



Yersel Lazer Tarayıcıların Arkeolojik Alanlardaki Kullanımının İncelenmesi

Müjdat Güngör*¹ 

¹Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Gülşehir Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Finans- Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü, Nevşehir, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Yersel Lazer tarayıcılar, Belgeleme, Arkeolojik alanlar, Kültürel Miras,

ÖZ

Kültürel miras varlıklarının belgelenmesini gerçekleştirmek için arkeolojik kazı alanlarında son yıllarda lazer tarayıcılar, insansız hava araçları (İHA) ve uydudan elde edilen fotoğraflar gibi farklı sistemler kullanılmaktadır. Araştırma yapılan bölgeye göre modelleme çalışmalarında tercih edilen yöntemlerden biri olan lazer tarayıcı sisteminin önemli avantajları bulunmaktadır. Yapılan bu çalışmada 2019-2022 yılları arasında literatürde yer alan arkeolojik alanlarda lazer tarayıcı kullanılarak yapılan modelleme çalışmaları incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda kültürel miras varlıklarının ortaya çıkarıldığı bölge, kullanılan lazer tarayıcının modeli, çalışma yapan araştırmacılar ve elde edilen sonuçlar vurgulanmıştır. Bu bağlamda yapılan çalışmanın son yıllardaki, arkeolojik alanlarda lazer tarayıcı sistemlerinin kullanılmasındaki artışa dikkat çekmek amaçlanmıştır. Ayrıca arkeolojik kazı alanlarında lazer tarayıcı kullanımını içeren çalışmalarının değerlendirilmesi ile literatüre bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Investigation of the Use of Terrestrial Laser Scanners in Archeologic Sites

Keywords

Terrestrial laser scanners, Documentation, Archaeological sites, Cultural heritage,

ABSTRACT

In order to document cultural heritage assets, different systems such as laser scanners, unmanned aerial vehicles (UAV) and satellite photographs have been used in archaeological excavation sites in recent years. The laser scanning system, which is one of the preferred methods in modeling studies according to the research area, has important advantages. In this study, modeling studies using laser scanners in archaeological sites in the literature between the years 2019-2022 were examined. As a result of the study, the region where the cultural heritage assets were unearthed, the model of the laser scanner used, the researchers who carried out the study and the results obtained were emphasized. In this context, it is aimed to draw attention to the increase in the use of laser scanning systems in archaeological sites in recent years. In addition, it is thought that it will contribute to the literature with the evaluation of the studies involving the use of laser scanners in archaeological excavations.

