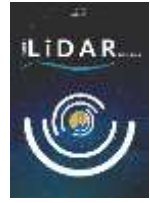




Türkiye LiDAR Dergisi

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

e-ISSN 2717-6797



Küçük Objelerin Üç Boyutlu (3B) Modellenmesinde Yersel Lazer Tarama (YLT) Tekniği

Zekeriya KAÇARLAR¹ Seda Nur Gamze HAMAL*¹

¹Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, Mersin, Türkiye

Anahtar Kelimeler

YLT,
Küçük Obje Modellemesi,
Arkeoloji,
3B Modelleme.

ÖZET

Kültürel miras eserlerinin Yersel Lazer Tarama (YLT) tekniği ile 3B sayısallaştırılması, tarihi koruma amaçları için oldukça önemlidir. Bunu yaparak, turizm, doğal afetler ve savaş hasarı gibi olaylara karşı eserlerin korunmasına yardımcı olurken, dünyanın dört bir yanındaki araştırmacılar için 3B verilere erişim sağlamaktadır. Bu makalede literatürde yapılan çalışmalar değerlendirilerek kullanılan yöntemler ele alınmıştır. Bu doğrultuda Mersin ilinde tarihi öneme sahip olan Soli Pompeopolis Antik kentinde bulunan taş blok yersel lazer tarayıcı ile taranmıştır. Tarama verileri ticari bir yazılımda birleştirilmiş ve kültürel mirasa ait 3B model oluşturulmuştur.

Laser Scanning Technique for 3D Modeling of Small Objects

Keywords

Terrestrial Laser Scanning,
Small Object Modeling,
Archaeology,
3D Modeling.

ABSTRACT

3D digitization of cultural heritage artifacts with Terrestrial Laser Scanner (YLT) technique is very important for historical preservation purposes. By doing so, it helps protect artifacts against events such as tourism, natural disasters and war damage, while providing access to 3D data for researchers around the world. In this article, the studies in the literature are evaluated and the methods used are discussed. In this direction, the stone block in the ancient city of Soli Pompeopolis, which has historical importance in Mersin, was scanned with a terrestrial laser scanner. The scan data were combined in a commercial software and a 3D model of the cultural heritage was created.

* Sorumlu Yazar (*Corresponding Author)

Kaynak Göster / Cite this article (APA);

(zekeriyakacarlar@gmail.com) ORCID ID 0000-0003-0232-9574

Kaçarlar Z & Hamal S N G (2021). Küçük Objelerin Üç Boyutlu (3B) Modellenmesinde Yersel Lazer Tarama (YLT) Tekniği. Türkiye Lidar Dergisi, 3(2), 65-70.

*(sedanurgamzeshamal@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-1050-3088

1. GİRİŞ

Dijital teknolojilerin gelişmesiyle beraber 3B modelleme, arkeolojik çalışmalar açısından farklı yöntemler kullanılmasına olanak sağlamıştır. 3B modeller, bir eser hakkında metrik ölçülerini, korunma durumunu ve yüzeyin özellikleri hakkında bilgi sunmaktadır (Alptekin vd., 2019; 2019b). Ayrıca eserlerin özellikle zaman içerisinde kaybolan kısımlarına ilişkin alanlar tamamlanabilmekte ve eserlerin üretildikleri dönemde nasıl göründüklerine dair bilgilere ulaşabilmektedir (Lastilla 2019). Kültürel miras paha biçilmez varlıklar olarak tanımlanmış, yüzyıllardır insanların sosyal yaşamlarını sonraki nesillere aktarmaktadır (Erene & Yakar, 2012; Ulvi & Yakar, 2014; Memduhoğlu vd., 2020). Kültürel mirasın doğru bir şekilde tanımlanması ve korunması ihtiyacı iyi anlaşılmıştır. Bilgisayarlar ve dijital cihazlar gibi yeni teknolojiler yeni pencereler açarak ve kültürel mirası koruma çabaları için yeni fırsatlar sağlamaktadır (Ulvi 2021; Taşdemir vd., 2008; Hamal vd., 2020; Ernst vd., 2021).

