

Küçük Objelerin Modellenmesinde El Tipi Lazer Tarayıcı Kullanılması

Zekeriya Kaçarlar^{1*}, Ali Ulvi¹

^{1*} Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, 33310, Mersin, Türkiye;
(zekeriyakarlar@gmail.com; aliulvi@mersin.edu.tr)



*Sorumlu Yazar:
zekeriyakarlar@gmail.com

Araştırma Makalesi

Alıntı: Kaçarlar, Z. & Ulvi, A. (2023). Küçük Objelerin Modellenmesinde El Tipi Lazer Tarayıcı Kullanılması. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 5(2), 61-67.

Geliş : 30.10.2023
Revize : 06.12.2023
Kabul : 11.12.2023
Yayınlama : 31.12.2023

Özet

Küçük objelerin modellenmesi kültürel miras açısından önemli bir yer almaktadır. 3B harita üretimi için gerekli veriler ilk zamanlarda total station ve şerit metrelerle toplanıyordu. Uygulama alanı olarak kısıtlıydı. Teknolojik gelişmelerle beraber günümüzde 3B ölçüm teknolojileri, 3B harita üretimi için gerekli verilerin toplanmasını otomatik hale getirmiştir. Bu tekniklerden son dönemde en çok kullanılanlarından biride yersel lazer tarama tekniğidir. 3B modelleme de lazer tarayıcılar, tarama ortamına bağlı olarak üç kategoriye ayrılabilir. Bunlar havadan lazer tarama, mobil lazer tarama ve yersel lazer taramadır. Kültürel mirasın içerisinde yer alan ve küçük boyuttaki eserlerin modellenmesinde son dönemde kullanılan yöntemlerden biride mobil lazer taramanın içerisinde bulunan el tipi lazer tarama yöntemidir. Bu çalışmada küçük boyuttaki ev biblosu ve vazo objesinin lazer tarama yöntemiyle modellenmesi ve oluşan model üzerinden ölçü alınması anlatılmaktadır. Elde edilen modeller obje yüzeylerindeki renk yoğunlukları, operatörden kaynaklı hatalar ve tarayıcının kısıtlamalarında dolayı nokta bulutu yoğunluğu olarak yeteri yoğunlukta sonuç vermemiştir. Ölçümler elektronik kumpasla ölçülmüş ve kontrol edilmiştir. Üzerinden alınan ölçüler net olarak seçilemediği için ölçüm değerleri hassas çalışmalar için uygun görülmemektedir. Bu çalışmada küçük boyuttaki iki obje el tipi lazer tarama tekniğiyle modellenmiş ve model üzerinden uzunluklar ölçülmüştür. Yapılan ölçümün doğruluğu elektronik kumpasla yapılmıştır. Sistemin yoğun nokta bulutu oluşturma da yetersiz kaldığı, ayrıntı ve karmaşık yüzeylerde ayırt etme becerisinin yetersiz olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Küçük obje, el tipi lazer tarayıcı, 3B modelleme, elektronik kumpas.

Using a Handheld Laser Scanner in Modeling Small Objects

*Corresponding Author:
zekeriyakarlar@gmail.com

Research Article

Citation: Kaçarlar, Z. & Ulvi, A. (2023). Using a Handheld Laser Scanner in Modeling Small Objects. *Turkish Journal of LiDAR*, 5(2), 61-67 (in Turkish).

