 2014).

Lazer tarama yönteminin bu kolaylıkları sayesinde kültürel mirasların taranması ve bu sayede belgelenecek tahrip olma durumunda restorasyonunun yapılmasında avantaj sağlanmaktadır (Koch vd. 2006; Korumaz 2016).

Bu belgeleme işlemlerinin ilk adımı röleve projelerinin hazırlanmasıdır. Rölevelerin oluşturulması yapının yenilenmesinde kullanılması ve kültürel varlığını devam ettirmesi açısından son derece önemlidir çünkü bu röleveler yenileme çalışmalarında altlık olarak kullanılmakta böylelikle yenileme çalışmaları yapılarak yapıların ömrünün uzatılması ve gelecek nesillere bu kültürel mirasların aktarılması sağlanmaktadır (Okuyucu ve Çoban, 2019).

Yersel lazer tarayıcı ile Konya ilinde Karatay ilçesinde bulunan tarihi yapılardan biri olan ve günümüzde Konya Teknik Üniversitesi Sürekli Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi olarak kullanılan yapı taranarak daha sonrasında elde edilen veriler bilgisayar ortamında işlenerek, 3B nokta bulutu elde edilmiştir. Bu nokta bulutu Cad programı kullanılarak binanın doğu cephe rölevesi oluşturulmuştur.

1.1. Konya Teknik Üniversitesi Sürekli Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi

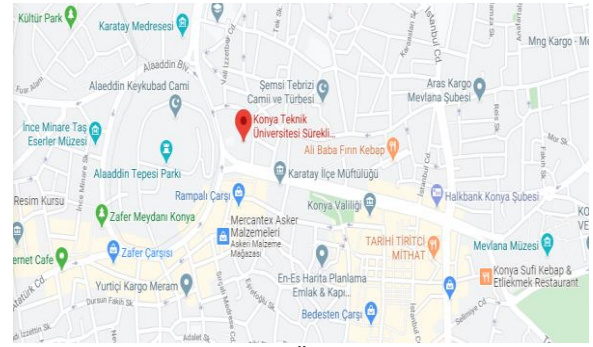
Karatay İlçesi, Şems Mahallesi, Mazhar Babalık Sokak'ta bulunmaktadır. Vali İzzet Bey tarafından, Alman şirketi olan 'Leno'ya yıktırılan Kazanlı Medresesi yerine 1926-27 yıllarında yaptırılmıştır. Binanın yapımında kesme taş kullanılmış olup, yığma tekniğiyle inşa edilmiştir. Okul, E tipi planlı olup Bodrum kat üzerinde iki katlıdır. Okulun birinci katında dört sınıf, bir müdür odası yer alır. İkinci katta beş sınıf, bir müdür muavini odası bulunmaktadır. Bodrum kat üç sınıf ve bir öğretmen odası olarak planlanmıştır. Batı giriş kapısının üzerinde stilize bitki motifleri vardır. Birinci kat pencereleri yuvarlak, ikinci kat pencereleri ise sivri kemerlidir (Şekil 1) (Konya Yenigün Gazetesi 2020).

Eski adıyla Gazi Mustafa Kemal İlkokulu, Konya Büyükşehir Belediyesinin, Mevlâna Kültür Vadisi Projesi kapsamında 2017 yılında yenileme çalışması başlatıldı. Bu yenileme çalışması toplamda iki milyon beş yüz elli bin liraya mal oldu. Çalışmalar 2018 yılının ilk aylarında tamamlandı ve kısa bir süre boyunca Konya Büyükşehir Belediyesi'nin El kart

bürosu olarak hizmet verdi. Sonraki süreçte Konya Teknik Üniversitesi Rektörlüğü'ne devredildi. Konya Teknik Üniversitesi tarafından alınan kararla Sürekli Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi olarak kullanılmaya başlandı (Memleket 2020).



Şekil 1. Konya Teknik Üniversitesi Sürekli Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi



Şekil 2. Konya Teknik Üniversitesi Sürekli Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi

2. YÖNTEM

Projenin işlem adımları aşağıda verilmiştir.