Kültürel mirasın korunması ve tanıtılması her geçen gün popüler bir hale gelmektedir. Bunun için tanıtım çok önemlidir. Kültürel Miras Toplumsal açıdan ve kentin kimliğinin temsili açısından kenti etkin kılmaktadır. Belgeleme, sunum ve iletişim etkin olarak kullanıldığında kentin tanıtımı doğru bir şekilde yapılabilmektedir (Korunmaz vd. 2011; Oruç, 2021; Yakar ve Yılmaz, 2008).

Metrik, yazılı, görsel belgeleme kültürel mirasın sorunlarının tespitinde gelecek nesillere bu mirasın aktarılmasında fayda sağlamaktadır. Günümüzde belgeleme çalışmaları teknoloji ile beraber yöntem çeşitliliği açısından oldukça zengin bir hal almıştır. Bu açıdan belgeleme yöntemleriyle kültürel mirasın kalıcı kılınması sosyal, kültürel, ekonomik açıdan şehri geliştirmesi ve önemli kılmasını sağlamaktadır. (Yakar vd., 2005; Uslu vd., 2016; Yaman & Kurt 2019).

Son zamanlarda, çeşitli yöntemler veya yaklaşımlar kullanılarak küçük eserlerin 3B belgelenmesi ve modellenmesi ile ilgili birçok girişim rapor edilmiştir. Bir eserin küçük obje olarak değerlendirilip dijitalleştirilmesinin temel özelliği onun boyutudur (Yakar vd., 2009; 2010). Arkeolojide anıtsal heykelleri saymazsak, modellenen nesnelere genellikle bir insan boyunu geçmezler. Müze objeleri, tarihi kutsal nesnelere içeren özel bir miras kategorisidir. Arkeoloji dışında küçük objelerin modellenmesi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır (Zachar vd., 2017; Evcim, 2015; Mohammed ve Yakar, 2016).

Tablet ve küçük nesnelere gibi arkeolojik buluntularda uygulanan metodolojik ilkeler ve genel prosedürler açısından iyi tanımlanmış olsalar bile, özel olarak yapılan çalışmalarda yeni teknik çözümler olmalıdır (Yılmaz vd., 2008; 2012) Antik eserlerin doğru edinimi ve 'okunması' ile ilgili konular eserin büyüklüğü ve korunma durumuna göre değişmektedir (Lastilla 2019).

Kültürel mirasın 3B modellemesinde farklı teknikler kullanılmaktadır. Kültürel mirasta en çok kullanılanlar yersel fotogrametri, yapı sensörleri ve YLT'dir.

Yersel fotogrametri, ulaşılması zor yerleri yüksek hassasiyetle ölçmektedir. Sağladığı bu kolaylık zaman ve maliyet açısından fayda sağlamaktadır. Belgeleme ile

yapılan çalışmalar gelecek nesillere aktarılmada kolaylık sağlamaktadır (Yılmaz vd., 2008).

Yapı Sensörü, yapılandırılmış ışık menzilli bir kameradır. Kızılötesi lazer projektör ve frekans uyumlu kızılötesi kameradan oluşur. İlki, modellenen nesnelere yüzeyinde binlerce görünmez kızılötesi noktadan oluşan bir desen yayar, ikincisi ise ortamın orijinal deseni nasıl deforme ettiğini kaydeder ve böylece 3B geometriyi (şekil ve boyutlar) elde eder. Her koşulda, piyasada bulunan diğer seri kameralardan farklı olarak, Yapı sensörünün kendi renkli kamerası yoktur ve bu nedenle nesne dokusu, bağlı olduğu tablet/akıllı telefonun renkli kamerası tarafından yakalanmıştır (Ravanelli vd., 2017).

YLT tekniği LİDAR (Light Detection and Ranging-Işık Tespiti ve Mesafe Ölçme) sistemi içerisinde yer almaktadır. Bu yöntemde taranan objeye ait üç boyutlu (3B) nokta bulutu hassas ve hızlı bir şekilde elde edilebilmektedir. Elde edilen nokta bulutundan kültürel mirasın belgelenmesi için 3B modeli oluşturabilmektedir. Bu bağlamda, üretilecek nokta bulutunun sıklığı, metrik doğruluğu son derece önem ifade etmektedir. Bu doğrultuda YLT tekniğinin kültürel mirasın belgelenmesi çalışmalarında kullanımı artmaya başlamıştır (Sarı vd., 2020).