Received : 30.10.2023
Revised : 06.12.2023
Accepted : 11.12.2023
Published : 31.12.2023

Abstract

Modeling small objects has an important place in terms of cultural heritage. In the early days, the data required for 3D map production was gathering with total stations and tape measures. It was limited in its application area. With technological developments, today's 3D measurement technologies have automated the collection of data required for 3D map production. One of the most used of these techniques recently is the terrestrial laser scanning technique. Laser scanners in 3D modeling can be divided into three categories depending on the scanning environment. These are airborne laser scanning, mobile laser scanning and terrestrial laser scanning. One of the methods recently used in modeling small-sized artifacts in the cultural heritage is the hand-held laser scanning method included in the mobile laser scanning. In this study, modeling of small-sized household figurines and vase objects with laser scanning method and taking measurements from the resulting model are explained. The resulting models did not yield sufficient point cloud density due to the color intensities on the object surfaces, operator errors and limitations of the scanner. Measurements were measured and checked with an electronic caliper. Since the measurements taken on it cannot be clearly distinguished, the measurement values are not considered suitable for precise studies. In this study, two small-sized objects were modeled with a hand-held laser scanning technique and the lengths were measured on the model. The accuracy of the measurement was made with an electronic caliper. It has been concluded that the system is insufficient in creating dense point clouds and has insufficient ability to distinguish details and complex surfaces.

Keywords: Small object, handheld laser scanner, 3D modeling, electronic caliper.

1. Giriş

3B (üç boyutlu) harita üretimi için gerekli veriler geçmişte yapılan çalışmalarda total station ve şerit metrelerle toplanıyordu. Uygulama alanı olarak kısıtlıydı. Teknolojik gelişmelerle beraber günümüzde 3B ölçüm teknolojileri, 3B harita üretimi için gerekli verilerin toplanmasını otomatik hale getirmiştir (Liu vd., 2004). Bu tekniklerden son dönemde en çok kullanılanlarından biri de yersel lazer tarama tekniğidir. Yersel lazer tarama tekniği, son dönemlerde jeodezik araştırmalarda da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tekniği kullanan tarayıcılar, hızlı gelişen teknolojik gelişmelerle beraber piyasaya girmektedir (Yılmaz & Yakar, 2006b; Yılmaz & Yakar, 2008; Pejić vd., 2014; Yılmaz & Uysal, 2016; Erdoğan vd., 2021; Kabadayı, 2023). Uygulama alanı olarak da kültürel mirasın 3B modellenmesi, arkeolojik çalışmalar, afet risk alanlarının korunması için dijital belgeleme, tıp, 3B dijital kopya vb. birçok alanda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yersel lazer tarama tekniğiyle oluşan 3B veriler nokta bulutu ve ağ modelleri şeklindedir. Nokta bulutları doğrudan veri kaynağı olması, verimli ve uygun maliyetli olması nedeniyle en çok kullanılan 3B veri biçimidir (Yılmaz vd., 2015; Ma & Liu 2018; Xu & Stilla, 2021). 3B veri elde edilmesinde kullanılan tarayıcılar 3B lazer tarayıcılarıdır. Bu tarayıcılar, inşa edilmiş ve hazırlanmış ortamlar için etkili ölçüm yöntemlerine olanak sağlamaktadır (Arayıcı, 2007; Yılmaz, 2009; Kanun vd., 2021; Yakar & Doğan, 2017; Yılmaz & Yakar, 2006a; Yılmaz & Uysal, 2017; Kabadayı vd., 2020; Erdoğan vd., 2022a).

3B modelleme de lazer tarayıcılar, tarama ortamına bağlı olarak üç kategoriye ayrılabilir. Bunlar havadan lazer tarama, mobil lazer tarama ve yersel lazer taramadır (Pärn & Edwards, 2017; Erdoğan vd., 2022b; Kabadayı, 2022). Havadan lazer tarama yöntemi uçaklar, dronlar ve helikopterlerden oluşur. Mobil lazer tarama yönteminde arabalar, tekneler, trenler ve el cihazları bulunur. Yersel lazer tarama yönteminde tarayıcı genellikle bir tripodun üzerinde bulunur (Kabadayı & Erdoğan, 2022a; Kabadayı & Erdoğan, 2022b; Keitaanniemi, 2023).