1. GİRİŞ

Arkeoloji, eski medeniyetlerden kalma, kültür ve uygarlıklar kapsamında tarihi kalıntıları araştıran ve geçmiş medeniyetlere ait objeleri değerlendiren bir bilim dalıdır. Günümüzde koruma altında olan kültürel miras varlıklarının ortaya çıkarılmasında arkeolojik saha çalışmaları oldukça önemli yer tutmaktadır. Doğa ve beşerî etkilerden kaynaklanan zararların oluşabileceği kültürel miras varlıklarının korunması kapsamında Avrupa'da bulunan birçok ülke planlı hareket etmektedir (Cleere, 2000; Alptekin & Yakar, 2020a; 2020b). Türkiye bulunduğu coğrafi konumu nedeniyle tarihi birçok medeniyete ev sahipliği yapmıştır. Farklı medeniyetlere ait kültür kalıntılarının bulunması, kültürel miraslarının belgelenmesi ve korunma altına alınmasını gerekli kılmaktadır (Alptekin & Yakar, 2021; Balcı 2022). Bu doğrultuda arkeolojik sahaların koruma altına alınması, geçmiş medeniyetlerden kalma tarihi değerlerin tanıtılması ve sergilenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla arkeolojik çalışmaları yürüten saha ekibinin itinalı çalışması, kazı alanında bulunan objelerin dokümantasyonu ve kazı alanının modellenmesi için yapılan çalışmalarda hassasiyet gerekmektedir (Demirkesen vd., 2005; Yılmaz & Yakar, 2016a; 2016b; Alptekin vd., 2022). Çünkü arkeolojik kalıntıların bulunduğu sahaların korunması, kültürel miras varlığının bulunduğu sahanın modellenmesi açısından önemlidir (Altuntas vd., 2007; Doğan & Yakar, 2018; Hacı, 2013). Çeşitli yöntemler kullanılarak yapılan belgeleme işlemleri neticesinde tarihi geçmişe sahip kültür varlıklarına açılan bir pencere sunulmuş olmaktadır. Ayrıca kültürel miras varlıklarının elde edilen verileri dijital ortama aktarılması sayesinde üç boyutlu sanal gösterimi multimedya araçları yardımıyla kullanıcılara aktarılmış olmaktadır. Bu durum gelecek nesillere geçmiş medeniyetlerin aktarılması konusunda kalıcı bir veri tabanı oluşturmaktadır. Geçmiş yıllarda arkeolojik sahalarda yapılan çalışmalar zahmetli, zaman alan ve bütçe gerektiren araştırmaları oluşturmakta (Sevin, 1995; Korumaz vd., 2011; Karataş vd., 2022) iken günümüzde teknolojik gelişmeler ve yenilikler sayesinde oldukça ilerlemiştir. Bu bağlamda sahanın dokümantasyonu açısından çeşitli görüntüleme teknikleri tercih edilmektedir. Fotoğraf makinesi arkeolojik sahadan çıkartılan tarihi objelerin görüntülenmesi başta olmak üzere pratik kullanımı açısından tercih sebebi olabilmektedir. Yakın geçmişte fotoğraf makinesi yardımıyla yapılan görüntüleme işlemleri her ne kadar fotoğraf makinelerinin gelişmesine bağlı olarak hızlı kullanım açısından güncelliğini korusa da fotoğraflama sırasında görüntüleme meydana gelen veri kayıpları ile arkeolojik sahanın hassasiyet gerektirmesi sebebiyle ikinci planda kalmaktadır. Bunun yanında tüm arkeolojik alanın görüntülenme ihtiyacı fotoğraf makinesinin yetersiz kalmasına sebep olmaktadır. Bu durum uzaktan algılama teknolojilerinin tercih edilmesine veya birden çok görüntüleme kaynağının kullanılması ihtiyacı doğurmaktadır. Artık arkeolojik alanlarda görüntüleme çalışmaları kapsamında yersel lazer tarayıcılar, İHA ve uydulardan elde edilen fotoğraflar kullanılmaktadır. Elde edilen kültür varlıklarının görüntülerinin modellenmesi için ise fotogrametrik metotlardan yararlanılmaktadır.

Işık çizim ile ölçüm anlamına gelen fotogrametri ölçüm değerlerini görüntüler kullanarak yapmaktadır (Yakar, 2011; Ulvi vd., 2015; Şasi & Yakar, 2018). Fotogrametri tekniği, uzak mesafe fotogrametresi ve yakın mesafe fotogrametresi şeklinde ikiye ayrılır. Fotogrametri tekniği ile temas olmadan bir alan veya bir nesnenin görüntülenmesi gerçekleşir. Bu nedenle fotogrametrik metotların, arkeolojik kazı alanlarındaki tarihi kalıntıların üç boyutlu modelleme uygulamalarında, uzun süreç içermemesi ve klasik yöntemlere göre oldukça maliyetsiz oluşu ile tercih edilmesi dikkat çekmektedir (Yakar & Doğan, 2017; Kaya vd. 2021). Sonuç olarak fotogrametrik yöntemlerle elde edilen görüntüler dijital ortama aktarılarak çeşitli yazılımlar yardımıyla modelleme gerçekleştirilmektedir (Yakar vd., 2005; Yakar vd., 2010a; 2010b; Fidan, 2021). Böylece fotogrametri ile elde edilen görüntüler teknolojik yazılım fonksiyonlarının kullanılmasıyla nesnelere üç boyutlu model üretimi gerçekleştirilmektedir (Yakar vd., 2016). Bu durum kültürel miras varlıklarının dokümantasyonunda ortaya çıkarılan tarihi objelerin sunulması açısından önem arz etmektedir (Yılmaz vd., 2009; Turan, 2004).