Lachat vd. (2017) çalışmalarında, farklı konuları kapsayan çeşitli deneyler gerçekleştirmişlerdir; Yapılan çalışmada renk aralığının etkisi, küçük eserlerde uygulanan el tipi bir 3B tarayıcı kullanılarak geometrik bir sayısallaştırma için hassasiyetin yeterli olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 1).

Metrik belgeleme ek olarak, heterojen morfolojilere sahip çanak çömleklerin orijinal halleriyle uzaktan çömlek çalışması yapmak için farklı sanal restorasyon yapılmasına izin vermiştir (Arbace 2013; Barreau vd., 2014; Tsiafaki vd., 2016; Lachat vd., 2017).



Şekil 1. 3B model için kullanılan, pişmiş topraktan üretilen İnka Öncesi antik eser (Lachat vd., 2017)

Lastilla (2019), yapmış olduğu çalışmada 3B model üretimi için YLT, yapı sensörleri ve yersel fotogrametri teknikleri tercih edilmiştir. Yapı sensörleri ile nesneyi kesen bir lazer düzlemi oluşturmak için silindirik bir

merceğe çarpan kırmızı bir lazer modülü (5mW, 650 nm) ile gerçekleştirilmiştir ve David-Laser scanner yazılımı [v.3.10.4] kullanılmıştır. Bu yazılım, lazer düzleminin hareket ettirilmesine izin veren gerçek zamanlı kendi kendine kalibrasyon avantajına sahiptir. Görüntüleri kaydetmek için 1280x1024 piksel çözünürlüğe sahip Thorlabs 1645c kamera kullanılmıştır. Görüntüler 10 fps'de çekilmiştir ve nesne her yeni tarama için 15° döndürülmüştür. Taramalar, David-Laserscanner kullanılarak birleştirilmiştir (Lastilla 2019).

Yapı sensörleri ile elde edilen 3B model 200-400 µm arasında bir çözünürlüğe sahiptir ve bu, nesnenin maksimum boyutunun %0.06'sı düzeyinde bir çözünürlüğü temsil etmektedir. Yapı sensörleri ile tarama iyi kalitede 3B görüntüler vermiştir, ancak dikey çizgiler oluşmuştur. Bunun nedeni, görüntü alma sıklığı tarama hızından daha az olmasıdır. Step motor kullanılarak bu etki kaldırılmıştır. YLT ile elde edilen çözünürlük de yapılandırılmış ışık taraması ve yersel fotogrametri ile benzer özelliktedir. David-Laserscanner ve MeshLab yazılımı kullanılmıştır (Lastilla 2019).

Elde edilen 3B modellerin olası deformasyonunu tahmin etmek için iki tür analiz gerçekleştirilmiştir. Bir yandan, modeldeki iki nokta arasındaki uzunluk, gerçek uzunlukla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma, YLT ve yapılandırılmış ışık taraması ile elde edilen tek bir taramanın aynı bölgesinde ve yersel fotogrametri ile elde edilen modelin aynı bölgesinde yapılmıştır. Sonuçlar, ortalama yersel fotogrametri ve yapılandırılmış ışık taraması için %99,7 doğruluk göstermiştir. YLT için yatay yönde (göz eksenini) %96,2 ve dikey yönde (YLT yönüne dik) %99,2 doğruluk elde edilmiştir (Lastilla 2019).

Ravanelli vd., (2017), yapmış oldukları çalışmada Yapı Sensörünün kullanılabilirliğini ve hassasiyetini belirlemek için Kıbrıs-Fenike küresel testi (Şekil 2) 3B olarak modellenmiştir (Ravanelli vd., 2017).



Şekil 2. Kıbrıs-Fenike küresel testi (Ravanelli vd., 2017)

Uygulamada Oksipital adı verilen menzil kameraları tarafından sağlanan Yapı sensörü kullanılmıştır (Ravanelli vd., 2017). Tarama daha sonra fotogrametrik yöntemle karşılaştırılmıştır.

Özellikle, 3B model oluşturma, sensör hakkında tam bilgi toplamak için farklı bakış açılarından birden fazla tarama gerektiğinden, sensörün taranacak nesneyle ilgili olarak kendi hareketini güvenilir bir şekilde tahmin ettiği süreç olan izlemeye dayanmaktadır. Bu nedenle, çalışmada kullanıcı 360° bir yol izleyerek hedef nesnenin etrafında yavaşça hareket ettirilmiştir (Ravanelli vd., 2017).