Kültürel mirasın içerisinde yer alan ve küçük boyuttaki eserlerin modellenmesinde son dönemde kullanılan yöntemlerden biri de mobil lazer taramanın içerisinde bulunan el tipi lazer tarama yöntemidir (Hamal vd., 2020; Kapica vd., 2019; Ulvi vd., 2019; Kaya vd., 2021; Uzun vd., 2022; Kabadayı & Erdoğan, 2023).

Literatürde el tipi lazer tarama ile ilgili son dönemde birçok çalışma yer almaktadır.

Allard vd. (2005) yapmış oldukları çalışmada müzede sergilenmek üzere Polhemus Fastscan marka el tipi lazer tarayıcılarla insan iskelet kalıntılarını

modellemişlerdir. Oluşan modelleri Z-Corp Z406 marka 3B yazıcı kullanarak kopyasını oluşturmuş ve başarılı bir şekilde müzede sergilemişlerdir (Şekil 1).

Kaneda vd. (2022) yaptıkları çalışmada tarihi bir çömlek eserini yersel fotogrametri tekniği ve el tipi lazer tarama tekniği ile modellemişlerdir. Yersel fotogrametri tekniğinde dönel platform kullanmışlardır. Yersel lazer tarama tekniğini Creaform HandySCAN BLACK marka el tipi lazer tarayıcı ile yapmışlardır. İki yöntemle elde edilen modellerden ölçüler alarak bu ölçüleri obje üzerinden çelik metreyle ölçü alarak doğruluklarını karşılaştırmışlardır. Yapılan karşılaştırma sonucunda oluşan modellerin tutarlı ve birbirine oldukça yakın olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Uzun vd. (2022) yaptıkları çalışmada FARO Freestyle 3B marka el tipi lazer tarama verilerini kullanarak insan yüzünün 3B modeli üretilerek güzellik ve bakım sektöründe kullanılabilirliğinin avantaj ve dezavantajları değerlendirmişlerdir. El tipi lazer tarayıcılar ile elde edilen veriler bu sektörde özgün olarak kullanılabilirdiği sonucuna varılmıştır.

Ghahremani vd. (2015) araştırmasında olduğu gibi kaynak bağlantılarında yüksek frekanslı mekanik etkinin doğruluğunu gerçekleştirmek için son derece ayrıntılı nesnelere belgeleyebilen bir araç kullanmak istemişlerdir. Araştırmalarında, nesnelere yakın mesafeden yüksek doğrulukla taramak için tasarlanmış bir el tipi lazer tarayıcı olan EXAscan™'i kullanmışlardır. Sonuç olarak elde edilen verilerden nesnelere küçük deformasyonları tespit etmek mümkün olmuştur.

Macphee & Jasra (2017) yapmış oldukları çalışmada FARO Freestyle marka el tipi lazer taramanın yeteneklerini ve sınırlamalarını test etmek istemişlerdir. Sahte bir suç mahalli tasarlanmış ve bu suç mahallinde bulunan deliller taranmıştır. Karanlık ortamlarda tarayıcının çalışıp çalışmadığının testi için karanlık ortamda tarama işlemi yapılmıştır. Tarayıcı renkli tarama yüzeylerini tarayamamış, fakat parmak izi ve etiket gibi detayları tarayabilmiştir. Tarayıcı koyu renkli yüzeylerde zorluk yaşamış fakat süre olarak fazla bir zamanda bu taramayı da gerçekleştirmiştir. Tarayıcının çok fazla zaman gerektirmeyen adli vaka çalışmalarında sağlıklı bir şekilde kullanılabilirdiği tespit edilmiştir.

Arico vd. (2023) yapmış oldukları çalışmada UNESCO kültür mirasında yer alan St. John of the Hermits kompleksini Stonex HX 120 marka el tipi lazer tarayıcı ile taramışlardır. Tüm alan hızlı ve sağlıklı bir sonuç vermiştir. Kompleksin yapısından dolayı modellemelerde nokta bulutu filtrelemede alternatiflerin değerlendirilmesine imkân sağlanmıştır.