2. YÖNTEM

Light Detection And Ranging açılımı olan LİDAR şeklinde kullanılan lazer tarama teknolojisi, lazer ışını kullanarak yüksek doğrulukta üç boyutlu (3B) veri üreten aktif bir uzaktan algılama teknolojisidir (Erişir 2015). LİDAR teknolojisinin sağladığı yüksek doğruluk ve hız, üç boyutlu olarak elde edilebilmesi, ulaşılması güç olan sahalarda ve geniş alanlar için tercih sebebi olmakta ve birçok uygulamada yükseklik verilerinin önemli olması yaygın olarak kullanmasını sağlamıştır (Yılmaz ve Uysal, 2015; Polat ve Uysal 2016). LİDAR teknolojisinin sağladığı hız, düşük bütçe, verilerin yoğunluğu ve doğruluğu yapılan uygulamalarda önemli kazanımlar sağlamaktadır (Yılmaz ve Yakar 2006). LİDAR tarayıcı yöntemleri,

1- TLS (Terrestrial LİDAR System) Yersel Lidar Sistemleri

2- ALS (Airborne LİDAR System) Hava Lidar Sistemleri

Şeklinde ikiye ayrılmıştır (Polat ve Uysal 2016). Genel olarak arkeolojik kazı sahalarında modelleme yapmak için TLS (Terrestrial LİDAR System) yersel LİDAR sistemlerinin kullanıldığı görülmüştür. Literatürde yer alan arkeolojik alanlarda yapılan çalışmalarda genelde fotoğraf makinesi, İHA ve lazer tarayıcı ve uydudan elde edilen görüntüler kullanılmaktadır. Genel olarak görüntüleme sistemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmalar bulunmakla beraber ölçümlerin doğruluk değerlerinin karşılaştırıldığı çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmada 2019-2022 yılları arasında arkeolojik alanlarda lazer tarama sistemlerinin kullanıldığı literatürde yer alan çalışmalara yer verilmiştir. Böylece araştırmacılara arkeolojik sahanın yer aldığı bölge, yapılan çalışma, kullanılan lazer tarayıcı sistemi ve araştırma sonuçların ortaya konulduğu bir bakış açısı sunulması amaçlanmıştır. Ayrıca yapılan inceleme ile arkeolojik sahalarda kültürel miras varlıklarının dokümantasyonunda konu ile ilgili olan araştırmacılara bir perspektif kazandırılması öngörülmektedir.

2.1. Literatür Taraması

Lazer tarayıcı sistemleri kullanılması ile elde edilen görüntülerin fotogrametrik metotlar uygulanarak ve çeşitli yazılım işlemlerinden sonra görüntüler sayısal ortamda fonksiyonel hale getirilmektedir. Böylece görüntülerden elde edilen ortofoto, nokta bulutu gibi ürünlerin arkeolojik sahanın üç boyutlu modellenmesine olanak vermektedir. Aşağıda 2019-2022 yılları arasında yer alan literatürde bulunan çalışmalar incelenmiştir.

Yunanistan'ın Sparta şehrinde bulunan Amyklaion antik bölgesinde 2015 ve 2017 yıllarında kazı ekibinin elde ettiği lazer tarama verileri, GPS koordinatları, İha ve dijital fotoğraflar kullanılarak elde edilen veriler Cyclone ve Geomagic Wrap yazılımları ile modellenmiştir. (Boyoğlu 2019). Aksaray ili merkezinde bulunan Ulu Cami'nin 'Geoslam' taşınabilir lazer tarayıcı kullanılarak iç ve dış cephe taraması gerçekleştirilmiştir. Yapılan tarama işlemi sonucunda $\pm 0,1$ hassasiyet ile saniyede 43000 tarama noktası kullanılarak üç boyutlu modellemesi "CloudCompare" yazılımı kullanılarak elde edilmiştir (Yaman & Kurt 2019; Oruç & Öztürk, 2021). Mersin ili Erdemli ilçesi Hüsametli-Tapureli-Küstülü köyü sınırlarında bulunan Üçayak ören yerinde geç Roma dönemi olarak nitelendirilen çiftlik yapısının üç boyutlu nokta bulutu elde edilmiştir (Alptekin vd. 2019). UNESCO'nun dünya mirası listesinde yer alan Illinois, ABD'deki Cahokia Mounds'ta kamuya açık hava uçağı Işık tespiti, Menzil (LiDAR) verilerinden ve İHA kullanılarak elde edilen görüntülerden üretilen sayısal yükseklik modelleri değerlendirilmiştir (Vilbig vd. 2020). Şanlıurfa'da bulunan Kızılkoyun Nekropolünde yapılan çalışmalarda ortaya çıkarılan 75 tane mezarın lazer tarayıcı ve insansız hava aracı kullanılarak arkeolojik sahanın yüzey modeli üretilmiştir (Şenol vd. 2020). Ürdün'de bulunan Helenistik döneme ait QasrAl-Abidit sarayının üç boyutlu belgelenmesinde fotogrametri ve lazer tarama birlikte kullanılarak hibrit bir çalışma yapılmıştır (Alshawabkeh 2020). Konya il sınırları içerisinde bulunan Yunuslar mahallesindeki arkeolojik saha araştırmasında yaklaşık olarak 1400 yıllık olduğu tahmin edilen taban mozağının belgelenmesi yapılmıştır.