Fotogrametrik teknik ile ilgili olarak ise Agisoft Photoscan yazılımı kullanılarak (Agisoft PhotoScan, 2017) 77 adet görüntü işlenmiştir. Görüntüler, 4160x3120 piksel çözünürlüğe, 3,79 mm odak uzaklığına ve 0,001168 mm CCD piksel boyutuna sahip bir akıllı telefonun kamerası tarafından çekilmiştir. Görüntü yönlendirme işlemi sırasında kamera parametreleri hem radyal hem de teğetsel katsayı dikkate alınarak düzeltilmiştir. Ayrıca, çözümü kısıtlamak ve sağlam bir blok hizalaması elde etmek için 5 ila 10 cm arasında değişen üç ölçek çubuğu kullanılmıştır. Yönlendirilmiş bloktan başlayarak yoğun bulut ve 3B ağ oluşturmuştur. Özellikle Yapı Sensörü ile elde edilen 3 boyutlu model ile her ikisini de karşılaştırmak için biri çok yüksek diğeri orta çözünürlükte olmak üzere iki model üretilmiştir (Ravanelli vd., 2017).

3B modeller oluşturulduktan sonra obje formatı ve ağları, CloudCompare yazılımında uygulanan yinelemeli en yakın nokta algoritması aracılığıyla kaydedilmiştir. Modelde hizalama yapabilmek için tahmini ölçek ve roto-çeviri parametreleri kullanılmıştır. Bu şekilde, iki fotogrametrik modelin her birinde oluşan ağdan Yapı Sensörü modelinin noktalarının işaretli mesafeleri için 3B rekonstrüksiyon doğruluğunu değerlendirmek mümkün olmuştur.

En farklı alanlar kulplar, taban ve çatlakların karşılıklı olarak yer aldığı yerlerdir. Bunların dışında kalan yüzeyler ise genellikle oldukça benzerdir. Kulpların ve çatlakların modellenmemesinin nedeni ince ve hassasiyet gerektirdiğinden yapı sensörü yetersiz kalmıştır. Tabanın modellenmemesinin nedeni olarak da telefon kamerası modelleme için yetersiz kalmıştır.

Bu makalede, YLT tekniği kullanılarak verilerin kültürel mirasın belgelemesi çalışmalarında kullanılabilirliğini araştırılmıştır.

Çalışmada Mersin ilinin Soli Pompeopolis kentinde bulunan taş bloğun kültürel mirasın belgelenmesi kapsamında YLT tekniğini kullanılmıştır. Taramalar sonucunda objeye ilişkin nokta bulutu verisi elde edilmiş ve 3B modeli oluşturulmuştur.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı olarak belirlenen Soli taş bloğu, Mersin'de Soli Pompeopolis antik kentinde yer almaktadır. Tarihi yaklaşık 3500 yıl öncesine dayanan Soli Pompeopolis Antik Kenti'nde yapılan kazı çalışmalarında, insanlık tarihinin en önemli filozoflarından, şair, matematikçi ve astronomi biliminin kurucusu Aratos'un anıt mezarında tarihi öneme sahip taş bloklar çıkartılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Taş blok örneği

3. METARYEL ve YÖNTEM

YLT tekniği herhangi bir objenin LİDAR teknolojisi vasıtasıyla örneklendiği veya tarandığı bir tekniktir. Lazer tarayıcı cihazından çıkan lazer ışını aracılığıyla nesne ile cihaz arasındaki mesafeyi ölçülebilmekte, nokta bulutu elde edilebilmekte ve bunun sonucu olarak istenilen detayın 3B modelini oluşturabilmektedir.