Şekil 1. Modellenen insan iskeleti (Allard vd., 2005).

Büyük ölçekli yapıdaki ve yoğun bitki örtüsünün olduğu kompleksin sağlıklı şekilde modellenmesi gelecek çalışmalar açısından umut verici olmuştur.

Bu çalışmada el tipi lazer tarayıcıların küçük boyuttaki objelerde kullanılabilirliği ve bu yöntemle yapılmış bir çalışma değerlendirilmiştir. Bu kapsamda küçük boyuttaki iki obje FARO Freestyle marka el tipi lazer tarayıcı ile taranmıştır (Şekil 2). İki obje için nokta bulutu, Scene özel yazılımı yardımıyla oluşturulmuştur. Oluşan modeller üzerinden ölçüler alınmış ve objeler üzerinden aynı uzunluklar elektronik kumpas yardımı ile de ölçülmüştür. Elektronik kumpas ölçüsü referans ölçü kabul edilmiş ve el tipi lazer tarama verilerinin gerçeğe yakınlığı ve kullanılabilirliği araştırılmıştır.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan objeler.

2. Yöntem

Yersel Lazer Tarayıcılar, farklı uygulamalar için farklı özelliklere sahiptir. Bu tarayıcılar teknik özelliklerine göre farklı tarama ilkeleriyle tasarlanmıştır. Bu tarayıcılar üç farklı tarama ilkesine göre tasarlanmıştır; Uçuş zamanlı, Faz tabanlı ve Üçgenleme. El tipi lazer tarayıcılar üçgenleme prensibine göre çalışmaktadır.

2.1. El Tipi Lazer Tarayıcı

Çalışmada kullanılan Faro Freestyle 3B, bir tablet ve tarayıcıdan oluşmaktadır (Şekil 3). Tabletle tarayıcı bağlantı kablosuyla birbirine bağlıdır. Tarama işlemi eş zamanlı olarak tablet ekranından takip

edilmektedir ve eksik veri alanları tarama dışında bırakılabilir. İki kızılötesi kamera, bir renkli ışık kamerası ve bir lazer kaynağı entegre edilmiştir. Kızılötesi lazer kaynağı, iki kızılötesi kamera tarafından kaydedilir, ilişkilendirilen ve üçgenlenen bir modeli yansıtmak için kullanılır. Nokta bulutunu renklendirmek için renkli ışık kameraları kullanılır (Gerke vd., 2017).

Tarama verileri taranan yüzeylerden nokta bulutu oluşturularak bunları tablette bulunan hafıza kartına kaydeder. Verilerin işleme süreci FARO firmasına ait özel yazılım olan Scene yazılımı ile yapılmıştır. hafıza kartında bulunan verilerin Scene yazılımı ile 3B modeli oluşturulmuştur. Scene yazılımı nesnenin doğru bir şekilde yeniden oluşturulması ve nesne üzerinden doğru ölçüleri almak için çok sayıda taramanın bir arada değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Unver vd., 2016; Girardet vd., 2019).

Faro Freestyle 3B objeden elde edilen hassas ölçümlerinin ve doğru bir şekilde 3B modelinin oluşturmasını sağlayabilir. Renkli yüzeylerin taranmasında bazı eksiklikleri bulunmaktadır. Koyu yüzeylerin taranması uzun süre almaktadır. Tarayıcıda bulunan kızılötesi sayesinde süreç biraz kısaltılabilmektedir (Girardet vd., 2019; Pollard, 2018).



Şekil 3. FARO Freestyle 3B Tarayıcı.