Yapılan araştırmada lazer tarayıcı, İHA ve sayısal el kamerası gibi görüntüleme sistemlerinden yararlanılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre yapılan değerlendirmede lazer tarayıcının yaptığı ölçümde 3,65 cm konum hatası bulunmuştur (Kaya vd. 2021). Mersin ili içerisinde bulunan Soli Pompeiopolis antik kentinde yapılan çalışmalarda Aratos'un mezarından taş bloklar çıkartılmıştır. Lazer tarayıcı ile taranan bloklar Faro scene isimli lazer tarayıcının kendi yazılımı ile buluttan buluta $\pm 0,7$ mm hassasiyetle oluşturulmuştur (Kaçarlar & Hamal 2021; Oruç & Baş, 2021). Aksaray ili Ağzıkarahan köyünde bulunan Selçuklu döneminden kalmış olan tarihi Ağzıkara Han Kervansarayı'nın karasal lazer tarayıcı kullanılarak nokta bulut verisi elde edilmiştir (Kanun vd. 2021). Şanlıurfa ili Bozova ilçesinde bulunan Yaylak beldesinde tarihi Yaylak Ulu Cami'nin yersel tarayıcı sistemi kullanılarak üç boyutlu modellemesi elde edilmiştir. Elde edilen nokta bulutları ve ortofoto görüntüleri Scene yazılımında değerlendirilmiştir (Çalışır 2021). Lazer tarama verileri kullanılarak farklı yapıların özelliklerinin modellemesinin değerlendirildiği çalışmada Başpınar Sarnıcı'nın lazer taramayla elde edilen nokta bulutu verileri kullanılarak Faro Scene yazılımı ile üç boyutlu modellemeye sarnıcın alanı 230.209 m², çevresi 63,67 m, sarnıcın depolama su kapasitesi 163.074 m³ ve 3D Reashaber ile kubbe hacmi 1.993 m² olarak bulunmuştur. Muğla'nın Milas ilçesinde yer alan Iasos Bouleuterionu antik şehri çeşitli belgeleme metotları kullanılarak incelenmiştir. Değerlendirmede çeşitli kriterler göz önüne alındığında fotogrametri yönteminin öne çıktığı saptanmıştır (Pehlivan vd. 2022).

3. BULGULAR

Tablo 1 ve Tablo 2'de görüldüğü üzere lazer tarayıcıların kullanıldığı arkeolojik saha çalışmaları kapsamında kullanılan lazer tarayıcı modeli, incelemenin yapıldığı arkeolojik alan, yapılan çalışmanın araştırmacıları ve elde edilen sonuçlar vurgulanmıştır.