- Çalışma alanının belirlenmesi
- Lazer tarama işlemi
- Veri birleştirilmesi
- Veri işlenmesi
- Verilerin Cad ortamına aktarılması
- Cad ortamında yapının plan, kesit ve görünüşlerinin çizilmesi.

Yapıyı tarama işleminde "Faro Laser Scanner X-330 Hdr" yersel lazer tarayıcı kullanılmıştır (Şekil2). Özellikleri Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Lazer tarayıcı teknik özellikleri

Özellik	Değeri
Batarya süresi	4 saat
Batarya adedi	2
Uygun çalışma sıcaklığı	5 - 40 C°
Ağırlığı	2,5 kg
Uzaklık hassasiyeti	±0,2 mm
Veri alma mesafesi	0,6-330 m
Çözünürlük	170 MP
Ölçüm hızı	976.000 nokta/saniye



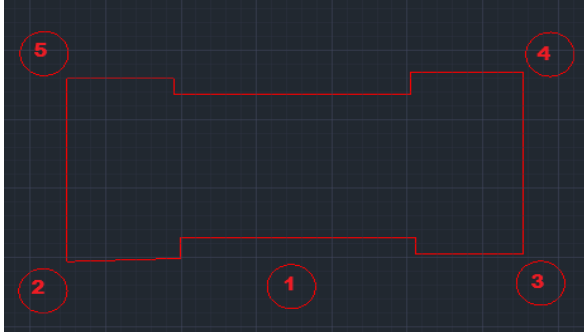
Şekil 3. Faro Lazer Tarayıcı X-330 Hdr

Ayrıca Faro Laser Scanner yatayda 360, dikeyde ise 305 derecelik açı ile koordinatlı nokta bulutu verisi üretebilmektedir.

Bu çalışmada hedef kullanılarak yapı etrafında yapılan taramalar (Şekil 4) ile bilgiler Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Taramada kullanılan parametreler

Özellik	Değer
Tarama sayısı	5
Çözünürlük	1/4
Kalite	3x
Tarama boyutu [Pn]	7396 x 2589



Şekil 4. Taramaların dağılımı

Yapının röleve ölçümleri, yersel lazer tarama yöntemiyle yapılmıştır. Lazer tarama yöntemiyle röleve ölçümleri aşamasında tarama işleminin gerçekleştirileceği istasyon konumları, tarama yapılacak istasyon sayıları ve taramanın görüntü çözünürlüğü belirlenmiştir. Lazer tarama istasyon sayısı ve yerleri taranacak yapının dış mekan detaylarının, yatay ve düşey kesitlerinin ve cephesinin tamamını kapsayacak şekilde seçilmeye çalışılmıştır. 0:32:05 dakikalık tarama süresinde yapı renkli olarak taranmıştır. Ölçümler sırasında referans olarak hedef kâğıdı kullanılmıştır (Şekil 5).

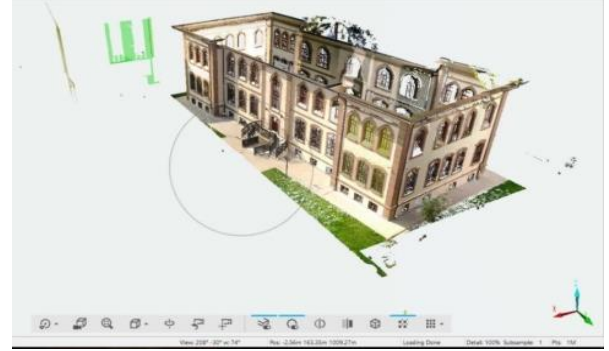


Şekil 5. Hedef kâğıdı

Yapının ölçümleri tamamlandıktan sonra, cihaz içine yerleştirilen hafıza kartına kaydedilen veriler, hafıza kartı aracılığıyla bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bilgisayar ortamına aktarılan tarama dataları nokta verisi işleme yazılımına import edildikten sonra her tarama kendi içerisinde hedef kâğıdı referansları yardımıyla 3B'de x, y, z koordinatları olarak birleştirilmiştir. Birleştirme sonucu oluşan nokta bulutu gereksiz verilerden temizlenmiştir ve nokta verisi işleme yazılımında import edilerek CAD ortamında işlem yapılabilir hale getirilmelidir. Nokta bulutu CAD de açıldıktan sonra çizime hazır hale getirilmesi için 'rotate' komutu ile bina dik olarak ayarlanmalıdır. Çizime hazır hale getirildikten sonra röleve işlemi tamamlanmalıdır.