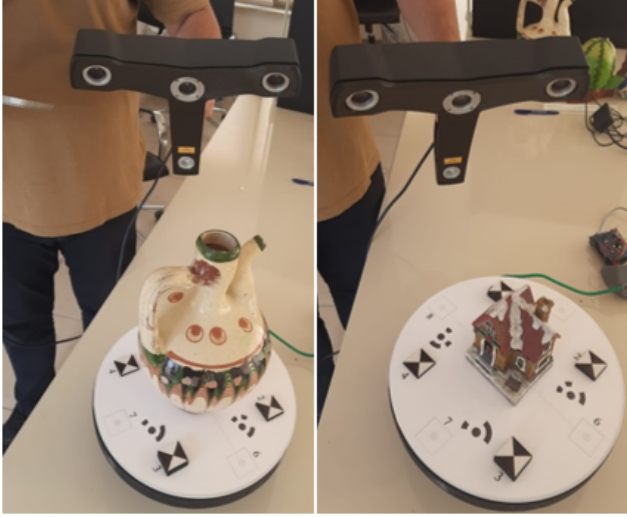
Tablo 1. FARO Freestyle 3B Tarayıcının özellikleri

| Teknik Özellikleri | Değer |
|-------------------------|--|
| Menzil | 0.5-3m |
| 3B nokta doğruluğu | <1.5mm |
| Tek görüntü nokta | 0,5m mesafede 45.000 nokta - 1m mesafede 10.500 nokta (m ² /ye) |
| Kaydedilmiş 3B noktalar | 88.000 nokta/saniyeye kadar |
| Tipik Gürültü | 0,5 m mesafede 0,7 mm |
| Göz güvenliği | 1.Sınıf lazer |
| Aydınlatma koşulları | 10000 lükse kadar |
| Işık kaynağı | Dâhili led flaş |
| Hacim verilerini tarama | 8.1 m3 |
| Boyutlar | 260 x 310 x 105 mm |
| Bağlantı | USB 3.0 |
| Ağırlık | 0,98Kg |
| IP | IP 5x |

3. Uygulama

Çalışma el tipi lazer tarayıcı ile ev biblosu ve vazo objesinin modellenmesinde FARO Freestyle 3B lazer tarayıcı kullanılmıştır.

Uygulama lazer tarama verilerinin elde edilmesiyle başlamıştır. Etrafında kolay bir şekilde dönülebilecek bir masanın ortasına objeler konulmuştur. Objelerle tarayıcı arasındaki mesafe yaklaşık 1 metre olacak şekilde ayarlanmış ve objenin etrafında 360° dönülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Çalışmadaki objelerin taraması.

Tarama işlemi bittikten sonra veriler tablettten alınarak Scene özel programına aktarılmış ve veri işleme kısmına geçilmiştir. Nokta bulutu oluşturulmuş ve gereksiz veriler temizlenmiştir. Sonrasında objelerin 3B modelleri oluşturulmuştur (Şekil 4-5).

Objelerin ölçülen uzunlukları kontrol edilmek üzere elektronik kumpasla da ölçülmüştür (Şekil 8-9). Elde edilen tüm ölçümler Tablo 2.'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Ev biblosunun 3B modeli.



Şekil 5. Vazo objesinin 3B modeli.

Objeler modellendikten sonra oluşan modeller üzerinden ölçüler alınmıştır. Alınan ölçüler nokta bulutu yoğunluğundan dolayı çok hassas olarak alınamamıştır (Şekil 6-7).



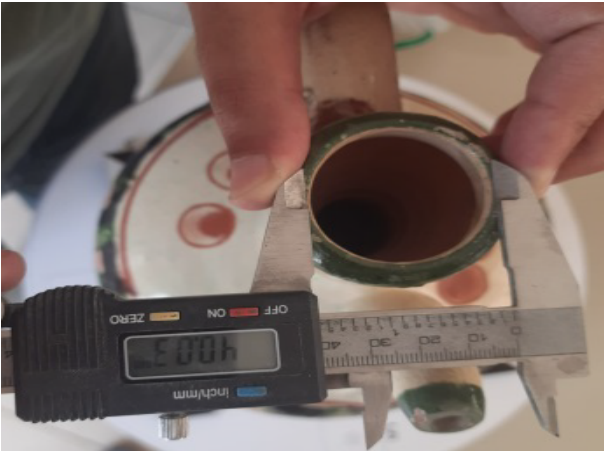
Şekil 6. Vazo objesinden el tipi lazer tarama yöntemiyle elde edilen uzunluk ölçüsü.