Tablo 1. 2019-2020 yılları arasında arkeolojik sahalarda lazer tarayıcı kullanılan bazı çalışmalar

| Yıl | Lazer Tarayıcı Modeli | Araştırmacı | Elde Edilen Sonuç |
|------|-------------------------------------|--|--|
| 2019 | Leica Scanstation 2 | Cem Sönmez Boyoğlu | Yunanistan'ın Sparta şehrinde bulunan Amyklaion antik bölgesinde lazer tarayıcı kullanılarak 2015 yılında 13 tarama ve 2017 yılında 25 tarama yapılarak yaklaşık 100 milyon nokta elde edilmiştir. |
| 2019 | "Geoslam" El Tipi/3B Lazer Tarayıcı | Aydan Yaman Muhammed Kurt | "Geoslam" 3B lazer tarayıcı kullanılarak Aksaray İlinde bulunan Ulu Cami'nin iç ve dış cepheleri taranarak üç boyutlu modeli üretilmiştir. |
| 2019 | Faro Focus 350 | Aydın Alptekin Şafak Fidan Atilla Karabacak Mehmet Özgür Çelik Murat Yakar | Mersin ilinde Erdemli ilçesinde yer alan Geç Roma dönemi olarak bilinen çiftlik kompleksinin lazer tarama verileri kullanılarak nokta bulutu üretilmiştir. Çalışmada Scene 2019 yazılımı kullanılmıştır. |
| 2020 | Stonex X 300 | Halil İbrahim Şenol Abdulkadir Memduhoğlu Mustafa Ulukavak | Kızılkoyun Nekropolinde lazer tarayıcı ve İHA kullanmak suretiyle elde edilen görüntülerden Pix4D yazılımı ile yüzey modeli üretilmiştir. |
| 2020 | Leica ALS50II | Justin M. Vilbig Vasit Sagan Christopher Bodine | Yatay ve dikey doğruluğu en az 1m olan 12 tane sınıflandırma verisi Arc GIS 10.7.1 yazılımında işlenmiştir. |
| 2020 | Lecia C10 | Yahya Alshawabkeh Mohammad El-Khalili Eyad Almasri Fadi Bala'awi | QasrAl-Abidit sarayının modellenmesi için taramalarla elde edilen görüntüler ile nokta bulutları oluşturulmuştur. |

Tablo 2. 2021-2022 yılları arasında arkeolojik sahalarda lazer tarayıcı kullanılan bazı çalışmalar

| Yıl | Lazer Tarayıcı Modeli | Araştırmacı | Elde Edilen Sonuç |
|------|-----------------------|---|---|
| 2021 | Faro Focus3D X 330 | Yunus Kaya Abdurahman Yasin Yiğit Ali Ulvi Murat Yakar | Konya ili Yunuslar mahallesindeki arkeolojik kazı çalışmasında bulunan 1400 yıllık mozağın dokümantasyonu gerçekleştirilmiştir. Lazer tarama verileri kullanılarak konum hatası 3,65 cm olarak bulunmuştur. |
| 2021 | FaroFocus3DX 330 | Engin Kanun Azim Metin Murat Yakar | Aksaray ilinde bulunan Ağzıkara Han Kervansarayı' nın modellemesi gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında birleştirme hatası 5,9 mm olarak bulunmuştur. |
| 2021 | Faro Focus 350 | Zekeriya Kaçarlar Seda Nur Gamze Hamal | Mersin ilinde bulunan Soli Pompeopolis antik kentinde taş bloklar yersel tarayıcı kullanılarak taranmış ve modellenmiştir. |
| 2021 | FaroFocus3DX 330 | Lütfiye Karasaka Adin Adnan Rashid Beg | Kisitira' nın kuzeybatısında bulunan Başpınar Sarnıcının tarama verileri kullanılarak 2 boyutlu çizimleri elde edilmiştir. |
| 2021 | Faro Focus3D | Kadir Çalışır | Urfa il sınırları içerisinde yer alan Yaylak Ulu Cami' nin üç ayrı noktadan tarama verisi alınarak üç boyutlu modellemesi yapılmıştır. |
| 2022 | Leica P20 | Gamze Fahriye Pehlivan Asuman Baldıran Erdener Pelivan | Araştırmacılar rölöve tekniği, fotogrametri ve lazer tarama ile belgeleme yaparak sonuçlar değerlendirmiştir. Birçok ölçüt açısından yapılan incelemeye göre fotogrametri tekniği öne çıkmıştır. |
| 2022 | Faro FocusS 350 | Hazal Us Sena Köse Muhammed Emin Bıyık | Kültürel miras değerindeki mezar taşının belgelenmesi için 8 adet istasyon noktası kurularak tarama işlemi yapılmıştır. |