3. BULGULAR

Cumhuriyet dönemi yapılarından olan binamız tarama sonucu nokta verisi işleme yazılımında oluşturulan gereksiz noktalardan temizlenmiş nokta bulutu görüntüsü Şekil 6' de verilmiştir.



Şekil 6. Yapının gereksiz noktalardan temizlenmiş nokta bulutu hali

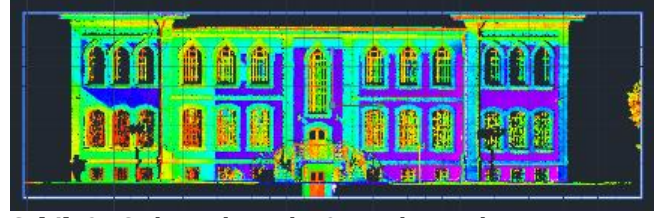
Yapının Cad yazılımında 3B nokta bulutu verisi görünümü Şekil 7' de plan, Şekil 8' da doğu cephe, olarak verilmiştir



Şekil 7. Cad Yazılımında 3B Nokta Bulutu Verisi Görünümü (Plan)



Şekil 8. Cad Yazılımında 3B Nokta Bulutu Verisi Görünümü (Doğu Cephe)



Şekil 9. Cad Yazılımında 3B Nokta Bulutu Verisi Intensity colour Görünümü (Doğu Cephe)



Şekil 10. Konya Teknik Üniversitesi Sürekli Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğu Cephesi

Mimari belgeleme çalışmalarında yapılara ait plan çizimleri yapının 3B nokta bulutu verileri üzerinden çizilebilmektedir. Aktarılan nokta bulutu verisinden yararlanılarak istenilen cephe çizilmiştir.

4. SONUÇLAR

Cumhuriyet döneminde yapılan yapı Konya kenti için önemli ve korunması gereken bir kültür varlığıdır. Kültürel varlığını devam ettirmesi için yapının yenileme geçirerek kullanım ömrünün uzatılması gerekmektedir. Bu yenileme çalışmalarında altlık olarak kullanılacak röleve çizimlerinin yapılması gerekmektedir. Binanın ömrünü uzatmak ve sürdürülebilirliğini sağlamak adına yenileme projesinin ilk aşaması olan röleve çizimleri oluşturulmuştur. Röleve projelerinin hazırlanması için yersel lazer tarama yöntemi tercih edilmiştir. Doğru ölçümün yapılmasına yönelik lazer tarayıcı kullanmak, röleve projelerinin hatasız hazırlanmasına olanak sunmaktadır. Yersel lazer tarama teknolojileri kullanılarak yapı üzerine binlerce bazen de milyonlarca nokta atılmaktadır. Bu noktalar yardımıyla gerçeğe yakın 3B modeller elde edilmektedir. Oluşturulan 3B modeller sayesinde yapının geometrik bilgilerine ulaşılabilir. Bu geometrik bilgiler sayesinde yapının tahrip olması durumunda restorasyon ve onarım işlemi çok kolaylaşmaktadır.

Lazer tarama yöntemiyle elde edilen veriler, CAD ortamında sayısal rölevelere dönüştürülmüştür ve iki boyutlu röleve çizimi hazırlanmıştır (Şekil 10).