Çalışmada Faro Focus^s 350 cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz ölçülmek istenen alanın doğrudan, hassas ve otomatik olarak 3 boyutlu nokta bulutları elde edilmesini sağlayan bir teknolojidir. Bu cihazın içerisinde entegreli olarak çalışan 70 mega piksel HDR kamera yer almaktadır. Bu kamera ile panoramik çekilen fotoğraflar nokta bulutuna giydirilerek gerçekçi bir görünüm sunma imkânı vermektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Faro FocusS350 lazer tarayıcısı

Prensip olarak bu cihaz, döner aynanın merkezine kızılötesi lazer ışını göndererek çalışmaktadır. Bu cihazın döner aynası, lazer ışını taranan çevreye yansıtır. cihazdan çıkan birden fazla lazer ışını gidiş-geliş zamanın tespit eder. Bu teknikte, cihazdan çıkan ve objeden yansıyan ışının sinüs dalgasına göre karşılaştırması yapılır ve faz farkı belirlenir. Böylelikle tarayıcı ile obje arasındaki mesafe yayılan sinyal ile alınan sinyal arasındaki faz farkının ölçülmesi sonucunda bulunmaktadır. Lazer tarayıcının teknik özellikleri Tablo1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. FARO Focus3D S350 Teknik Özellikleri

FARO Focus3D S350 Teknik Özellikleri	Değer
Ölçüm aralığı	0.6m - 330m
Ölçüm hızı	976.000m nokta/saniyeye
Ölçüm Doğruluğu (10-25) m ölçümler için)	±2 mm
Doğruluk	±5 mm
Görüş alanı (dikey/yatay)	300°V / 360°H
Lazer sınıfı	Sınıf 1

4. BULGULAR

Bu çalışmada taraması yapılan objenin her boyunun ayrıntılı olarak elde edebilmek için 6 adet istasyon noktası oluşturulmuştur. Başka bir deyişle, taraması yapılan eserin bir veya daha fazla cephesini görecektir şekilde belirlenmiş ve daha az gürültü oluşturmasına dikkat edilmiştir. Taş bloğun altı kısmının taranabilmesi için 4 ayaklı demirden yapılmış bir mekanizma yapılmıştır. Bu mekanizmanın üzerine taş blok yerleştirildikten sonra lazer tarayıcının yüksekliği taş bloğun hem alt kısmını hem de üst kısmını görebilecek şekilde ayarlanmıştır. Her tarama istasyonunda 11 dakikalık tarama gerçekleştirilmiştir.

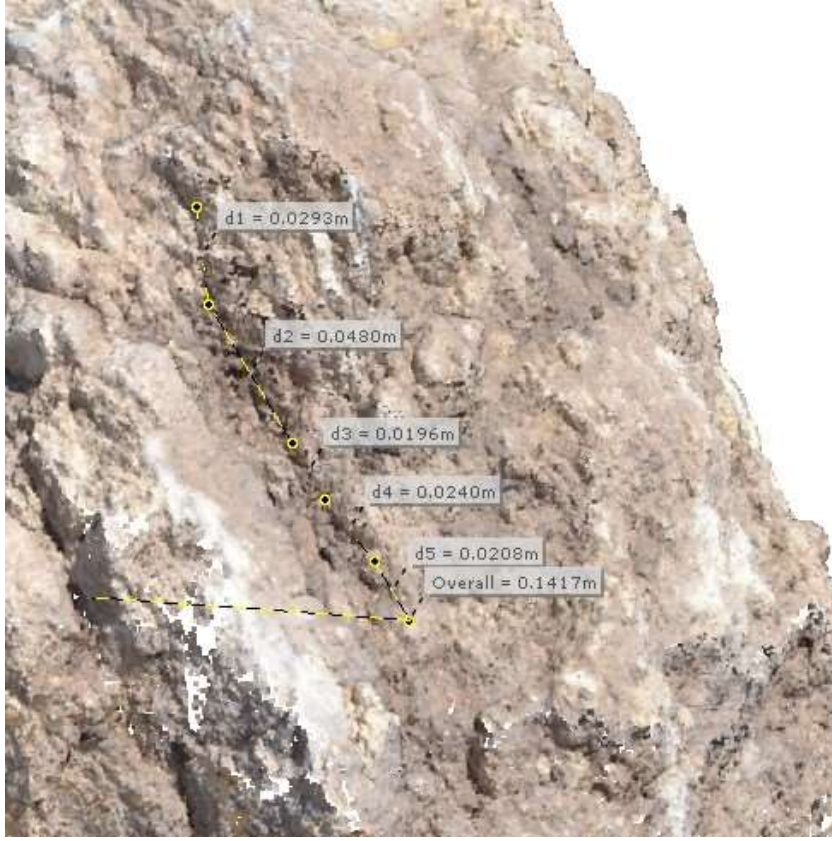
Yapılan taramalar sonucunda veri işleme aşamasına geçilmiştir. Faro cihazının kendi yazılımı olan Faro Scene kullanılmıştır. Tarama bu yazılımda buluttan buluta (cloud to cloud) tekniği ile ±0.7 mm hassasiyetle birleştirilmiştir. Birleştirme sonrası hedef objenin etrafında birçok dağınık ve gereksiz veriler oluşmuştur. Bu veriler silindikten sonra 3B nokta bulutu verisi elde edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Taş Bloğun nokta bulutu verisi

Yapılan çalışmanın arazi çalışması 75 dakika sürerken veri işleme aşaması 40 dakika sürmüştür.