Şekil 7. Ev biblosu el tipi lazer tarama yöntemiyle elde edilen uzunluk ölçüsü.



Şekil 8. Ev biblosu elektronik kumpasla elde edilen uzunluk ölçüsü.



Şekil 9. Vazo objesi elektronik kumpasla elde edilen uzunluk ölçüsü.

Tablo 2. Uzunluk Ölçüleri

| | Elektronik Kumpas (m) | Scene (m) |
|-----------|-----------------------|-----------|
| Uzunluk 1 | 0,040 | 0,044 |
| Uzunluk 2 | 0,084 | 0,081 |

4. Sonuçlar

Bu çalışmada kültürel mirasın içerisinde yer alan küçük objelerin modellenmesinde kullanılan ölçüm tekniklerinden el tipi lazer tarama yöntemiyle modeller oluşturulmuş ve oluşan modeller değerlendirilmiştir. Operatör çalışmada uygun çevre koşullarında ve uygun mesafeden taramayı gerçekleştirmiştir. Tarama verileri Scene özel yazılımına aktarılmış ve nokta bulutu oluşturulmuştur. Gereksiz noktalar temizlenmiştir. Elde edilen modeller obje yüzeylerindeki renk yoğunlukları, operatörden kaynaklı hatalar ve tarayıcının kısıtlamalarında dolayı nokta bulutu yoğunluğu olarak yeteri yoğunlukta sonuç vermemiştir. Karmaşık ve ayrıntının çok olduğu alanlarda seçicilik net olmadığı için model üzerinden alınan ölçüler hata olarak değişken olmuştur. Ölçümler elektronik kumpasla ölçülmüş ve kontrol

edilmiştir. Üzerinden alınan ölçüler net olarak seçilemediği için ölçüm değerleri hassas çalışmalar için uygun görülmemektedir. Literatürde bu yöntemle yapılan çalışmalar daha çok mekan taramaları ve daha büyük objelerin taramaları şeklindedir. El tipi lazer tarayıcılarının kullanım kolaylığı ve yapılan ölçümlerin hızlı sonuçlar vermesi bu yöntemin küçük boyuttaki çalışmalarda kullanılması gerekmektedir. Tarayıcının kısıtlamaları nedeniyle geliştirilmesi gerekse de küçük boyuttaki objeler için çalışma gelecek çalışmalar açısından umut verici olmuş gelişen teknoloji ile beraber bu yöntemin geliştirilerek ileriki çalışmalarda da kullanılabilirliği öngörülmektedir.

Bilgilendirme/Teşekkür

Bu çalışma Zekeriya Kaçarlar'ın tezinin bir parçasını oluşturmakta olup Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından 2021-2-TP2-4528 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Yazarların Katkısı

Zekeriya Kaçarlar: Metodoloji, Saha Çalışması, Modelleme, Yazım;
Ali Ulvi: Kontrol, Analiz, Yazım.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Allard, T., Sitchon, M., Sawatzky, R., & Hoppa, R. (2005, November). Use of hand-held laser scanning and 3D printing for creation of a museum exhibit. In *6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage*.
- Arayıcı, Y. (2007). An Approach for Real World Data Modelling with the 3D Terrestrial Laser Scanner for Built Environment. *Automation in Construction*, 16(6), 816-829.
- Aricò, M., La Guardia, M., Lo Brutto, M., Rappa, E. M., & Vinci, C. (2023). Mobile Mapping for Cultural Heritage: The Survey of the Complex of ST. John of the Hermits in Palermo (Italy). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 48, 25-32.
- Erdoğan, A., Görken, M., & Kabadayı, A. (2022a). Study on the use of unmanned aerial vehicles in open mine sites: A case study of Ordu Province Mine Site. *Advanced UAV*, 2(2), 35-40.