Tarihi önem taşıyan ve dönemin özelliklerini yansıtan Konya Teknik Üniversitesi Sürekli Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi cepheleri hakkında 3B nokta bulutu verisi yersel lazer tarayıcısı kullanılarak elde edilmiştir. Lazer tarayıcı yapının beş adet istasyonda kurularak yapının farklı açılardan taraması gerçekleştirilmiştir ve toplamda 95.5 milyon nokta atılmıştır gereksiz noktalar temizlendikten sonra 20.3 milyon nokta kalmıştır ve işlemlere devam edilerek yapının dış cephe görüntüsü çıkarılmış, gereksiz noktalardan temizlenmiş ve nokta bulutu oluşturulmuştur. Nokta bulutu CAD ortamına aktarılarak CAD ortamında çizime hazır hale getirilip doğu cephesinin röleve çizimi yapılmıştır. Lazer tarama teknolojisi kullanılması yapının dış cephesi hakkında röleve ve görsel belgelerine ulaşma imkânı sağlamıştır. Kültürel ve işlevsel olarak sürdürülmesi gereken yapının röleve çizimlerinin lazer tarama yöntemiyle yapılması, hata payının minimum olmasına, zaman tasarrufuna ve yenileme projesinin doğru yapılmasına olanak sağlamaktadır. Projede Konya Teknik Üniversitesi Sürekli Eğitim Uygulama ve

Araştırma Merkezi'nin doğu cephesinin rölevesi yersel lazer tarama yöntemiyle hızlı ve hassas bir şekilde oluşturulmuştur.

KAYNAKÇA

Bae K H & Lichti D, (2004). Edge and tree detection from three-dimensional unorganised point clouds from terrestrial laser scanners. In Proceedings of 12 Australasian Remote Sensing and Photogrammetry Conference. 1-9.

Koch B, Heyder U, Weinacker H, (2006). Detection of individual tree crowns in airborne lidar data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 72(4), 357-363.

Konya Yenigün Gazetesi 2020.
<http://www.konyayenigun.com/kultur-sanat/cumhuriyetin-ilk-donemlerinde-konyada-egitim-ogretim-h124023.html>, Erişim tarihi: 13 Nisan 2020.

Korumaz M, (2016). Kültürel Mirasın 3D

Memleket 2020.

<https://www.memleket.com.tr/ktun-ek-binasi-belli-oldu-1706775h.htm>, Erişim tarihi: 13 Nisan 2020.

Okuyucu Ş E & Çoban G, (2019). Afyonkarahisar Dinar Bademli Köyü Cami Röleve Projesinin Lazer Tarama Yöntemiyle Hazırlanması. The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication. 9(2), 249-262.

Safkan S, Hamarat H, Duran Z, Aydar U & Çelik M, (2014). Yersel Lazer Tarama Yönteminin Mimari Belgelemede Kullanılması. V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2014). İstanbul.



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



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

Mehmet Özgür Çelik*¹, Seda Nur Gamze Hamal², İrem Yakar³

¹Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

²İstanbul Teknik Üniversite, 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).

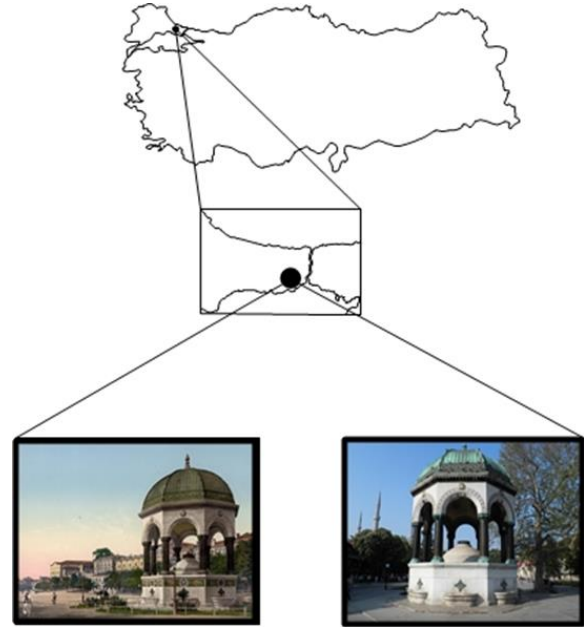
Geçmiş uygarlıkların ve bulunduğu coğrafyanın izlerini taşıyan, tarihe ışık tutan yazı ve detayları içeren kültürel miras niteliğindeki varlıkların epigrafik açıdan incelenmesi ve bu bağlamda dokümantasyonun oluşturulması çalışmalarında YLT tekniği sıklıkla tercih edilmeye başlanmıştır. Bu teknik LİDAR (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^s 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).