4. SONUÇLAR

Yapılan incelemede, kültürel miras varlıklarının dokümantasyonunda kullanılan lazer tarayıcı sistemlerinin yer aldığı arkeolojik sahalardaki araştırmalara yer verilmiştir. 2019-2022 yıllarında yapılmış lazer tarayıcı sistemlerinin kullanıldığı modelleme çalışmalarına yer verilmiştir. Yapılan incelemede, klasik yöntemlere göre detaylandırma ve doğruluk sağlamada öne çıktığı saptanmıştır. Dolayısıyla arkeolojik alanlarda bulunan objelerin üç boyutlu modellendirilmesi için lazer tarayıcı sistemlerinin kullanılmasını zaman ve maddi anlamada büyük tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca arkeolojik kalıntıların dokümantasyonu yapılacak restorasyon çalışmalarında elde edilen sonuçların güvenilirliği açısından oldukça önemlidir. Genel olarak kültürel miras varlıklarının envanterinin sayısal ortama aktarılması ve gelişen teknolojinin getirdiği yazılımlar yardımıyla üç boyutlu görüntülenmesi ve sunulması sağlanmaktadır. Böylece geçmiş medeniyetlere ait olan kültür varlıklarının dokümantasyonu kapsamında korunması ve sergilenmesinin yanında gelecek nesillere aktarımı dijital anlamda bir altlık sağlanmış olmaktadır. Bu çalışma ile arkeolojik alanlarda kültürel miras varlıklarının lazer tarayıcı kullanılarak görüntülenmesindeki artışa dikkat çekilmiştir. Ayrıca uzaktan algılama teknolojisinin sunduğu lazer tarayıcı sistemlerinin gelişimi sebebiyle arkeolojik saha planlarının yapılmasında ve dokümantasyonunda oldukça kolaylık ve ilerleme sağladığı görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Yapılan araştırmada bana olan güven ve desteklerini esirgemeyen kıymetli hocalarım Prof. Dr. Murat YAKAR'a ve Dr. Öğr. Üyesi Ali ULVİ' ye sonsuz şükranlarımı sunarım.

Yazarların Katkısı

Çalışma tek yazarlıdır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

- Alptekin, A. & Yakar, M. (2020a). Kaya Bloklarının 3B Nokta Bulutunun Yersel Lazer Tarayıcı Kullanarak Elde Edilmesi. *Türkiye Lidar Dergisi*, 2 (1), 1-4.
- Alptekin, A. & Yakar, M. (2020b). Mersin Akyar Falezini'nin 3B modeli. *Türkiye Lidar Dergisi*, 2 (1) , 5-9.
- Alptekin, A. & Yakar, M. (2021). 3D model of Üçayak Ruins obtained from point clouds. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3(2), 37-40. DOI: 10.53093/mephoj.939079
- Alptekin, A., Çelik, M.Ö., Doğan, Y. & Yakar, M. (2022). Illustrating of a Landslide Site with Photogrammetric and LIDAR Methods. In: El-Askary, H., Erguler, Z.A., Karakus, M., Chaminé, H.I. (eds) Research Developments in Geotechnics, Geo-Informatics and Remote Sensing. CAJG 2019. Advances in Science, Technology & Innovation. Springer, Cham.
- Alptekin, A., Fidan, Ş., Karabacak, A., Çelik, M. Ö., & Yakar, M. (2019). Üçayak Örenyeri'nin Yersel Lazer Tarayıcı Kullanılarak Modellenmesi. *Turkey Lidar Journal*, 1(1), 16-20.
- Alshawabkeh, Y., El-Khalili, M., Almasri, E., Bala'awi, F. & Al-Massarweh, A. (2020). Heritage Documentation Using Laser Scanner and Photogrammetry. The Case Study of Qasr Al-Abidit, Jordan. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 16, e00133.
- Altuntas, C., Yildiz, F., Karabork, H., Yakar, M., & Karasaka, L. (2007). Surveying and documentation of