Klasik ölçüm tekniklerinde arazi çalışması sırasında taş bloğun her ayrıntısı teker teker ölçülüp kaydedilmesi gerekmektedir. Ancak YLT tekniği ile arazi ölçümüne gerek duyulmadan 3B nokta bulutu verisi üzerinden ölçüm yapılabilmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Nokta bulutu verisi üzerinden uzunluk hesabı

5. SONUÇLAR

Mersin ilinde bulunan Soli Pompeopolis antik kentinde yapılan kazı çalışmasında tarihi önem sahip taş blokların 3B modeli YLT tekniği kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmanın arazi ve veri işleme toplam süresi 1 günü geçmemiştir. Aynı zamanda 3B nokta bulutu verisi üzerinden yüksek hassasiyetle ölçüler alınabildiği görülmüştür. Bu durum YLT tekniğinin zaman, hassasiyet ve görsellik açısından avantajlar sağladığı savunulmaktadır.

Çalışma sonucunda elde edilen hassasiyet değeri göz önünde bulundurulduğunda çalışmaya ait 3B model kültürel mirasın belgelenmesi çalışmalarında kullanılabilirliği savunulmuştur. Ayrıca tarihi eserlerin sayısal verilerinin dijital kütüphanelerde bulundurulması çeşitli disiplinlerin daha sonraki çalışmalarında ve gelecek nesillere aktarılmasında büyük kolaylık sağlayacağı öngörülmektedir.

Bu doğrultuda kültürel mirasın belgelenmesi, korunması, restitüsyon ve restorasyon çalışmaları gibi farklı alanlarda kullanılabilirliği ve aynı zamanda YLT tekniği kullanılarak yapılabileceği savunulmaktadır.

Yazarların Katkısı

Yazarlar bu araştırma makalesine eşit katkı sunmuşlardır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

6. KAYNAKÇA

- Alptekin A, Çelik M Ö & Yakar M (2019a). Anıtmezarın yersel lazer tarayıcı kullanarak 3B modellenmesi. *Türkiye LİDAR Dergisi*, 1(1), 1-4.
- Alptekin A, Çelik M Ö, Doğan Y & Yakar M (2019b). Mapping of a rockfall site with an unmanned aerial vehicle. *Mersin Photogrammetry Journal*, 1(1), 12-16.
- Arbace L, Sonnino E, Callieri M, Dellepiane M, Fabbri M, Iaccarino Idelson A & Scopigno R (2013). Innovative Uses Of 3B Digital Technologies To Assist The Restoration Of A Fragmented Terracotta Statue. *Journal Of Cultural Heritage*, 14(4), 332– 345.
- Erener A & Yakar M (2012). Monitoring Coastline Change Using Remote Sensing and GIS Technologies. *Lecture Notes in Information Technology*, 30, 310–314.
- Evcim S (2015). Arkeolojik Alanlarda Laser Ölçümle Belgeleme ve Kent Modeli Oluşturma Üzerine Bir Örnek: Olympos Antik Kenti. *The Journal of Academic Social Sciences*, 16(16), 1–15.
- Ernst F, Şenol H İ, Akdağ S & Barutcuoglu Ö (2021). Virtual Reality for City Planning. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 6(3), 150-160. DOI: 10.46578/humder.941015
- Hamal S N G, Sarı B & Ulvi A (2020). Using of Hybrid Data Acquisition Techniques for Cultural Heritage a Case Study