- Erdoğan, A., Görken, M., Kabadayı, A., & Temizel, S. (2022b). Evaluation of green areas with remote sensing and GIS: A case study of Yozgat city center. *Advanced Remote Sensing*, 2(2), 58-65.
- Erdoğan, A., Kabadayı, A., & Akın, E. S. (2021). Kültürel mirasın fotogrametrik yöntemle 3B modellenmesi: Karabıyık Köprüsü Örneği. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 3(1), 23-27.
- Gerke, M., Rein, B., & Ghassoun, Y. Handgeführte 3D-Scansysteme zur Ver-voll Ständigung von Punktwolken aus Terrestrischen oder Mobilen Laserscannern 2017. *DVW-Schriftenreihe*, 88, ISBN:9783957861450, 50.
- Ghahremani, K., Safa, M., Yeung, J., Walbridge, S., Haas, C., & Dubois, S. (2015). Quality Assurance for High-Frequency Mechanical Impact (HFMI) Treatment of Welds Using Handheld 3D Laser Scanning Technology. *Welding in The World*, 59, 391-400s.
- Girardet, V., Grussenmeyer, P., Reis, O., Kieffer, J., Guillemin, S. & Moisan, E. (2019). 3D Indoor Documentation of the Winter Garden in the Earthenware Museum at Sarreguemines (France). *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 527-532s.
- 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), 55-60s.
- Kabadayı, A. (2022). Maden Sahasının İnsansız Hava Aracı Yardımıyla Fotogrametrik Yöntemle Haritalanması. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 4(1), 19-23.
- Kabadayı, A. (2023). Yersel Lazer Tarama Yöntemi ile Rölöve ve Restütasyon projelerinin hazırlanması; Akşehir Kale Kalıntısı Örneği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 5(1), 17-25.
- Kabadayı, A., & Erdoğan, A. (2022a). Application of terrestrial photogrammetry method in cultural heritage studies: A case study of Seyfeddin Karasungur. *Mersin Photogrammetry Journal*, 4(2), 62-67.
- Kabadayı, A., & Erdoğan, A. (2022b). İHA Fotogrametrisi Kullanarak Kadastroda Binaların Konum Doğruluğunun İncelenmesi. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 4(2), 66-72.
- Kabadayı, A., & Erdoğan, A. (2023). İHA Fotogrametrisi Kullanarak Yozgat Çilekçi Türbesi'nin 3 Boyutlu Nokta Bulutu ve Modelinin Üretilmesi. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5(1), 29-35.
- Kabadayı, A., Yunus, K., & Yiğit, A. Y. (2020). Comparison of documentation cultural artifacts using the 3D model in different software. *Mersin Photogrammetry Journal*, 2(2), 51-58.
- Kaneda, A., Nakagawa, T., Tamura, K., Noshita, K., & Nakao, H. (2022). A Proposal of A New Automated Method for Sfm/MVS 3D Reconstruction Through Comparisons of 3D Data by Sfm/MVS and Handheld Laser Scanners. *Plos One*, 17(7), e0270660.
- 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.
- Kapica, R., Vrublová, D. & Mučková, J. (2019). 3D Documentation and Visualization of the Listed Objects in Areas Affected by Mining Activities. In *19th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, SGEM 2019*, 3-10.
- Kaya, Y., Şenol, H. İ. & Polat, N. (2021). Three-Dimensional Modeling and Drawings of Stone Column Motifs in Harran Ruins. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3(2), 48-52.
- Keitaanniemi, A. (2023). Improving The Measurement Strategies and Post-Processing of Simultaneous Localization and Mapping Based Handheld Laser Scanning. *Doctoral Theses, Aalto University, Department of Built Environment, Espoo*, 1-2.
- Liu, L., Soibelman, L., & Trupp, T. (2004). Novel Technologies for Construction Field Data Collection. *International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, ICCCBE, Weimar, German*.
- Ma, Z., & Liu, S. (2018). A Review of 3D Reconstruction Techniques in Civil Engineering and Their Applications. *Advanced Engineering Informatics*, 37, 163-174.
- Macphee, M., & Jasra, P. (2017). Evaluation of the Capabilities and Limitations of the FARO Freestyle 3D Handheld Scanner. *Journal of Emerging Forensic Sciences Research*, 2(1), 75-80.
- Pärn, E. A., & Edwards, D. (2017). Vision and Advocacy of Optoelectronic Technology Developments in the AECO Sector. *Built Environment Project and Asset Management*, 7(3), 330-348.
- Pejić, M., Ogrizović, V., Božić, B., Milovanović, B., & Marošić, S. (2014). A Simplified Procedure of Metrological Testing of the Terrestrial Laser Scanners. *Measurement*, 53, 260-269.
- Pollard, A. (2018). A Multispectral Imaging and 3D Modelling Project on the Arundel Marbles. *Digital Imaging of Artefacts: Developments in Methods and Aims*, 14-163.
- Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. & Kaya, Y. (2019). The use of Photogrammetric Techniques in Documenting Cultural Heritage: *The Example of Aksaray Selime Sultan Tomb*. *Universal Journal of Engineering Science*, 7(3), 64-73.
- Unver, E., Taylor, A., & Ball, A. (2016). Comparative Analysis of Mobile 3D Scanning Technologies for Design, Manufacture of Interior and Exterior Tensile Material Structures and Canvasman Ltd. Case Study.
- Uzun, S. D., Hamal, S. N. G., & Fidan, Ş. (2022). Elde Taşınabilir Lazer Tarayıcılar ile İnsan Yüzünün Modellenerek Güzellik ve Bakım Sektöründe