- detailed historical heritage by laser scanning. In *XXI International CIPA Symposium*, 1(6).
- Balcı, D. (2022). Kültürel Mirasın Belgelenmesinde Lazer Tarayıcıların Kullanılması. *Türkiye Lidar Dergisi*, 4(1), 27-36.
- Boyoğlu, C. S. (2019). Yunanistan Amykles Arkeolojik Alanının Lazer Tarama ile Dokümantasyonu ve Coğrafi Bilgi Sisteminin Oluşturulması.
- Cleere, H. (2020). Introduction: the Rationale of archaeological heritage management. In *Archaeological Heritage Management in the Modern World*, 1-19. Routledge.
- Çalışır, K. (2021). Tarihi Yapıların 3 Boyutlu Belgelenme Sürecinde Nokta Bulutu Yönteminin Rolü: Yaylak Ulu Camii Örneği. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 6(3), 212-219.
- Demirkesen, A. C., Özlüdemir, M. T. & Demir, H. M. (2005). Kapadokya örneğinde tarihi ve kültürel mirasın korunması ve bu işlemlerde harita mühendislerinin yetki ve sorumlulukları. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 10, 1-10, Ankara.
- Doğan, Y. & Yakar, M. (2018). GIS and three-dimensional modeling for cultural heritages. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3(2), 50-55. DOI: 10.26833/ijeg.378257
- Erişir, Z. (2015). Nokta tabanlı sınıflandırma yöntemi ile LİDAR verilerinin sınıflandırılması. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı Uzaktan Algılamalı ve CBS Programı, İstanbul, 124 s.
- Fidan, D. (2021). Arkeolojik Yüzey Araştırması Tahmin Haritalarının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Oluşturulması: Mersin İli, Silifke İlçesi Örneği. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 3(1), 10-23.
- Hacar, A. (2013). Arkeolojik Alanların Korunmasında Planlamanın Önemi: Güvercin Kayası Alan Yönetim Planı ve İlk Uygulamalar. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(3), 395-417.
- 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.
- Kanun, E., Metin, A. & Yakar, M. (2021). Yersel Lazer Tarama Tekniği Kullanarak Ağzıkara Han'ın 3 Boyutlu Nokta Bulutunun Elde Edilmesi. *Türkiye Lidar Dergisi*, 3(2), 58-64.
- Karasaka, L. & Beg, A. A. R. (2021). Yersel Lazer Tarama Yöntemi ile Farklı Geometrik Yapıdaki Özelliklerin Modellenmesi. *Geomatik*, 6(1), 54-60.
- Karataş, L., Alptekin, A. & Yakar, M. (2022). Creating Architectural Surveys of Traditional Buildings with the Help of Terrestrial Laser Scanning Method (TLS) and Orthophotos: Historical Diyarbakır Sur Mansion. *Advanced LiDAR*, 2(2), 54-63.
- Kaya, Y., Yiğit, A. Y., Ulvi, A. & Yakar, M. (2021). Arkeolojik Alanların Dokümantasyonunda Fotogrametrik Tekniklerinin Doğruluklarının Karşılaştırmalı Analizi: Konya Yunuslar Örneği. *Harita Dergisi*, 165:57-72.
- Korumaz, G., Dülgerler, A. & Yakar, M. (2011). Kültürel Mirasın Belgelenmesinde Dijital Yaklaşımlar. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 26(3), 67-83.
- Oruç, M. E. & Baş G. (2021). Kompleks Yapı ve Alanlarda Yersel Lazer Tarama Teknolojisinin Kullanımı. *Türkiye Lidar Dergisi*, 3(2), 39-47.
- Oruç, M. E. & Öztürk, İ. L. (2021). Usability of Terrestrial Laser Technique in Forest Management Planning. *Türkiye Lidar Dergisi*, 3(1), 17-24.
- Pehlivan, G. F., Baldıran, A. & Pehlivan, E. (2022). Kültürel Mirasın Belgelenmesinde Farklı Tekniklerin Karşılaştırılması: İasos Bouleuterionu Örneği. *GRID-Architecture Planning and Design Journal*, 5(1), 53-71.
- Polat, N. & Uysal, M. (2016). Hava Lazer Tarama Sistemi, Uygulama Alanları ve Kullanılan Yazılımlara Genel Bir Bakış. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16: 679-692.
- Sevin, V. (1999). Arkeolojik Kazı Sistemi El Kitabı. İstanbul, Arkeoloji ve Sanat Yayınları.
- Şasi, A. & Yakar, M. (2018). Photogrammetric Modelling of HasbeyDar'ülhuffaz (Masjid) Using an Unmanned Aerial Vehicle. *International Journal of Engineering And Geosciences*, 3 (1), 6-11.
- Şenol, H. İ., Memduhoglu, A. & Ulukavak, M. (2020). Multi Instrumental Documentation and 3D Modelling of an Archaeological Site: A Case Study in Kizilkoyun Necropolis Area. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11(3), 1241-1250.
- Turan, M. H. (2004). Mimari Fotogrametri Alanındaki Çağdaş Gelişmelerin Değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(1), 43-50.
- Ulvi, A., Yakar, M., Toprak, A. S. & Mutluoglu, O. (2015). Laser Scanning and Photogrammetric Evaluation of Uzuncaburç Monumental Entrance. *International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers*, 3(1) , 32-36. DOI: 10.18100/ijamec.41690
- Us, H., Köse, S. & Bıyık, M. E. (2022). Antik Mezar Taşlarının Yersel Lazer Tarama (YLT) Yöntemi ile Üç Boyutlu (3B) Belgelenmesi. *Türkiye Lidar Dergisi*, 4(1), 11-16.
- Vilbig, J. M., Sagan, V. & Bodine, C. (2020). Archaeological Surveying with Airborne Lidar and UAV Photogrammetry: A Comparative Analysis at Cahokia Mounds. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 33, 102509.
- Yakar, M. (2011). Using close range photogrammetry to measure the position of inaccessible geological features. *Experimental Techniques*, 35(1), 54-59.