- of Pompeiopolis. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 2 (2), 55-60.
- Korunmaz A G, Dülgerler O G & Yakar M (2011). Kültürel Mirasın Belgelenmesinde Dijital Yaklaşımlar. S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg., 26(3).
- Lastilla L (2019). 3D High-Quality Modeling Of Small And Complex Archaeological Inscribed Objects: Relevant Issues And Proposed Methodology. The International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences, Volume 42(2), 2nd International Conference Of Geomatics And Restoration, 8–10 May 2019, Milan, Italy.
- Memduhoglu A, Şenol H İ, Akdağ S & Ulukavak M (2020). 3D Map Experience for Youth with Virtual/Augmented Reality Applications. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 5(3), 175-182. DOI: 10.46578/humder.771954
- Mohammed O & Yakar M (2016). Yersel Fotogrametrik Yöntem İle İbadethanelerin Modellenmesi. Selçuk-Teknik Dergisi, 15(2), 85-95.
- Oruç M E (2021). Küçük objelerin modellenmesinde videogrametri ve fotogrametri yöntemlerinin karşılaştırılması üzerine bir çalışma. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 3(2), 62-68. DOI: 10.53030/tufod.1019385
- Ravanelli R, Nascetti A, Rita M D, Nigro L, Montanari D, Spagnoli F & Crespi M G (2017). 3D Modelling Of Archaeological Small Finds By A Low-Cost Range Camera: Methodology And First Results. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 589-592.
- Sarı B, Hamal S N G & Ulvi A (2020). Documentation of complex structure using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry method and Terrestrial Laser Scanner (TLS). Turkey Lidar Journal, 2(2), 48-54.
- Taşdemir Ş, Yakar M, Ürkmez A & İnal Ş (2008). Determination Of Body Measurements Of A Cow By Image Analysis. International Conference On Computer Systems And Technologies-Compsystech'08, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 70, 1-8.
- Tsiafaki D, Koutsoudis A, Arnaoutoglou F & Michailidou N (2016). Virtual Reassembly And Completion Of A Fragmentary Drinking Vessel. Virtual Archaeology Review, 7(15), 67-76.
- Ulvi A & Yakar M (2014). Yersel Lazer Tarama Tekniği Kullanarak Kızkalesi'nin Nokta Bulutunun Elde Edilmesi ve Lazer Tarama Noktalarının Hassasiyet Araştırması. Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6(1), 25-36.
- Ulvi A (2021). Documentation, Three-Dimensional (3D) Modelling and visualization of cultural heritage by using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry and terrestrial laser scanners. International Journal of Remote Sensing, 42(6), 1994-2021.
- Uslu A, Polat N, Toprak A S, Uysal M (2016). Kültürel Mirasın Fotogrametrik Yöntemle 3B Modellenmesi Örneği. Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8(2), 165-176.
- Yakar M & Yılmaz H M (2008). Kültürel Miraslardan Tarihi Horozluhan'ın Fotogrametrik Rölöve Çalışması ve 3 Boyutlu Modellenmesi. S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg., 23(2).
- Yakar M, Yıldız F & Yılmaz H M (2005). Tarihi Ve Kültürel Mirasların Belgelenmesinde Jeodezi Fotogrametri Mühendislerinin Rolü. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10.
- Yakar M, Yılmaz H M & Mutluoğlu H M (2009). Hacim Hesaplamalarında Lazer Tarama ve Yersel Fotogrametrinin Kullanılması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Yakar M, Yılmaz H M & Mutluoğlu O (2010). Comparative Evaluation of Excavation Volume by TLS and Total Topographic Station Based Methods. Lasers in Engineering 19 (5–6), 331–345.
- Yaman A & Kurt M (2019). Tarihi ve kültürel mirasların belgelenmesi ve üç boyutlu modellenmesi için Geoslam yersel lazer tarayıcının kullanım olanaklarının araştırılması: Aksaray İli Ulucami Örneği. Turkey Lidar Journal, 1(1), 5-9.
- Yılmaz H M & Yakar M (2008). Computing of Volume of Excavation Areas by Digital Close Range Photogrammetry. Arabian Journal for Science and Engineering 33 (1A), 63–79.
- Yılmaz H M, Yakar M, Mutluoğlu O, Kavurmaci M M & Yurt K (2012). Monitoring of soil erosion in Cappadocia region (SelimeAksaray-Turkey). Environ Earth Sci, 66, 75–81.
- Zachar J, Milan Horňák & Predrag Novaković (2017). 3b Digital Recording Of Archaeological. Architectural And Artistic Heritage, ISBN:978961237898, 133.



© Author(s) 2021.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>