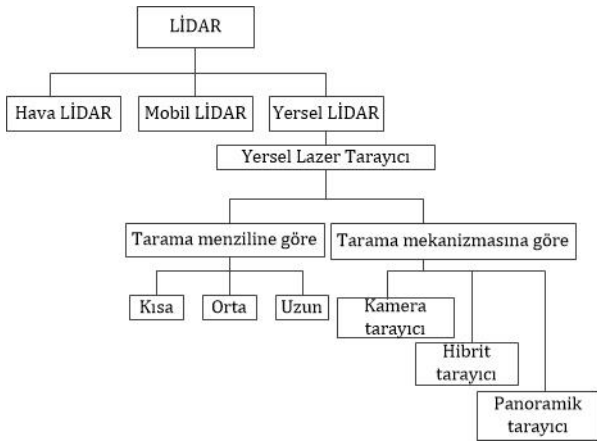


Şekil 1. Çalışma alanı (Wikimedia Commons 2020)

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 (ξ) ve konum açısı (α) ölçülmektedir (Beg, 2018; Yakar vd., 2020). Ölçülen bu kutupsal koordinatlardan cihaz içerisinde kartezyen koordinatlara (x , y , z) dönüşümü gerçekleştirilmektedir (Eşitlik 1, 2, 3).

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

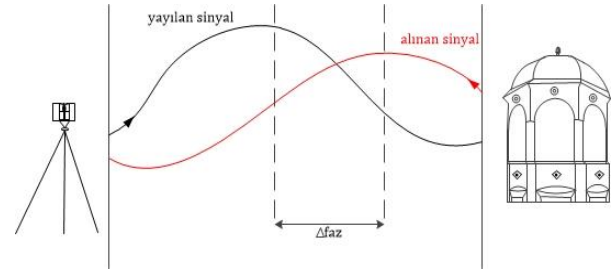
$$Y = r * \sin \xi * \sin \alpha \quad (2)$$

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

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

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

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

Zaman farkı (Δt) (Eşitlik 7), yayılan ve alınan sinyal arasındaki faz farkı ($\Delta\phi$) ve sinyal periyodu arasındaki faz farkı olan λ/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

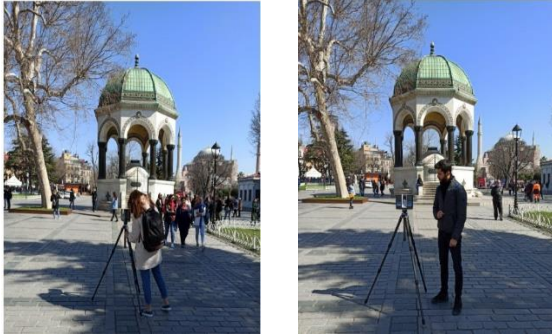
Söz konusu eserin belgelenmesi çalışmasında, Faro FocusS 350 model yersel lazer tarayıcı cihazı

kullanılmıştır. Başlıca özellikleri aşağıdaki tabloda sunulmuştur (Tablo1).

Tablo 1. Focus^s 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).

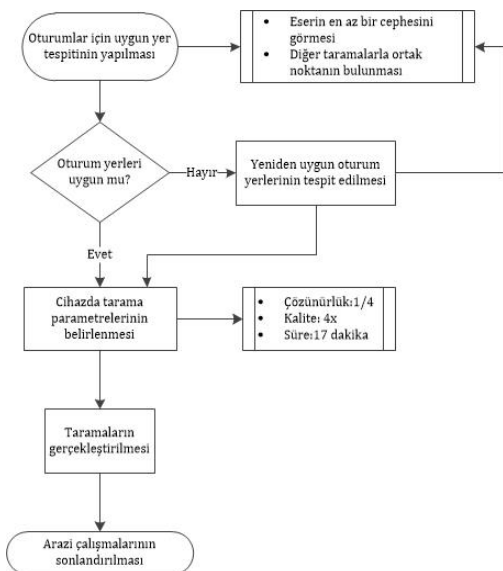


(a)

(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).