- Kullanımının Değerlendirilmesi. *Türkiye Lidar Dergisi*, 4(1), 17-20s.
- Xu, Y., & Stilla, U. (2021). Toward Building and Civil Infrastructure Reconstruction from Point Clouds: A Review on Data and Key Techniques. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 14, 2857-2885s.
- Yakar, M., & Doğan, Y. (2017). Uzuncaburç Antik Kentinin İHA Kullanılarak Eğik Fotogrametri Yöntemiyle Üç Boyutlu Modellenmesi. 16. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara.*
- Yılmaz, H. M., & Yakar, M. (2006a). Lidar (Light Detection And Ranging) Tarama Sistemi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(2), 23-33.
- Yılmaz, H. M., & Yakar, M. (2006b). Yersel lazer tarama Teknolojisi. *Yapı teknolojileri Elektronik dergisi*, 2(2), 43-48.
- Yılmaz, H. M., & Yakar, M. (2008). Computing of volume of excavation areas by digital close range photogrammetry. *Arabian J. Sci. Eng.* 33(1A), 63-78.
- Yılmaz, I. (2009). A research on the accuracy of landform volumes determined using different interpolation methods. *Scientific Research and Essay*, 4(11), 1248-1259.
- Yılmaz, M., & Uysal, M. (2016). Comparison of data reduction algorithms for Li DAR-derived digital terrain model generalisation. *Area*, 48(4), 521-532.
- Yılmaz, M., & Uysal, M. (2017). Comparing uniform and random data reduction methods for DTM accuracy. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 2(1), 9-16.
- Yılmaz, M., Uysal, M., & Yılmaz, İ. (2015). Hava LiDAR Nokta Bulutundan Sayısal Yükseklik Modeli Üretiminde Veri Seyrekleştirme Algoritmalarının Karşılaştırılması. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 15.



© Author(s) 2023.

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