- Yakar, M., & Doğan, Y. (2017). Silifke Aşağı Dünya Obruğunun İHA Kullanılarak Üç Boyutlu Modellenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(4), 94-101.
- Yakar, M., Kabadayı, A., Yiğit, A. Y., Çıkıkcı, K., Kaya, Y. & Catin, S. S. (2016). Emir Saltuk Kümbeti Fotogrametrik Rölöve Çalışması ve 3 Boyutlu Modellenmesi. *Geomatik*, 1(1), 14-18.
- 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, Ö. (2010a). Comparative evaluation of excavation volume by TLS and total topographic station based methods. *Lasers in Eng.*, 19, 331-345.
- Yakar, M., Yılmaz, H., Yıldız, F., Zeybek, M., Şentürk, H. & Çelik, H. (2010b). Silifke-Mersin Bölgesinde Roma Dönemi Eserlerinin 3 Boyutlu Modelleme Çalışması ve Animasyonu. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, (101).
- Yaman, A. & Kurt, M. (2019). Tarihi ve Kültürel Mirasların Belgelenmesi ve Üç Boyutlu Modellenmesi İçin Geoslam Yersel Lazer Tarayıcının Kullanım Olanaklarının Araştırılması: Aksaray İli Ulucami Örneği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 1(1), 5-9.
- Yılmaz, H. & Yakar, M. (2016a). Lidar (Light Detection And Ranging) Tarama Sistemi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(2), 23-33.
- Yılmaz, H. & Yakar, M. (2016b). Yersel Lazer Tarama Teknolojisi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(2), 43-48.
- Yılmaz, M. & Uysal, M. (2015). Hava LİDAR Nokta Bulutunun Sayısal Yükseklik Modeli Doğruluğuna Etkisi. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7 (3): 15-20.
- Yılmaz, M. & Yakar, M. (2006). LİDAR (Light Detection And Ranging) Tarama Sistemi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2: 23-33.
- Yılmaz, H. M., Yakar, M., Yıldız, F., Karabork, H., Kavurmacı, M. M., Mutluoglu, O. & Goktepe, A. (2009). Monitoring of corrosion in fairy chimney by terrestrial laser scanning. *Journal of International Environmental Application & Science*, 4(1), 86-91.



© Author(s) 2022.

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