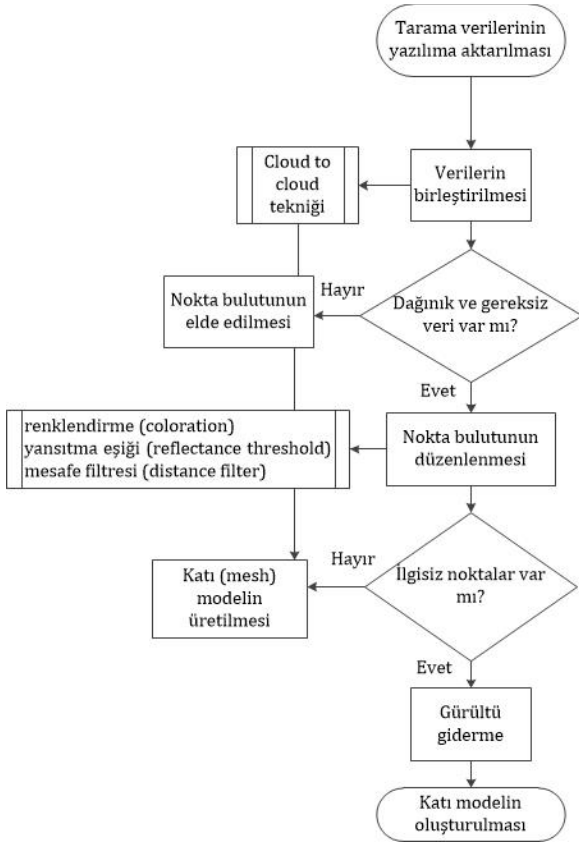


Şekil 6. Alman Çeşmesi'ne ilişkin nokta bulutu görseli

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

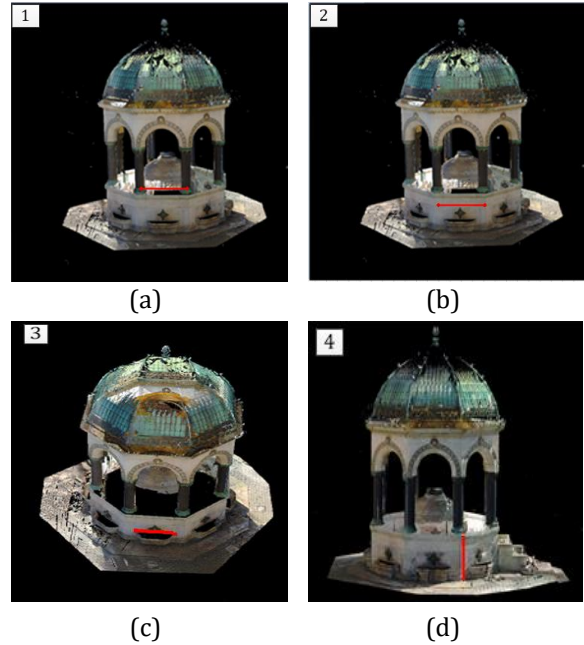
Çalışmaya konu kültürel miras niteliğindeki tarihi eser, İstanbul'un yoğun olarak ziyaret edilen Sultan Ahmed Meydanı'nda yer almaktadır. Alanın tarihi, kültürel ve sosyal dokusu nedeniyle turistlerin uğrak noktası olması neticesinde taramalar arzu edilen sürede ve kalitede elde edilememiştir. Bundan 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 (± 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 ²)	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 objeye 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 (± 5.89 mm) bulunmuştur. Bu değer doğrultusunda 3B modelin kültürel mirasın dokümantasyonu çalışmalarında kullanılabileceği belirlenmiştir.

Ayrıca çalışmada Faro Focus^s 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/>